

**PEMETAAN TINGKAT RESIKO KERUSAKAN AKIBAT GEMPA BUMI
PADA SEKOLAH DASAR DAN MADRASAH IBTIDAIYAH SE-MALANG RAYA
MENGUNAKAN APLIKASI SISTEM INFORMASI GEOGRAFIS**

Rusli

rusliuinmalang@gmail.com

Jurusan Pendidikan IPS FITK UIN Maulana Malik Ibrahim Malang
Malang, Jawa Timur, Indonesia

Abstract

The purpose of this study was to map the risk of earthquake damage at all Elementary Schools and Islamic Elementary Schools in Malang. mapping process using Geographic Information System (GIS). Software used for mapping is ArcView GIS 3.3. Stages in mapping the level of risk the damage caused by the earthquake is to collect data and coordinate address Elementary Schools and Islamic Elementary Schools, the data of the earthquake, the maximum ground acceleration calculation, classification and interpretation. From the calculation results showed that the Elementary Schools and Islamic Elementary Schools is located in the southern Malang has a degree of severe damage to the value of PGA 228878-234987 gal. While elementary school is located in the north of Malang has a high risk of earthquake is very secure with PGA value 180 009 -186 117 gal.

Keywords: earathquake, Malang, Elementary School.

Pendahuluan

Bencana alam merupakan salah satu fenomena alam yang dapat terjadi sewaktu-waktu. Adakalanya bencana yang terjadi sesuai dengan prediksi manusia dan kebanyakan jauh dari prediksi manusia sebelumnya. Gempabumi merupakan salah satu jenis bencana alam yang selama ini kejadiannya sulit untuk diprediksi jauh-jauh hari.

Gempabumi yang sering terjadi di wilayah Indonesia yaitu gempa tektonik (akibat getaran lempeng bumi). Hal ini disebabkan Indonesia dilalui oleh jalur pertemuan tiga lempeng tektonik, yaitu: Lempeng Indo-Australia, lempeng Eurasia, dan lempeng Pasifik. Dari beberapa wilayah di Indonesia, Kota/Kabupaten Malang Jawa Timur termasuk wilayah yang tercatat berpotensi terjadinya gempabumi. Hal tersebut karena wilayah Malang bagian selatan berbatasan dengan Samudra Hindia yang mana terdapat zona penunjaman anantara lempeng Indo-Australia dengan lempeng Eurasia. Pada zona penunjaman ini biasanya gempabumi banyak terjadi.

Wilayah yang berpotensi terjadinya bencana gempabumi tentu membutuhkan perlakuan atau pengawasan yang lebih intensif terkait kewaspadaan akan terjadinya gempabumi. Sudah tercatat beberapa kali wilayah Malang Raya mengalami gempabumi, akibatnyapun mulai dari skala kecil sampai besar pernah dirasakan. Tidak menutup kemungkinan, dampak negatif dari adanya gempabumi di wilayah Malang Raya akan dirasakan pula oleh para civitas akademis. Termasuk dampak kerusakan bangunan atau fasilitas pendidikan yaitu sekolah mulai dari SD sampai Perguruan Tinggi dan fasilitas pendidikan lainnya.

Oleh karena itu, gedung-gedung sekolah dan terutama gedung Sekolah Dasar (SD) dan Madrasah Ibtidaiyah (MI) hendaklah didirikan di daerah atau wilayah yang memiliki potensi kerusakan yang minimum akibat gempa bumi, sehingga potensi terjadinya gempa bumi tidak memberikan dampak yang parah. Kenapa SD dan MI? Hal ini disebabkan siswa di tingkat SD dan MI yang notabenehnya masih anak-anak yang dalam mempertahankan diri baik fisik maupun kecerdasan dan mental terhadap bencana gempa bumi masih relatif rendah. Oleh sebab itu pencegahan terjadinya dampak negatif yang disebabkan oleh gempa bumi hendaknya harus dilakukan sedini mungkin.

Banyak hal yang dapat dilakukan terutama oleh pemerintah Malang Raya untuk melakukan pencegahan tersebut. Selain bekerjasama dengan badan geologi dan badan atau instansi lainnya sebagai pemantau akan terjadinya bencana alam, pemerintah dan instansi yang terkait dapat melakukan kerjasama dengan beberapa Perguruan Tinggi yang mampu berkontribusi menciptakan atau menerapkan cara-cara dalam melakukan penanggulangan dampak negatif bencana terutama bencana gempa bumi.

Salah satu yang dapat dilakukan dalam mencegah terjadinya dampak negatif bencana alam khususnya bencana gempa bumi adalah dengan melakukan pemetaan pada daerah rawan gempa bumi dengan menggunakan aplikasi Sistem Informasi Geografis. Pemetaan daerah atau wilayah rawan gempa bumi ini dapat dilakukan dengan mengidentifikasi percepatan getaran tanah wilayah Malang Raya.

Pemetaan daerah rawan gempa bumi tersebut dapat dilakukan pada objek gedung-gedung sekolah dasar ataupun fasilitas pendidikan yang sudah berdiri atau perencanaan dalam pembangunan gedung pendidikan kedepannya. Melihat pentingnya pendidikan bagi masyarakat di daerah Malang khususnya dan Indonesia pada umumnya, maka pelaksanaan pemetaan terutama sekolah dasar ataupun fasilitas pendidikan lainnya di Malang Raya ini sangat perlu dilakukan.

Sistem Informasi Geografi (SIG)

Sistem Informasi Geografi (SIG) dapat diartikan sebagai suatu komponen yang terdiri dari perangkat keras, perangkat lunak, data geografis dan sumber daya manusia yang bekerja bersama secara efektif untuk memasukan, menyimpan, mengelola memperbaiki, memperbaharui, memanipulasi, mengintegrasikan, menganalisa dan menampilkan data dalam suatu informasi berbasis geografis. (Prahasta 2009: 117).

SIG dapat merepresentasikan suatu model dunia nyata di atas layar monitor komputer sebagaimana lembaran-lembaran peta yang dapat merepresentasikan dunia nyata di atas kertas. Tapi SIG memiliki kelebihan pada daya fleksibilitas dibandingkan lembaran-lembaran peta kertas. Sistem perangkat SIG menyimpan semua informasi deskriptif unsur-unsur spasial dan atribut-atributnya. Kemudian atribut-atribut ini disimpan dan dibentuk di dalam tabel-tabel sistem basis data relational terkait. Kemudian unsur-unsir spasialnya akan dihubungkan dengan tabel-tabel basis data yang bersangkutan. Sehingga atribut-atribut spasialnya dapat diakses dari lokasi objek atau unsur petanya. Sebaliknya, *objek spasial* atau unsur-unsur peta

tersebut juga dapat diakses melalui atribut-atributnya. Dengan demikian *objek-objek spasial* dapat dicari, dipanggil dan ditemukan berdasarkan atribut-atributnya (Agus, 2013: 104).

Data yang diolah dalam SIG pada dasarnya terdiri dari data spasial dan data atribut dalam bentuk digital, dengan demikian analisis yang dapat digunakan adalah analisis spasial dan analisis atribut. Data spasial merupakan data yang berkaitan dengan lokasi keruangan yang umumnya berbentuk peta. Sedangkan data atribut merupakan data tabel yang berfungsi menjelaskan keberadaan berbagai objek sebagai data spasial.

Gempabumi

Gempa bumi adalah suatu peristiwa alam dimana terjadi getaran pada permukaan bumi akibat adanya pelepasan energi secara tiba-tiba dari pusat gempa. Energi yang dilepaskan tersebut merambat melalui tanah dalam bentuk gelombang getaran. Gelombang getaran yang sampai ke permukaan bumi disebut gempa bumi.

Skala intensitas dibuat berdasarkan pengamatan manusia terhadap derajat kerusakan yang diakibatkan oleh gempa bumi terhadap bangunan. Para ahli *sismologi* mengukur tingkat besaran gempa berdasarkan skala Richter (lengkapnya Charles F. Richter). Satuan inilah yang menjadi pedoman masyarakat umum mengenal besar kecilnya getaran gempa bumi. Richter telah membuat sebuah sistem pengukuran kekuatan gempa dan tingkat kerusakannya seperti yang terlihat pada tabel berikut (Widodo, 2011: 211):

No	Kekuatan	Keterangan	Jumlah Rata-rata/tahun	Intensitas Dekat Episentrum
1	0 – 1,9	-	700.000	Tercatat, tapi tidak terasa
2	2 – 2,9	-	300.000	Tercatat, tapi tidak terasa
3	3 – 3,9	Kecil	40.000	Dirasakan oleh sedikit orang
4	4 – 4,9	Ringan	6.200	Dirasakan oleh banyak orang
5	5 – 5,9	Sedang	800	Agak merusak
6	6 – 6,9	Kuat	120	Merusak
7	7 – 7,9	Besar	18	Sangat Merusak
8	8 – 8,9	Dahsyat	1 dalam 10 –20 tahun	Menghancurkan

Tabel 1. Sistem Pengukuran Kekuatan Gempa dan Tingkat Kerusakannya

Percepatan Gerakan Tanah Maksimum

Percepatan gerakan tanah maksimum di suatu tempat yang disebabkan oleh getaran seismik bergantung pada perambatan gelombang seismik dan karakteristik lapisan tanah (*alluvial deposit*) di tempat tersebut. Sifat-sifat lapisan tanah ditentukan oleh periode dominan tanah (*predominant period*) dari lapisan tanah tersebut bila ada getaran seismik. Periode

getaran seismik dan periode dominan tanah akan mempengaruhi besarnya percepatan pergerakan batuan pada lapisan batuan dasar dan permukaan. Sedangkan perbedaan respon seismik pada *ground surface* akan menentukan faktor perbesaran gerakan tanah maksimum.

Percepatan tanah adalah percepatan gelombang dari sumber gempa (hiposenter) yang sampai ke permukaan bumi dengan satuan cm/detik^2 (gal) dan diukur dengan alat yang disebut *accelerograph*. Namun alat ini belum tersedia di semua Stasiun BMKG Indonesia. Oleh sebab itu percepatan tanah maksimum dihitung menggunakan cara empiris. Salah satu model empiris percepatan tanah maksimum dirumuskan oleh Esteva (Rusli, 2012: 328):

$$a = \frac{5600 \exp(0,5M)}{(R + 40)^2} \quad (1)$$

Dimana:

a = Percepatan tanah maksimum (gal)

M = Magnitudo Gempabumi

R = Jarak ke hiposenter (km)

Menurut Edwiza (2008: 76) Percepatan tanah efektif yang bekerja pada massa bangunan bergantung kepada berbagai faktor antara lain kekuatan gempa bumi (magnitudo), kedalaman sumber gempa bumi, jarak sumber gempa ke lokasi, kualitas bangunan dan sebagainya. Makin besar magnitudo makin besar energi yang dikeluarkan sumber gempa. Hal ini akan mengakibatkan semakin besar pula bencana yang ditimbulkannya. Kondisi geologi dan morfologi setempat juga berpengaruh pada tingkat kerusakan bangunan. Sehingga data percepatan tanah maksimum akibat getaran gempabumi pada suatu lokasi menjadi penting untuk menggambarkan tingkat resiko gempa bumi pada suatu lokasi tertentu. Semakin besar percepatan tanah maksimum disuatu tempat, semakin besar resiko gempa bumi yang terjadi.

METODE PENELITIAN

1. Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian ini adalah semua sekolah tingkat SD dan MI se Malang Raya. Untuk pengolahan data pemetaan dilakukan di laboratorium komputer Fakultas Ilmu Tarbiyah dan Keguruan.

2. Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian yaitu GPS, seperangkat komputer yang cukup untuk menjalankan software *Arc-View GIS 3.3*, beserta *Microsoft Office 2010*.

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah data seismisitas sekunder periode tahun 1960-2007 yang diperoleh dari badan internasional *USGS* dan *Win ITDB*. Bahan tersebut terdiri dari beberapa data, yaitu: Letak Episenter (longitude atau bujur dan latitude atau lintang), magnitudo body (kekuatan gempa M_b) dalam Skala Richter (SR), dan kedalaman gempabumi dalam kilometer (km). Selain itu juga dibutuhkan bahan seperti peta administrasi Malang Raya, peta geologi Malang Raya, dan data sekolah SD dan MI se Malang Raya.

3. Cara Kerja Penelitian

Penelitian dilakukan dengan tahap-tahap berikut. Tahap pertama yang dilakukan adalah memilih data gempa yang terjadi disekitar daerah penelitian yaitu 111° BT – 115° BT dan $8,5^{\circ}$ LS – $10,5^{\circ}$ LS dengan ketentuan magnitudo harus lebih besar atau sama dengan ≥ 5 SR. Dari data yang telah diperoleh kemudian dihitung harga percepatan tanah maksimum. Data harga kecepatan tanah maksimu yang telah dihitung, dimasukkan ke dalam program SIG (Sistem Informasi Geografis) untuk selanjutnya dapat dibuat peta yang menunjukkan pola percepatan tanah maksimum serta mengklasifikasikannya di setiap SD dan MI pada tiap kecamatan se Malang Raya.

PEMBAHASAN

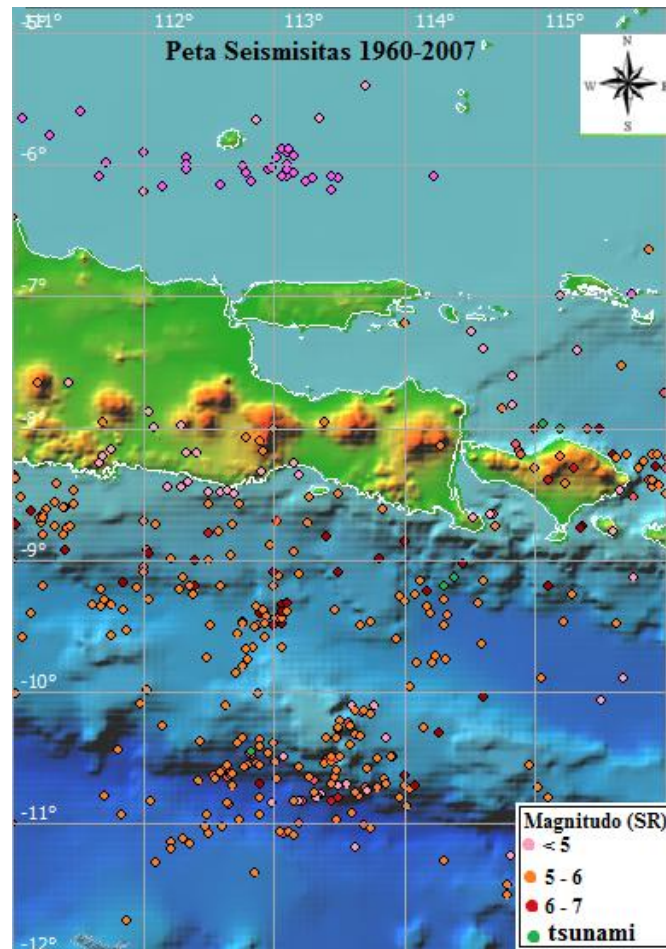
Distribusi data gempabumi yang diambil dari USGS dan ITDB selama periode tahun 1900 sampai tahun 2007 tercatat sebanyak 427 kejadian gempa di wilayah Jawa Timur dan sekitarnya yang bisa dilihat pada gambar 1. Adapun gempabumi yang terjadi di wilayah Jawa Timur dan sekitarnya terdiri dari gempa kekuatan kecil (< 5 SR) sampai dengan kekuatan besar (> 7 SR).

Berdasarkan Gambar 1. terlihat wilayah Jawa Timur termasuk wilayah yang seismisitasnya tinggi dan aktif baik yang berada di laut maupun di darat. Gempabumi yang terjadi di laut disebabkan oleh pertemuan lempeng tektonik Eurasia dan lempeng tektonik Hindia-Australia. Sedangkan gempabumi yang terjadi di darat diakibatkan oleh gempa vulkanik gunung berapi dan sesar darat yang aktif yang ada di Jawa Timur.

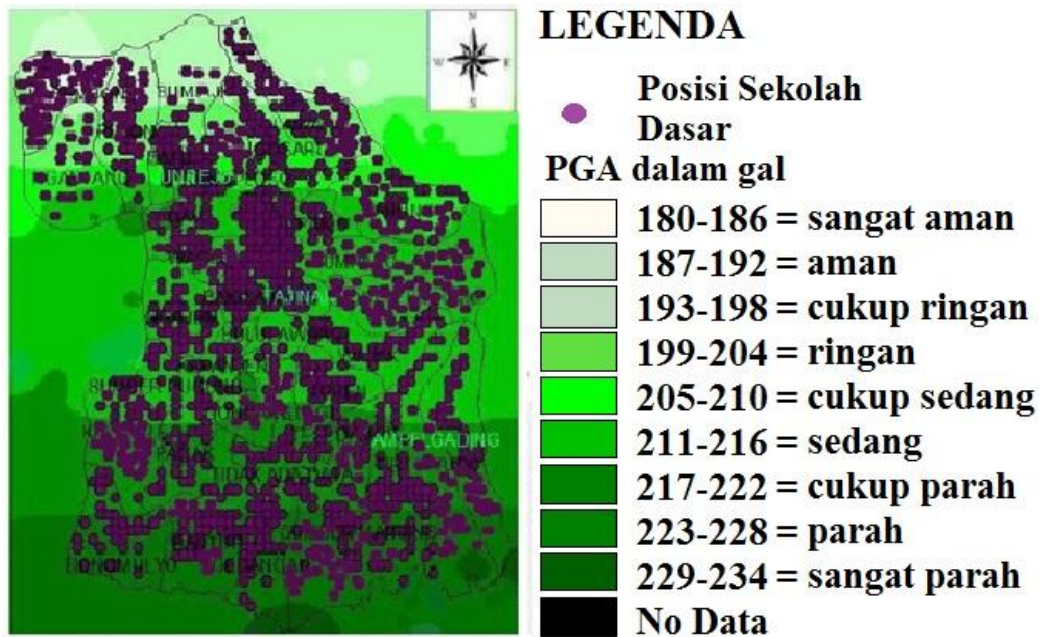
Gempa yang terjadi Jawa Timur yang episenternya di laut akibat pertemuan lempeng Eurasia dan Hindia-Australia mendominasi dengan magnitudo 5 gempabumi dangkal (kurang dari 60 km). Selain itu di Jawa Timur pernah pada tahun 1930 dengan magnitudo 6,5 SR, 1985 dengan magnitudo 5,2 SR dan tahun 1994 dengan magnitudo 7,2 SR.

Malang merupakan salah satu wilayah lebih sering dilanda peristiwa gempabumi bersama Banyuwangi, Jember, Lumajang, Blitar, Tulungagung, Trenggalek dan Pacitan. Hal ini disebabkan posisi wilayah-wilayah tersebut berada di pesisir selatan yang berdekatan dengan zona *subduksi* dan bila dilihat dari distribusi gempabuminya juga yang berdekatan dengan wilayah-wilayah tersebut.

Dari distribusi gempabumi di Jawa Timur bisa didapatkan percepatan gerakan tanah maksimum di setiap SD dan MI di setiap Kecamatan se-Malang Raya. Seperti yang terlihat pada gambar 2. di bawah.



Gambar 1. Peta Seismisitas 1960 – 2007 di Jawa Timur



Gambar 2. Peta Tingkat Resiko Kerusakan Bangunan Sekolah Dasar dan Sederajat Se-Malang Raya Akibat Gempa Bumi

Berdasarkan gambar peta di atas diketahui bahwa jumlah SD dan MI se-Malang raya terdiri dari kurang lebih 1800 sekolah. Kawasan Malang raya yang memiliki tingkat kerawanan akan kerusakan bangunan akibat gempa bumi dengan tingkatan-tingkatan yang berbeda-beda.

Kawasan kecamatan Gedangan selatan, Sumber Manjing Selatan, dan Ampel Gading selatan dengan tingkat PGA 229 – 234 gal yang dinilai sangat parah apabila bangunan sekolah dibangun di kawasan tersebut. Akan tetapi pada titik tersebut tidak ditemukan adanya bangunan sekolah dasar sederajat yang dibangun. Kawasan kecamatan Donomulyo yang terdiri dari 48 sekolah SD dan MI memiliki dua tingkat rawan kerusakan bangunan sekolah akibat gempa bumi yaitu level parah dengan PGA 223 – 228 gal dan cukup parah dengan PGA 217 – 222 gal. Kecamatan Bantur terdapat 53 bangunan SD dan MI memiliki dua tingkat rawan kerusakan bangunan sekolah akibat gempa bumi yaitu level parah dengan PGA 223–228 gal dan cukup parah dengan PGA 217 – 222 gal.

Kawasan kecamatan Gedangan terdiri dari 70 bangunan sekolah SD dan MI memiliki dua tingkat rawan kerusakan bangunan sekolah akibat gempa bumi yaitu level parah dengan PGA 223 – 228 gal dan cukup parah dengan PGA 217 – 222 gal. Kecamatan Sumbermanjing yang terdiri dari 67 bangunan SD dan MI juga memiliki tingkat rawan kerusakan bangunan yang sama dengan kecamatan Gedangan. Kecamatan Tirtoyudo terdiri dari 40 sekolah SD dan MI, Kecamatan Kalipare terdiri dari 45 sekolah SD dan MI, kecamatan Pagak terdiri dari 36 sekolah SD dan MI, kecamatan Gondanglegi terdiri dari 34 bangunan sekolah SD dan MI, Kecamatan Turen terdiri dari 71 bangunan sekolah SD dan MI, Kecamatan Dampit terdiri dari 60 bangunan sekolah SD dan MI, keenam kecamatan tersebut memiliki dua tingkat rawan kerusakan bangunan sekolah akibat gempa, yaitu pada level cukup parah dengan PGA 217 – 222 gal dan pada level kerusakan sedang dengan PGA 211 – 216 gal.

Kecamatan Tirtoyudo terdiri dari 40 sekolah SD dan MI, Kecamatan Ampelgading terdiri dari 38 bangunan sekolah SD dan MI. Kedua kecamatan tersebut memiliki level kerusakan parah dengan PGA 223 – 228 gal, level kerusakan sedang dengan PGA 211 – 216 gal, dan level kerusakan cukup sedang dengan PGA 205 – 210 gal. Kecamatan Sumberpucung terdiri dari 35 bangunan sekolah SD dan MI, Kecamatan Kepanjen memiliki 49 bangunan SD dan MI, Kecamatan Bululawang memiliki 42 bangunan SD dan MI, kecamatan Ngajum memiliki 37 bangunan sekolah SD dan MI, Kecamatan Pakisaji memiliki 35 sekolah SD dan MI, Kecamatan Wagir memiliki 39 sekolah SD dan MI, Kecamatan Pakis memiliki 57 sekolah SD dan MI, Kecamatan Tumpang memiliki 14 bangunan MI, Kecamatan Ponco Kusumo memiliki 64 sekolah SD dan MI, kecamatan Tajinan memiliki 36 sekolah SD dan MI, kecamatan Wajak memiliki 55 sekolah SD dan MI. Kesebelas kecamatan tersebut memiliki tingkat rawan kerusakan bangunan sekolah pada level sedang dengan PGA 211 – 216 gal.

Kecamatan Dau memiliki 30 sekolah SD dan MI yang bertempat di daerah dengan tingkat rawan kerusakan bangunan akibat gempa tiga level, yaitu level pertama cukup parah dengan PGA 217 – 222 gal. Hal ini lebih disebabkan oleh unsur-unsur geologi selain juga tabrakan lempeng di pusat gempa. Level kedua sedang dengan PGA 211 – 216 gal. Level ketiga cukup sedang dengan PGA 205 – 210 gal.

Kecamatan Jabung memiliki 43 bangunan sekolah SD dan MI, kecamatan Karangploso terdeteksi memiliki 25 bangunan sekolah SD, kedua Kecamatan tersebut memiliki tingkat rawan kerusakan bangunan akibat gempa bumi pada tiga level, yaitu pertama level sedang dengan PGA 211 – 216 gal. Kedua level cukup sedang dengan PGA 205 – 210 gal. Ketiga level ringan dengan PGA 199 – 204 gal. Kecamatan Singosari memiliki bangunan sekolah sebanyak 67 sekolah SD dan MI, pada kecamatan tersebut memiliki tingkat kerawanan rusaknya bangunan akibat gempa bumi empat level. Pada level pertama kerusakan sedang dengan PGA 211 – 216 gal. Kedua level cukup sedang dengan PGA 204 – 210 gal. Ketiga level ringan dengan PGA 198 – 204 gal. Keempat level cukup ringan dengan PGA 193 – 198 gal. Kecamatan Lawang memiliki bangunan sekolah sebanyak 57 SD dan MI. Pada kecamatan tersebut memiliki tiga level kerawanan rusaknya bangunan akibat gempa bumi. Pada level pertama yaitu cukup sedang dengan PGA 205 – 210 gal. Level kedua yaitu level ringan dengan PGA 199 – 204 gal. Dan level ketiga yaitu cukup ringan dengan PGA 192 – 198 gal.

Kota Batu memiliki bangunan sekolah SD dan MI sebanyak 103 sekolah. Sedangkan kota Batu sendiri memiliki tingkat kerawanan rusaknya bangunan akibat gempa bumi level cukup sedang dengan PGA 205 – 210 gal. Level kedua yaitu level ringan dengan PGA 199 – 204 gal. Kecamatan Ngantang memiliki bangunan sekolah SD dan MI sebanyak 11 sekolah. Kecamatan Ngantang memiliki empat level kerawanan rusaknya bangunan akibat gempa bumi. Pada level pertama yaitu cukup parah dengan PGA 217 – 222 gal. Kedua yaitu level sedang dengan PGA 211 – 216 gal. Ketiga level cukup sedang dengan PGA 205 – 210 gal. Keempat level ringan dengan PGA 199 – 204 gal. Kelima level cukup ringan dengan PGA 193 – 198 gal.

Kecamatan Pujon memiliki bangunan sekolah SD dan MI sebanyak 43 sekolah. Pada Kecamatan Pujon memiliki enam level kerawanan rusaknya bangunan akibat gempa bumi. Pada level pertama yaitu cukup parah dengan PGA 217 – 222 gal. Kedua yaitu level sedang dengan PGA 211 – 216 gal. Ketiga level cukup sedang dengan PGA 204 – 210 gal. Keempat level ringan dengan PGA 199 – 204 gal. Kelima level cukup ringan dengan PGA 193 – 198 gal. Keenam level aman dengan PGA 187 – 192 gal. Kecamatan Bumiaji terdeteksi sebanyak 5 bangunan sekolah SD dan MI. Pada kecamatan ini memiliki dua level kerawanan rusaknya bangunan akibat gempa bumi. Pada level pertama yaitu ringan dengan PGA 199 – 204 gal. Level kedua cukup ringan dengan PGA 193 – 198 gal.

Kecamatan Kasembon terdapat 19 SD dan MI yang terdeteksi, pada kecamatan Kasembon ini memiliki empat level kerawanan rusaknya bangunan akibat gempa bumi. Pada level pertama yaitu level ringan dengan PGA 199 – 204 gal. Kedua level cukup ringan dengan PGA 193 – 198 gal. ketiga level aman dengan PGA 187 – 192 gal. Keempat level sangat aman dengan PGA 181 – 186 gal.

KESIMPULAN

Dari data seismisitas Jawa Timur diketahui Malang merupakan salah satu wilayah lebih sering dilanda peristiwa gempa bumi. Gempa bumi sering terjadi di pantai selatan Malang karena disana terdapat zona penunjaman lempeng Indo-Australia dan lempeng Eurasia. Sehingga wilayah bagian selatan Malang sering dilanda gempa bumi.

Dari nilai pergerakan tanah di wilayah Malang maka Sekolah Dasar dan Madrasah Ibtidaiyah yang berada di wilayah Malang Selatan berpotensi kerusakan sangat besar terutama di kecamatan Sumber Manjing, Gedangan, Donomulyo dan Banntur. Semakin ke utara wilayah-wilayah potensinya semakin kecil seperti Kecamatan Kasembon dan Lawang .

DAFTAR PUSTAKA

- Edwiza, Daz dan Novita, Sri 2008. *Pemetaan percepatan tanah Maksimum dan Intensitas Seismik Kota Padang Panjang Menggunakan Metode Kanai*. Jurnal Teknik A, No.29 Vol.2 Unand.
- Pawirodikromo, Widodo. 2012. *Seismologi Teknik dan Rekayasa Kegempaan*. Yogyakarta: Pustaka Pelajar
- Prahasta, Eddy. 2009. *Sistem Informasi Geografis Konsep-Konsep Dasar (Perspektif Geodesi dan Geomatika)*. Bandung: Informatika.
- Rusli dan Abudul Basid, 2012. *Pemetaan Tingkat Resiko Kerusakan Akibat Gempabumi Di Jawa Timur Berdasarkan Pola Percepatan Tanah Maksimum*. Palangkaraya: Prosiding Simposium Fisika Nasional XXV.
- Suryantoro, Agus. 2013. *Integrasi Aplikasi Sistem Informasi Geografis (Dukungan Bahasa Pemrograman dan Basisdata Relational dalam Penyusunan Program Aplikasi Berbasis SIG)*. Yogyakarta: Ombak.