

# Penentuan Zona Kerentanan Bencana Gempa Bumi Tektonik di Kabupaten Malang Wilayah Selatan

Niko Irjaya Desmonda dan Adjie Pamungkas

Jurusan Perencanaan Wilayah dan Kota, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan,

Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)

Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111 Indonesia

*e-mail* : adjie.difi@gmail.com

**Abstrak**—Kabupaten Malang, khususnya Kecamatan Gedangan, Sumbermanjing Wetan, Dampit, Tirtoyudo, dan Ampelgading ditetapkan sebagai wilayah rawan terhadap bencana gempa bumi tektonik. Kejadian gempa bumi tektonik yang pernah terjadi di wilayah penelitian banyak menimbulkan kerusakan fisik dan timbulnya korban jiwa. Oleh karenanya, penentuan zona kerentanan bencana gempa bumi tektonik di wilayah penelitian perlu dilakukan sebagai salah satu upaya untuk mengurangi dampak bencana tersebut. Dalam menentukan zona risiko bencana tersebut di wilayah penelitian, dilakukan dua tahapan, yaitu menentukan bobot prioritas variabel-variabel yang berpengaruh terhadap kerentanannya menggunakan alat analisa deskriptif dan analisa AHP. Selanjutnya, menentukan zona kerentanannya menggunakan analisa overlay, menggunakan metode *Overlay Weighted Sum* pada aplikasi GIS. Hasil penelitian menunjukkan, bahwa wilayah seluas 1236.8 Ha (1.3%) diklasifikasikan sebagai zona Sangat Berisiko, meliputi Desa/Kelurahan Argotirto, Druju, Kedungbanteng, Klepu, Ringinkembar, Ringisari, Sekarbanyu, Sukodono, Sumberagung, Sumbermanjing, Tambaksari, Sumpersuko, dan Srimulyo. Adapun variabel-variabel yang sangat berpengaruh terhadap penentuan zona kerentanan bencana gempa bumi tektonik di wilayah penelitian, yaitu variabel jenis konstruksi bangunan permanen, jumlah penduduk cacat, jumlah penduduk tua, jumlah penduduk balita, dan panjang jaringan jalan.

**Kata Kunci**—Bencana Gempa Bumi Tektonik, Kerentanan, Pemetaan Risiko

## I. PENDAHULUAN

**B**ENCANA merupakan suatu peristiwa atau serangkaian peristiwa yang mengancam dan mengganggu kehidupan masyarakat yang disebabkan oleh faktor alam dan non-alam. Akibat dari bencana dapat mengakibatkan timbulnya korban jiwa manusia, kerusakan lingkungan, kerugian harta benda, dan dampak psikologis [1]. Bencana merupakan suatu kejadian alam yang tidak dapat diprediksi waktu terjadinya. Begitu pula dengan bencana gempa bumi tidak dapat dihindari, namun dampaknya dapat dikurangi melalui upaya mitigasi bencana. Kawasan pemukiman yang berdekatan dengan sumber terjadinya gempa bumi merupakan kawasan yang sangat rawan, oleh karena itu perlu dilakukan upaya langkah-langkah strategis untuk mengurangi atau memperkecil dampak kerugian atau kerusakan yang dapat ditimbulkan oleh bencana [2].

Ada 28 wilayah di Kepulauan Negara Kesatuan Republik Indonesia yang dinyatakan sebagai wilayah rawan bencana gempa bumi tektonik, gunung berapi, dan tsunami. Di antaranya NAD, Sumatra Utara, Sumatra Barat, Bengkulu, Lampung, Banten, Jateng, dan DIY wilayah selatan, Jatim wilayah selatan, Bali, NTB, dan NTT. Berdasarkan fakta tersebut, dapat memberikan gambaran bahwa Provinsi Jawa Timur wilayah selatan khususnya memiliki tingkat kerentanan yang besar apabila dibandingkan dengan pulau-pulau lainya, jika ditinjau dari jumlah kepadatan penduduknya. Kabupaten Malang merupakan salah satu kabupaten yang masuk dalam tingkat klasifikasi bahaya “Tinggi” terhadap bencana gempa bumi tektonik, dan menempati urutan ranking ke-60 tingkat nasional [3], [4].

Sebagai bagian dari Provinsi Jawa Timur, Kabupaten Malang masuk dalam jalur pertemuan lempeng Eurasia dengan lempeng Indo-Australia. Pertemuan lempeng itu berada di 200 km arah selatan. Dengan dilaluinya pertemuan dua lempeng tersebut, maka di wilayah selatan Jawa Timur berpotensi terjadinya bencana gempa bumi tektonik.

Beberapa kecamatan yang rawan akan terjadi bencana gempa bumi tektonik di Kabupaten Malang meliputi Kecamatan Gedangan, Sumbermanjing Wetan, Dampit, Tirtoyudo, dan Ampelgading. Berdasarkan peta geologi dan hasil interpretasi data gaya berat menunjukkan adanya hasil lintasan/lokasi sesar lokal yang bersesuaian. Daya dukung batuan pada jalur-jalur tersebut relatif lebih rendah dari sekitarnya, sehingga jalur-jalur tersebut bersifat labil [5].

## II. METODOLOGI PENELITIAN

### A. Metode Pengumpulan Data

Dalam proses pengumpulan data, dilakukan survei primer dan sekunder. Survei primer dilakukan dengan melakukan wawancara kepada 9 stakeholder. Adapun sembilan stakeholder yang didapatkan melalui analisa stakeholder, yaitu BAPPEDA Kabupaten Malang, Dinas Cipta Karya dan Tata Ruang Kabupaten Malang, BPBD Kabupaten Malang, LPPM ITS, LPPM Universitas Brawijaya, Tokoh Masyarakat di Kecamatan Sumbermanjing Wetan, Dampit, dan Ampelgading serta PT Marmora perusahaan tambang. Sedangkan survei sekunder terdiri dari survey instansi dan

survey literatur. Survei instansi merupakan survei yang dilakukan dalam mengumpulkan data sekunder atau pendukung di instansi atau dinas-dinas. Studi literatur atau kepustakaan dilakukan dengan meninjau isi dari literatur yang bersangkutan dengan tema penelitian ini, di antaranya berupa buku, hasil penelitian, dokumen rencana tata ruang, tugas akhir, serta artikel di internet dan media massa.

**B. Metode Analisis**

Dalam proses penentuan zona kerentanan bencana gempa bumi tektonik maka diperlukan beberapa tahapan analisa, adapun tahapan analisa tersebut adalah sebagai berikut:

1. Analisa penentuan bobot prioritas variabel-variabel yang berpengaruh terhadap kerentanan bencana gempa bumi tektonik di wilayah penelitian

Variabel-variabel yang berpengaruh terhadap kerentanan gempa bumi tektonik ditinjau dari teori-teori terkait kerentanan bencana gempa bumi tektonik. Dalam analisa variabel-variabel yang berpengaruh terhadap bencana gempa bumi tektonik digunakan alat analisa deskriptif, dan analisa AHP (*Analytic Hierarchy Proccess*). Analisis deskriptif digunakan untuk mendeskripsikan mengenai variabel-variabel yang berpengaruh terhadap kerentanan gempa bumi tektonik. Analisis AHP digunakan untuk menentukan bobot tiap variabel-variabel yang berpengaruh terhadap kerentanan bencana gempa bumi tektonik. Dalam analisa ini digunakan alat analisa *Expert Choice 11*.

2. Analisa penentuan zona kerentanan bencana gempa bumi tektonik di wilayah penelitian

Teknik analisa yang digunakan untuk menentukan zona kerentanan, berdasarkan tingkatannya yang berbeda adalah dengan menggunakan teknik analisa *overlay weighted sum* beberapa peta/variabel yang berpengaruh terhadap kerentanan. Metode analisa ini merupakan salah satu jenis analisa spasial dengan menggunakan teknik *overlay* atau penumpukan beberapa peta yang berkaitan dengan variabel-variabel yang berpengaruh terhadap penilaian kerentanan. Alat analisa yang digunakan adalah dengan menggunakan perangkat lunak *Geographic Information System (GIS)*.

**III. HASIL DAN PEMBAHASAN**

**A. Analisa penentuan bobot prioritas variabel-variabel yang berpengaruh terhadap kerentanan bencana gempa bumi tektonik di wilayah penelitian**

Berdasarkan hasil dari tahapan analisa yang telah dilakukan, yaitu meliputi analisa deskriptif dan analisa AHP (*Analytic Hierarchy Proccess*), diperoleh variabel-variabel yang berpengaruh terhadap kerentanan bencana gempa bumi tektonik. Berikut ini merupakan tabel variabel-variabel yang berpengaruh terhadap kerentanan bencana gempa bumi di wilayah penelitian.

Tabel 1.  
Variabel-Variabel yang Berpengaruh terhadap Kerentanan Bencana Gempa bumi Tektonik

Variabel	Parameter Penilaian
<b>Kerentanan Lingkungan</b>	
Kemiringan ( <i>slope</i> ) tanah	Skor 1 : 0°-8° Skor 2 : 8°-15° Skor 3 : 15°-25° Skor 4 : 25°-45° Skor 5 : >45° (PERMEN PU Nomor 21/PRT/M/2007)
Jenis penggunaan lahan ( <i>land use</i> )	Skor 1 : Hutan, Belukar, Kebun, Tegalan, Sungai, dan Danau Skor 2 : Kawasan wisata domestik Skor 3 : Persawahan dan Tambak Skor 4 : Permukiman dan Fasilitas Umum Skor 5 : Cagar Budaya, Industri, Kawasan Wisata Berdevisa, dan Jalan (PERMEN PU Nomor 21/PRT/M/2007)
Jenis bebatuan (Geologi)	Skor 1 : Jenis Andesit, Granit, Metamorf, dan Breksi Vulkanik. Skor 2 : Jenis Aglomerat, Breksi Sedimen, dan Konglomerat. Skor 3 : Jenis Batu Pasir, Batu Gamping, Tuf Kasar, dan Batu lanau Skor 4 : Jenis Pasir, Lanau, Tuf Halus, dan Serpih Skor 5 : Jenis Lempung, Gambut, Lumpur (PERMEN PU Nomor 21/PRT/M/2007)
<b>Kerentanan Fisik</b>	
Jenis Bangunan Konstruksi (Permanen)	Skor 1 : < 5000 Bangunan Skor 2 : 5000 - 10000 Bangunan Skor 3 : 10000 - 15000 Bangunan Skor 4 : 15000 - 20000 Bangunan Skor 5 : 20000 – 25000 Bangunan Pedoman Penyusunan Zonasi Risiko (2009) dalam Jamaluddin (2012)
Panjang Jaringan Jalan	Skor 1 : < 8 km Skor 2 : 8 – 16 km Skor 3 : 16 – 24 km Skor 4 : 24 – 32 km Skor 5 : 32 – 40 km Pedoman Penyusunan Zonasi Risiko (2009) dalam Jamaluddin (2012)
Kepadatan Bangunan	Skor 1 : <10 bangunan/ha Skor 2 : 10-30 bangunan/ha Skor 3 : 30-50 bangunan/ha Skor 4 : 50-80 bangunan/ha Skor 5 : >80 bangunan/ha (KEPMEN PU Nomor 378/KPTS/1987) Apabila menggunakan parameter diatas, kurang dapat mewakili hasil fakta di wilayah penelitan atau kurang mendetail. Maka dari itu diperlukan parameter baru berdasarkan fakta kejadian di wilayah penelitian dengan cara reklasifikasi pada tiap kategori. Parameter tersebut sebagai berikut :
<b>Kerentanan Sosial</b>	
Kepadatan Penduduk	Skor 1 : <10 jiwa/ha Skor 2 : 10-15 jiwa/ha Skor 3 : 15-20 jiwa/ha Skor 4 : 20-25 jiwaha Skor 5 : >25 jiwa/ha

	(Dirjen Penataan Ruang Pekerjaan Umum) Apabila menggunakan parameter diatas, kurang dapat mewakili hasil fakta di wilayah penelitian atau kurang mendetail. Maka dari itu diperlukan parameter baru berdasarkan fakta kejadian di wilayah penelitian dengan cara reklasifikasi pada tiap kategori. Parameter tersebut sebagai berikut :
Jumlah Penduduk Usia Rentan Balita (Jiwa)	Skor 1 : < 6 jiwa/ha Skor 2 : 6 - 12 jiwa/ha Skor 3 : 12 - 18 jiwa/ha Skor 4 : 18 - 24 jiwa/ha Skor 5 : 24 - 30 jiwa/ha
Jumlah Penduduk Usia Rentan Tua (Jiwa)	Skor 1 : < 2000 Jiwa Skor 2 : 2000 – 4000 Jiwa Skor 3 : 4000 - 6000 Jiwa Skor 4 : 6000 - 8000 Jiwa Skor 5 : 8000 – 10000 Jiwa Pedoman Penyusunan Zonasi Risiko (2009) dalam Jamaluddin (2012)
Jumlah Penduduk Wanita	Skor 1 : < 3000 Jiwa Skor 2 : 3000 - 6000 Jiwa Skor 3 : 6000 - 9000 Jiwa Skor 4 : 9000 - 12000 Jiwa Skor 5 : 12000 – 15000 Jiwa Pedoman Penyusunan Zonasi Risiko (2009) dalam Jamaluddin (2012)
Jumlah Penduduk Penyandang Cacat	Skor 1 : < 9 Jiwa Skor 2 : 9 – 18 Jiwa Skor 3 : 18 – 27 Jiwa Skor 4 : 27 – 36 Jiwa Skor 5 : 36 – 45 Jiwa Pedoman Penyusunan Zonasi Risiko (2009) dalam Jamaluddin (2012)
<b>Kerentanan Ekonomi</b>	
Jumlah Penduduk Miskin	Skor 1 : < 1500 Jiwa Skor 2 : 1500-3000 Jiwa Skor 3 : 3000-4500 Jiwa Skor 4 : 4500-6000 Jiwa Skor 5 : 6000-7500 Jiwa Pedoman Penyusunan Zonasi Risiko (2009) dalam Jamaluddin (2012)
Jumlah Penduduk yang bekerja di Pertambangan	Skor 1 : < 800 Jiwa Skor 2 : 800-1600 Jiwa Skor 3 : 1600-2400 Jiwa Skor 4 : 2400-3200 Jiwa Skor 5 : 3200-4000 Jiwa Pedoman Penyusunan Zonasi Risiko (2009) dalam Jamaluddin (2012)

Sumber: Hasil Analisa, 2014

Dari tabel parameter diatas digunakan untuk melakukan analisa deskriptif dengan cara membandingkan antara data kondisi eksisting dengan parameter diatas. Berikut ini hasil dari analisa deskriptif terhadap variabel-variabel yang berpengaruh terhadap kerentanan bencana gempa bumi tektonik di wilayah penelitian.

Tabel 2.  
Variabel-Variabel yang Berpengaruh terhadap Kerentanan Bencana Gempa bumi Tektonik

Variabel	Analisa Deskriptif
<b>Kerentanan Lingkungan</b>	
Kemiringan ( <i>slope</i> ) tanah	Area dengan jenis kemiringan tanah merupakan area dengan tingkat kerentanan dari rendah hingga tinggi. Variabel tersebut menunjukkan kelompok kerentanan yang bervariasi, mulai dari kemiringan datar yang lebih resisten terhadap gempa dan lebih stabil terhadap kemungkinan longsoran dan amblasan, serta kemiringan yang curam, dimana sangat rentan akan timbulnya longsoran akibat gempa bumi. Hal ini dapat disimpulkan bahwa tingkat kemiringan tanah mempengaruhi kestabilan tanah..
Jenis penggunaan lahan ( <i>land use</i> )	Area dengan jenis penggunaan lahan yang terbangun lebih rentan terhadap bencana gempa bumi, dibandingkan jenis penggunaan lahan pertanian dan perkebunan dimana memiliki tingkat kerentanan yang rendah. Tingkatan jenis penggunaan lahan tersebut menunjukkan kelompok yang bervariasi. Hal ini dapat disimpulkan bahwa jenis penggunaan lahan mempengaruhi terhadap kerugian materi dan korban jiwa saat terjadi gempa.
Jenis bebatuan (Geologi)	Area dengan jenis batuan yang rendah merupakan area dengan tingkat kerentanan rendah. Tingkatan batuan tersebut menunjukkan kelompok batuan yang relatif kompak, sehingga lebih stabil terhadap kemungkinan longsoran dan amblasan. Hal ini dapat disimpulkan bahwa tingkat kerentanan geologi (jenis batuan) berpengaruh terhadap bencana gempa bumi..
<b>Kerentanan Fisik</b>	
Jenis Bangunan Konstruksi (Permanen)	Area dengan kondisi jenis bangunan konstruksi permanen merupakan area dengan tingkat kerentanan sangat rentan, karena jenis konstruksi bangunan permanen, sangat berpotensi mengalami kerusakan dampak negative akibat bencana gempa bumi, dibanding jenis konstruksi bangunan non-permanen. Selain itu juga jika terjadi gempa bumi sifatnya yang kaku ( <i>stiff</i> ) kemungkinan besar tidak mampu bertahan. Maka dapat disimpulkan bahwa factor persentase jenis konstruksi bangunan permanen mempengaruhi kerentanan.
Panjang Jaringan Jalan	Berdasarkan hasil pembahasan, dapat diketahui seluruh wilayah penelitian masuk dalam seluruh kategori kerentanan. Hal ini disebabkan oleh jumlah panjang jalan yang ada pada wilayah penelitian rentan akan bencana gempa bumi. Hal ini disebabkan oleh kemungkinan kerugian kerusakan jalan yang ditimbulkan serta sebagai upaya evakuasi masyarakat.
Kepadatan Bangunan	Area dengan kepadatan bangunan yang rendah merupakan area dengan tingkat kerentanan rendah pula, dan sebaliknya. Karena kepadatan bangunan dapat dilihat melalui jumlah bangunan fisik dibandingkan dengan luas area secara keseluruhan, berpotensi mengalami kerusakan dampak negative akibat bencana gempa bumi. Maka dapat disimpulkan bahwa factor Tingkat kepadatan bangunan mempengaruhi kerentanan, meskipun rendah.
<b>Kerentanan Sosial</b>	
Kepadatan Penduduk	Area dengan jumlah kepadatan penduduk merupakan area dengan tingkat kerentanan, rentan. Jumlah kepadatan penduduk Maka dari itu dapat disimpulkan bahwa penyebab

	kerentanan ini adalah tingkat kepadatan penduduk berpengaruh pada wilayah rawan gempa bumi.
Jumlah Penduduk Usia Rentan Balita (Jiwa)	Area dengan presentase Jumlah penduduk umur rentan balita merupakan area dengan tingkat kerentanan menengah. Jumlah penduduk umur balita lebih berpotensi mengalami dampak negative (korban jiwa) yang lebih besar akibat bencana gempa bumi. Hal ini dikarenakan lemahnya kemampuan mereka untuk evakuasi dan bertahan dalam mengantisipasi bencana gempa bumi yang terjadi di wilayah penelitian. Maka dari itu dapat disimpulkan bahwa penyebab kerentanan ini adalah persentase penduduk usia balita
Jumlah Penduduk Usia Rentan Tua (Jiwa)	Area dengan presentase Jumlah penduduk umur rentan tua merupakan area dengan tingkat kerentanan menengah. Jumlah penduduk umur tua lebih berpotensi mengalami dampak negative (korban jiwa) yang lebih besar akibat bencana gempa bumi. Hal ini dikarenakan lemahnya kemampuan mereka untuk evakuasi dan bertahan dalam mengantisipasi bencana gempa bumi yang terjadi di wilayah penelitian. Maka dari itu dapat disimpulkan bahwa penyebab kerentanan ini adalah persentase penduduk usia tua
Jumlah Penduduk Wanita	Area dengan presentase jumlah penduduk wanita merupakan area dengan tingkat kerentanan sangat tinggi. Jumlah penduduk wanita lebih berpotensi mengalami dampak negative yang lebih besar akibat bencana gempa bumi. Hal ini dikarenakan lemahnya kemampuan untuk evakuasi bertahan dalam mengantisipasi bencana gempa bumi yang terjadi di wilayah penelitian. Maka dari itu dapat disimpulkan bahwa penyebab kerentanan ini adalah tingginya persentase penduduk wanita.
Jumlah Penduduk Penyandang Cacat	Area dengan presentase jumlah penduduk penyandang cacat sangat rendah merupakan area dengan tingkat kerentanan sangat rendah. jumlah penduduk penyandang cacat (diindikasikan penduduk yang mengalami cacat fisik dan mental) lebih berpotensi mengalami dampak negative yang lebih besar akibat bencana gempa bumi. Hal ini dikarenakan kurangnya kepekaan dalam mengantisipasi bencana gempa bumi yang terjadi di wilayah penelitian. Maka dari itu dapat disimpulkan bahwa penyebab kerentanan ini adalah tingginya persentase penduduk cacat.
<b>Kerentanan Ekonomi</b>	
Jumlah Penduduk Miskin	Area dengan presentase rumah tangga miskin tinggi merupakan area dengan tingkat kerentanan tinggi. Rumah tangga miskin (yang diindikasikan melalui jumlah penduduk miskin) lebih berpotensi mengalami dampak negative yang lebih besar akibat bencana gempa bumi. Hal ini dikarenakan lemahnya kemampuan untuk bertahan dan pulih ( <i>recover</i> ) dalam mengantisipasi bencana gempa bumi yang terjadi di wilayah penelitian. Maka dari itu dapat disimpulkan bahwa penyebab kerentanan ini adalah tingginya jumlah penduduk miskin.
Jumlah Penduduk yang bekerja di Pertambangan	Area dengan presentase penduduk yang bekerja di sektor rentan tinggi merupakan area dengan tingkat kerentanan tinggi, karena pekerja pada sektor rentan (pertambangan) berpotensi menimbulkan korban jiwa dan kerugian materi. Presentase rumah tangga yang bekerja di sektor rentan (yang diindikasikan melalui jumlah penduduk yang bekerja di sektor rentan). Maka dari itu dapat disimpulkan bahwa penyebab kerentanan ini adalah presentase penduduk yang bekerja di pertambangan

Sumber: Hasil Analisa, 2014

Hasil dari analisa deskriptif, menghasilkan variabel-variabel yang berpengaruh. Adapun variabel-variabel tersebut adalah :

- i. *Kerentanan Lingkungan* : Kemiringan (*slope*) tanah, Jenis penggunaan lahan, dan jenis batuan atau geologi.
- ii. *Kerentanan Fisik* : Jenis Bangunan Konstruksi (Permanen), Panjang Jaringan Jalan, dan Kepadatan Bangunan.
- iii. *Kerentanan Sosial* : Kepadatan Penduduk, Jumlah Penduduk Usia Rentan Balita, Jumlah Penduduk Usia Rentan Tua, Jumlah Penduduk Wanita, dan Jumlah Penduduk Cacat.
- iv. *Kerentanan Ekonomi* : Jumlah Penduduk Miskin dan Jumlah Penduduk Pekerja tambang.

Selanjutnya untuk menentukan bobot (*weight*) prioritas variabel-variabel yang berpengaruh terhadap kerentanan bencana gempa bumi tektonik digunakan analisa AHP (*Analytical Hierarchy Process*). Adapun hasil dari pembobotan tersebut adalah sebagai berikut :

Tabel 3.  
Pembobotan Analisa AHP Keentanan Bencana Gempa Bumi Tektonik

Faktor	Variabel	Bobot
Kerentanan Lingkungan	Kemiringan Tanah/ <i>Slope</i>	(0.041)
	Jenis Batuan/Geologi	(0.031)
	Jenis Penggunaan Lahan	(0.007)
Kerentanan Fisik	Bangunan Permanen	(0.165)
	Jumlah Panjang Jalan	(0.096)
	Kepadatan Permukiman	(0.077)
Kerentanan Sosial	Jumlah Penduduk Cacat	(0.164)
	Jumlah Penduduk Tua	(0.118)
	Jumlah Penduduk Balita	(0.111)
	Jumlah Penduduk Wanita	(0.061)
Kerentanan Ekonomi	Kepadatan Penduduk	(0.046)
	Jumlah Penduduk Miskin	(0.051)
	Penduduk Pekerja Tambang	(0.092)

Sumber: Hasil Analisis, 2014

**B. Analisa penentuan zona kerentanan bencana gempa bumi tektonik di wilayah penelitian**

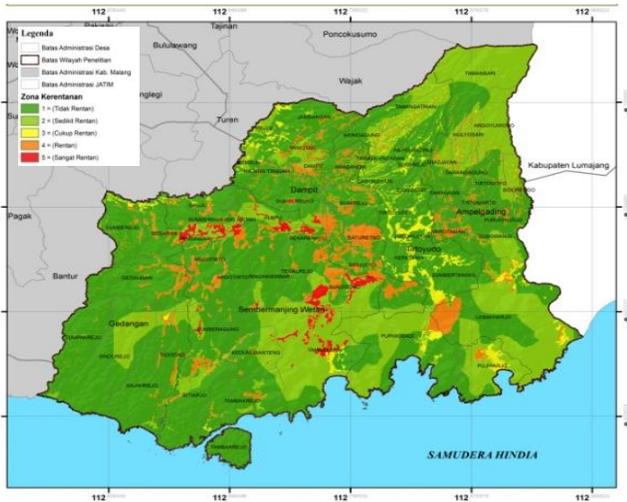
Dari hasil pembobotan (*weighting*) pada masing-masing faktor kerentanan (kerentanan lingkungan, fisik, sosial, dan ekonomi) pada proses AHP (*Analytical Hierarchy Process*) dan proses *reclassify* atau pengklasifikasian faktor berdasarkan parameter yang sudah ditentukan, maka untuk proses selanjutnya adalah melakukan penumpukan (*overlay*) beberapa peta faktor kerentanan tersebut menggunakan analisa *Overlay Weighted Sum*. Adapun formula model yang digunakan dalam penentuan zona kerentanan wilayah rawan bencana gempa bumi adalah sebagai berikut :

$$\text{Zona Kerentanan} = (0.089 * [\text{Lingkungan\_raster}]) + (0.357 * [\text{Fisik\_raster}]) + (0.354 * [\text{Sosial\_raster}]) + (0.200 * [\text{Ekonomi\_raster}])$$

Berdasarkan hasil dari *overlay weighted sum* di wikayah penelitian dihasilkan lima zona kerentanan, yaitu : 1 = Zona Tidak Rentan; 2 = Zona Sedikit Rentan; 3 = Zona Cukup Rentan; 4 = Zona Rentan; 5 = Zona Sangat Rentan. Dimana, pada wilayah penelitian hampir secara keseluruhan masuk dalam Zona Tidak Rentan, Sedikit Rentan, Cukup

Rentan, dan Rentan. Sedangkan wilayah penelitian yang masuk dalam zona Sangat Rentan terdapat di Desa/Kelurahan Argotirto, Druju, Kedungbanteng, Klepu, Ringinkembar, Ringsari, Sekarbanyu, Sukodono, Sumberagung, Sumbermanjing, Tambaksari, Summersuko, dan Srimulyo.

Adapun hasil analisa tingkat kerentanan di wilayah penelitian, tersaji pada gambar berikut ini.



Gambar. 1. Peta Tingkat Kerentanan Bencana Gempa Bumi Tektonik

Tabel 4. Luasan Kelurahan per Kecamatan berdasarkan Tingkat Kerentanan Bencana Gempa Bumi Tektonik

Kelurahan	Luas Zona Kerentanan (Ha)				
	1	2	3	4	5
<b>Kecamatan Gedangan</b>					
Tumpakrejo	2114	47.75	-	17.22	-
Sumberejo	1473	75.51	52.48	76.89	-
Sindurejo	3071	1099	2.81	20.43	-
Sidodadi	1044	279.3	4.75	117.6	-
Segaran	952.3	61.44	54.21	133.6	-
Gedangan	2624	81.43	-	286.8	-
Gajahrejo	2763	193.1	22.32	80.14	-
<b>Kecamatan Sumbermanjing Wetan</b>					
Argotirto	1273	83.93	15.09	221.2	60.3
Druju	1203	88.22	49.93	86.69	69.8
Kedungbanteng	811.8	653.6	13.59	53.74	6.22
Klepu	693.2	440.8	21.96	88.30	112
Ringinkembar	1440	137.4	9.79	58.70	9.55
Ringsari	431	105.2	16.58	84.77	73.8
Sekarbanyu	396.1	87.59	13.54	62	61.4
Sitiarjo	2298	385.3	19.19	180.1	-
Sukodono	766.7	1001	48.95	447.1	338
Sumberagung	1087	271.2	10.85	24.31	30.2
Sumbermanjin	375.1	203.8	15.44	68.6	90.2
Tambakrejo	0.26	249.5	31.16	87.55	-
Tambaksari	1393	3728	191.4	46.06	352
Tegalrejo	1024	25.46	9.02	52.82	-
<b>Kecamatan Dampit</b>					
Sumbersuko	1137	152.8	1	168.6	23.1
Srimulyo	1443	374.7	0.79	705.8	10.5
Rembun	383.3	185.6	62.74	1.34	-
Pojok	106.9	97.1	41.91	-	-
Pamotan	854.3	383.6	42.85	232.8	-
Majang	894.6	77.16	60.1	56.15	-
Jambangan	1402	115.5	78.92	90.8	-
Dampit	516.4	158.3	4.04	212.2	-
Bumirejo	1091	123.6	0.96	213.3	-
Baturetno	226.6	25.44	0.53	465.4	-
Amadanom	466.4	111.1	0.6	101.9	-

<b>Kecamatan Tirtoyudo</b>					
Gadungsari	286.5	78.20	44.88	0.36	-
Ampelgading	923.8	87.24	106.2	-	-
Jogomulyan	705.7	60.66	268.8	0.34	-
Kepatihan	930.8	43.71	-	0.58	-
Pujiharjo	484.9	1276	223.3	73.27	-
Purwodadi	2273	2.74	155	93.56	-
Sukorejo	345.6	21.53	26.32	0.67	-
Sumbertangkil	1641	122.8	355.6	29.68	-
Tamansatrian	780.7	1226	88.11	52.65	-
Tamankuncar	226.1	321.4	54.32	15.04	-
Tirtoyudo	668.2	64.74	146.1	0.16	-
Tlogosari	378.1	50.96	48.08	-	-
Wonoagung	598.7	357.2	70.46	35.45	-
<b>Kecamatan Ampelgading</b>					
Argoyuwono	199.6	1405	8.58	30.83	-
Lebakharjo	2395	3900	243.5	609.2	-
Mulyosari	43.67	671.9	28.87	64.52	-
Purwoharjo	320.3	17.25	-	51.79	-
Sidorenggo	386.6	436	15.53	78.82	-
Simojayan	442	294.2	9.17	66.24	-
Sonowangi	854	535	5.92	118	-
Tamansari	422.3	23.10	-	29.25	-
Tamansari	838.4	2727	4.29	28.34	-
Twangagung	282.2	224.9	6.24	44.32	-
Tirtomarto	531.4	36.59	-	59.16	-
Tirtomoyo	667.6	232.4	4.32	35.19	-
Wirotdaman	593.8	45.98	0.23	189.6	-
<b>Jumlah</b>	<b>53977</b>	<b>30949</b>	<b>4811</b>	<b>6250</b>	<b>1237</b>

Sumber: Hasil Analisa, 2014

Dari tabel diatas, dapat diketahui luasan wilayah yang terkena benca gempa bumi tektonik berdasarkan tingkat kerentanan yang berbeda. Wilayah dengan katagori yang berada pada tingkat kerentanan paling tinggi adalah Kecamatan Sumbermanjing Wetan, dimana hampir seluruh wilayahnya masuk dalam katagori sangat rentan dan berbahaya, kemudian disusul oleh Kecamatan Dampit yang hanya sebagian saja yang masuk dalam kategori zona sangat rentan, yaitu Desa/Kelurahan Summersuko dan Srimulyo.

Tabel 5. Luasan Zona Kerentanan Wilayah Rawan Bencana Gempa Bumi per Zona

Zona	Luas Zona Kerentanan (Ha)	Persentase (%)
Zona 1	53976.9	60.2
Zona 2	30948.8	28.7
Zona 3	4811.22	3.1
Zona 4	6250.0	6.6
Zona 5	1236.8	1.3
<b>Jumlah</b>	<b>97223.7</b>	<b>100</b>

Sumber : Hasil Analisa, 2014

Berdasarkan tabel 4 diatas, wilayah penelitian yang memiliki proporsi zona yang rentan terhadap benca gempa bumi tektonik dengan katagori zona sangat rentan dengan luas 1.236,8 Ha, dengan proporasi luas 1.3% dari total kawasan penelitian. Sedangkan zona rentan pada kawasan penelitian memiliki luas sebesar 6.250 Ha dengan proporsi 6.6% dari total luas kawasan penelitian dan zona cukup rentan pada kawasan penelitian memiliki luas 4.811.2 Ha dengan proporsi sebesar 3.1% dari total luas kawasan penelitian.

#### IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisa dan pembahasan yang telah dilakukan pada penelitian ini, maka dapat disimpulkan bahwa:

- 1) Pesebaran zona tingkat kerentanan (vulnerability) bencana gempa bumi pada wilayah penelitian, berada di sebagian desa/kelurahan di setiap kelima kecamatan. Wilayah dengan tingkat risiko sangat tinggi terletak di Desa/Kelurahan Argotirto, Druju, Kedungbanteng, Klepu, Ringinkembar, Ringisari, Sekarbanyu, Sukodono, Sumberagung, Sumbermanjing, Tambaksari, Sumpoko, dan Srimulyo; dengan luas wilayah seluas 1236.8 Ha.
- 2) Variabel-variabel yang sangat berpengaruh dalam penentuan zona kerentanan bencana gempa bumi di wilayah penelitian adalah variabel jenis konstruksi bangunan permanen, jumlah penduduk cacat, jumlah penduduk tua, jumlah penduduk balita, panjang jaringan jalan.
- 3) Berdasarkan derajat pengaruh (bobot) setiap variabel penentu risiko (*risk*) bencana gempa bumi tektonik di wilayah penelitian, dimulai dari variabel yang memiliki bobot tertinggi hingga yang terendah. Adapun variabel-variabel tersebut antara lain:
  1. Jenis Konstruksi Bangunan Permanen (0.165),
  2. Jumlah Penduduk Cacat (0.164),
  3. Penduduk Tua (0.118),
  4. Jumlah Penduduk Balita (0.111),
  5. Panjang Jaringan Jalan (0.096),
  6. Jumlah Pekerja di Pertambangan (0.092),
  7. Jumlah Kepadatan Bangunan (0.077),
  8. Jumlah Penduduk Miskin (0.051),
  9. Tingkat Kemiringan Tanah (0.041),
  10. Jenis Batuan/Geologi (0.031),
  11. Jumlah Penduduk Wanita (0.027),
  12. Tingkat Kepadatan Penduduk (0.020),
  13. Jenis Penggunaan Lahan (0.007).

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB). *Indeks Rawan Bencana Indonesia*. 2011.
- [2] Badan Koordinasi Nasional Penanggulangan Bencana. *Pengenalan Karakteristik Bencana dan Upaya Mitigasinya di Indonesia*, Editor: Triutomo, Sugeng, Widjaja, B. Wisnu, Amri, M.Robi, Jakarta. Direktorat Mitigasi. LAKHAR BAKORNAS PB. 2007.
- [3] Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB). *Indeks Rawan Bencana Indonesia*. 2011.
- [4] Peta Bahaya Gempa Bumi ESDM, 2010.
- [5] Badan Perencanaan Pembangunan Daerah Kabupaten Malang. *Rencana Tata Ruang Wilayah Kabupaten Malang 2009-2020*. Kabupaten Malang : BAPPEDA Kabupaten Malang. 2010.