

# DINAMIKA SPASIAL DAN TEMPORAL KERENTANAN SOSIAL DAMPAK BENCANA GEMPA BUMI Studi Kasus: Dusun Joho

*(Spatiotemporal Dynamics of Social Vulnerability Impact of Earthquakes  
Case Study at Joho Hamlet)*

**Acintya Nurmaya<sup>1</sup>, Muhammad Anggri Setiawan<sup>2</sup>, dan Taufik Hery Purwanto<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Minat Studi Geoinformasi untuk Manajemen Bencana, Sekolah Pascasarjana, Universitas Gadjah Mada

<sup>2</sup>Fakultas Geografi, Universitas Gadjah Mada  
Jl. Teknik Utara Pogung, Yogyakarta, 55281 Indonesia  
E-mail: [acintyan@gmail.com](mailto:acintyan@gmail.com)

Diterima: 19 Desember 2018, Direvisi: 24 Juni 2019, Disetujui untuk Dipublikasikan: 29 Agustus 2019

## ABSTRAK

Peningkatan kepadatan penduduk dan permukiman berbanding lurus terhadap kerentanan sosial. Penelitian ini mengintegrasikan teknologi geoinformasi dalam penilaian kerentanan sosial secara spasial dan temporal dengan skala detail. Tujuan dari penelitian ini untuk menganalisis tingkat kerentanan sosial secara spasial setiap unit rumah pada pagi, siang, sore, dan malam hari. Metode pengolahan data dengan teknik sensus untuk mendapatkan informasi anggota penghuni rumah. Interpretasi citra Quickbird dilakukan untuk menganalisis kenampakan tapak bangunan. Bobot dari tiap parameter kerentanan sosial menggunakan metode *Analytical Hierarchy Process* (AHP). Dinamika spasial dan temporal kerentanan sosial terhadap gempa bumi di Dusun Joho didukung dengan hasil analisis data berupa nilai kerentanan tertinggi terdapat pada parameter penduduk lansia sebesar 41% dan parameter kerentanan sosial terendah adalah kepadatan penduduk sebesar 7%. Di antara 354 total bangunan, 126 rumah terklasifikasikan dalam tingkat kerentanan sosial rendah (36%) pada pagi dan siang hari. Kerentanan sosial sedang (39%) pada sore dan malam hari sebanyak 138 bangunan dan kerentanan sosial tinggi (51%) pada sore dan malam hari sebanyak 179 rumah.

**Kata kunci:** spasial-temporal, gempa bumi, kerentanan sosial, AHP, SIG partisipatif, peta interaktif

## ABSTRACT

*Increased population density and settlements are directly proportional to social vulnerability. This study integrates geoinformation technology in spatial and temporal social vulnerability assessment with a detailed scale. The purpose of this study to analyze the level of social vulnerability spatially every house in the morning, afternoon, evening and night. Data processing methods with census techniques to obtain information on members of the house occupants. Interpretation of Quickbird imagery is done to analyze the appearance of the building footprint. The weight of each parameter of social vulnerability uses the Analytical Hierarchy Process (AHP) method. The spatial and temporal dynamics of social vulnerability to earthquakes in Joho Hamlet are supported by the results of data analysis in the form of the highest vulnerability found in the parameters of the elderly population of 41% and the lowest social vulnerability parameter is a population density of 7%. Among the 354 total buildings, 126 classified houses were in the low level of social vulnerability (36%) in the morning and afternoon. Medium social vulnerability (39%) in the afternoon and evening as many as 138 buildings and high social vulnerability (51%) in the afternoon and evening as many as 179 houses.*

**Keywords:** spatial-temporal, earthquake, social vulnerability, AHP, participatory GIS, interactive map

## PENDAHULUAN

Peningkatan kepadatan penduduk ditambah dengan kepadatan bangunan berbanding lurus dengan kerentanan sosial. Hasil penelitian yang dilakukan di wilayah Amerika Serikat dari tahun 1960 hingga 2008 oleh Cutter & Finch (2008) menunjukkan bahwa komponen yang secara konsisten meningkatkan kerentanan sosial untuk semua periode waktu adalah kepadatan (perkotaan), ras/etnis, dan status sosial ekonomi. Perkembangan Kota Yogyakarta yang sudah padat bangunannya menyebabkan perkembangan kota dengan kecenderungan pergeseran fungsi-fungsi

kekotaan ke daerah pinggiran kota (*urban fringe*) (Giyarsih, 2001). Dusun Joho, Desa Jambidan, terletak di area *urban fringe* Kota Yogyakarta dengan kepadatan bangunan yang tinggi dan perkembangan wilayah yang terus berkembang menunjukkan bahwa komponen yang secara konsisten meningkatkan kerentanan sosial untuk semua periode waktu adalah kepadatan (perkotaan), ras/etnis, dan status sosial ekonomi.

Setiap area permukiman terdapat unit rumah yang memiliki potensi menimbulkan kerentanan sosial dimana penduduk melakukan aktivitas harian di dalam bangunan rumah. Berdasarkan hasil analisis Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana

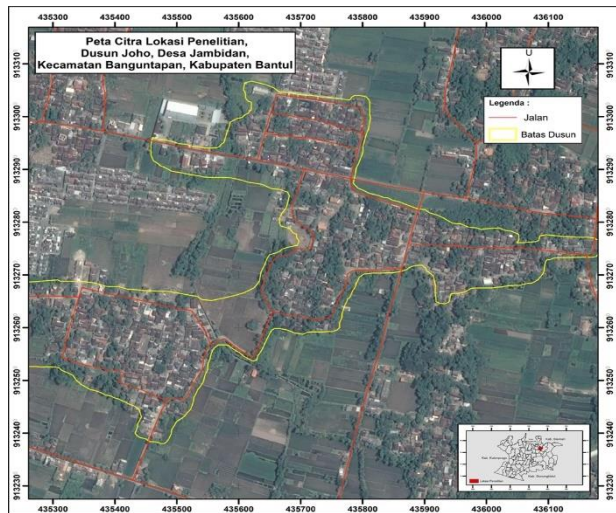
Geologi (PVMBG), wilayah Dusun Joho termasuk ke dalam tingkat kerawanan gempa bumi yang tinggi dengan intensitas gempa tinggi dan sangat dekat dengan lokasi patahan/sesar Opak. Hal ini meningkatkan kerentanan bagi penduduk yang tinggal di sekitar lokasi penelitian.

Penentuan batasan area kajian berpengaruh terhadap tingkat kedetailan analisis kerentanan. Analisis kerentanan dapat dilakukan pada skala nasional (Cutter & Finch, 2008; Frigerio et al., 2016), skala kabupaten (Khomarudin, 2010);(Hizbaron, Baiquni, Sartohadi, & Rijanta, 2012) (Wibowo & Sembri, 2016), skala kecamatan (Sofan; & Yulianto, 2014) skala desa (Hizbaron, Rahmat, & Setyaningrum, 2015); (Tiyansyah, Setiawan, & Mei, 2017). Setiap kajian memiliki tingkat kedetailan informasi yang berbeda-beda, sesuai dengan cakupan wilayah yang akan dikaji. Kajian kerentanan sosial pada skala dusun memberikan informasi detail yang dapat digunakan sebagai dasar perencanaan dan manajemen bencana untuk menentukan upaya pengurangan risiko bencana dan mitigasi bencana.

Analisis kerentanan sosial terhadap bencana gempabumi masih jarang diteliti secara temporal. Penelitian Khomarudin (2010) mengkaji kerentanan terhadap tsunami di Pacitan dan Padang pada siang hari dan malam hari menggunakan citra *Terra SAR-X* untuk mengkaji distribusi populasi pada kelas penggunaan lahan. Penelitian Mutaqin (2011) menilai risiko tsunami di Kabupaten Pacitan untuk memetakan sebaran penduduk menggunakan citra Quickbird pada waktu siang dan malam hari serta saat hari libur. Penelitian oleh Ara (2013) menilai kerentanan penduduk di Bangladesh pada hari kerja pada siang (pukul 14.00-16.00) dan malam hari (pukul 20.00-22.00). Penduduk merupakan prioritas utama dalam penanganan segala kondisi bencana. Oleh karena itu, perlu dilakukan penelitian yang mengkaji kerentanan sosial terhadap gempa bumi secara spasial yaitu pada setiap unit rumah dan temporal pada pagi, siang, sore dan malam hari. Penelitian ini dilakukan berdasarkan dari aktivitas dan mata pencaharian dari penduduk. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis tingkat kerentanan sosial pada setiap tapak bangunan dan mengkaji dinamika penduduk pada pagi, siang, sore, dan malam hari.

**METODE**

Penelitian kerentanan sosial dilakukan di Dusun Joho, Desa Jambidan, Kecamatan Banguntapan, Kabupaten Bantul. Unit analisis yang digunakan dalam penelitian ini adalah unit rumah. Lokasi penelitian dapat dilihat pada **Gambar 1**. Pemilahan data penduduk telah dilakukan kemudian ditabulasikan dan disajikan dalam bentuk peta, tabel, dan diagram menggunakan MS. Excel 2013 dan ArcGIS 10.2. Pembobotan parameter kerentanan sosial terhadap gempa bumi melalui pendapat tokoh desa dilakukan dengan menggunakan metode AHP.



**Gambar 1.** Citra lokasi penelitian.

Teknik pengumpulan data berupa sensus data kartu keluarga. Oleh karena data kartu keluarga tidak tersedia secara publik, maka perlu dilakukan pemilahan data. Data kartu keluarga yang diperoleh dari 9 (sembilan) RT (rukun tetangga) telah dipilah berdasarkan informasi berupa nama kepala keluarga, jumlah anggota keluarga, jenis kelamin, kelas usia rentan, dan jenis pekerjaan. Wawancara secara mendalam (*in depth interviews*) dilakukan untuk menggali informasi kepada tokoh masyarakat yang berkompeten dan dinilai memiliki pengetahuan lokal, untuk melakukan delineasi batas dusun dan interpretasi citra. Data informasi titik lokasi rumah didapatkan dari pemetaan partisipatif.

Metode pemetaan partisipatif oleh tokoh kunci (*keyperson*) yang memiliki pengetahuan mengenai lokasi penelitian (*local knowledge*) dilakukan untuk membantu dalam memetakan lokasi rumah. Tokoh kunci dalam hal ini dilakukan oleh kepala desa dan ketua RT. Delineasi batas dusun dilakukan oleh kepala dusun yang memiliki pengetahuan batas wilayah menggunakan citra Quickbird. Interpretasi citra Quickbird berupa identifikasi tapak bangunan dilakukan menggunakan skala 1:5.000. Interpretasi citra dilakukan berdasarkan data penduduk pada tiap rumah dapat dilihat pada **Gambar 2**.



**Gambar 2.** Hasil digitasi tapak bangunan.

Sebanyak 354 rumah telah teridentifikasi dari citra Quickbird. Data berupa peta citra yang telah didigitasi berupa poligon tapak bangunan kemudian ditandai dengan kode rumah untuk memudahkan

dalam memasukan data atribut. Kegiatan survei lapangan dilakukan untuk memverifikasi hasil interpretasi tapak bangunan dengan keadaan sebenarnya di lapangan.

Metode analisis multikriteria untuk menghasilkan bobot dari tiap parameter menggunakan AHP (*Analitycal Hierarchy Process*). Metode perbandingan berpasangan dikembangkan oleh Saaty (1990), untuk membantu para pengambil keputusan dalam menentukan tingkat kepentingan (*importance*) suatu kriteria relatif terhadap kriteria lain dapat dinyatakan dengan jelas. Kriteria dalam pengambilan keputusan dalam AHP dilakukan berdasarkan pengetahuan tokoh desa. Langkah awal dalam proses perhitungan bobot AHP adalah menyatukan pendapat dari beberapa kuisisioner, kuesioner yang diisi oleh para responden kemudian disatukan menggunakan **Persamaan 1**. Rata-rata geometri:

$$GM = \sqrt[n]{(X1)(X2) \dots (Xn)} \dots \dots \dots (1)$$

di mana :

GM = Geometric Mean

X1 = Pakar ke-1

X2 = Pakar ke-2

Xn = Pakar ke-n

Teknik perbandingan berpasangan *AHP* berdasarkan pendapat dari *key person* (tokoh kunci) di Dusun Joho. Wawancara tokoh desa dengan 4 (empat) tokoh desa yaitu, Kepala Dusun Joho, Kepala Dusun Pamotan, Ketua RT 1 dan Ketua RT 2 Dusun Joho. Tahapan analisis multikriteria terdiri dari proses penyusunan pohon masalah dan skenario.

**Penilaian Kerentanan Sosial pada Pagi-Siang Hari dan Sore-Malam Hari**

Dinamika temporal kerentanan sosial diklasifikasikan ke dalam 2 skenario kerentanan

sosial pada pagi dan siang hari kemudian kelas kedua adalah kerentanan sosial pada sore dan malam hari berdasarkan aktivitas penduduk di lokasi penelitian. Penelitian dari Mutaqin, (2011) membagi waktu kerentanan pada hari kerja dan hari libur selanjutnya penelitian oleh Ara (2013) menilai kerentanan penduduk di Bangladesh pada hari kerja pada siang (pukul 14.00-16.00) dan malam hari (pukul 20.00-22.00). Penelitian Li, Su, & Yuan (2015) menganalisis kerusakan pada gempa bumi di China dengan pembagian waktu malam hari pukul (19.00-07.00) sementara siang hari 12 jam dalam sehari.

Penelitian ini membagi waktu kerentanan sosial pada pagi dan siang hari dimulai pada pukul 06.00 WIB hingga 16.00 WIB dan untuk kerentanan sosial pada sore dan malam hari pada pukul 16.00 WIB hingga 06.00 WIB berdasarkan aktivitas masyarakat di Dusun Joho. Berdasarkan wawancara kepada kepala dusun mayoritas penduduk Dusun Joho bekerja sebagai petani dan buruh. Penduduk yang berada di luar rumah adalah penduduk pekerja dan pelajar. Peneliti mengasumsikan pekerja dan pelajar yang memulai aktivitasnya meninggalkan rumah dimulai pada pukul 06.00 dan asumsi waktu terlama untuk kembali ke rumah pada pukul 16.00 WIB.

**Pohon Kriteria**

Langkah awal dalam membuat pohon masalah dengan menentukan bobot terdiri atas tahapan penentuan fokus yaitu untuk mengetahui tingkat kerentanan sosial, menyusun pohon masalah yang terdiri atas kriteria penentu parameter kerentanan sosial (**Tabel 1** dan **Tabel 2**) dan menentukan bobot hasil penjumlahan skor akhir setiap variabel selanjutnya diklasifikasi menjadi 3 kelas, kerentanan tinggi, sedang dan rendah.

**Tabel 1.** Parameter kerentanan sosial.

Parameter	Nilai	Deskripsi
Jumlah Penduduk Wanita	(20)	Apabila jumlah penduduk wanita lebih banyak maka akan semakin rentan. Hal ini didasari dari kondisi fisik wanita dinilai lebih lemah dibandingkan dengan fisik laki-laki saat gempa bumi terjadi.
Jumlah Penduduk Difabel	(20)	Semakin tinggi jumlah penduduk difabel maka berpengaruh terhadap kerentanan sosial. Kondisi fisik pada penduduk difabel berbeda dengan layaknya penduduk normal sehingga kesulitan dalam proses saat gempa bumi terjadi dan pada proses evakuasi.
Jumlah Penduduk Balita	(20)	Semakin tinggi jumlah penduduk balita maka akan semakin rentan. Usia Balita (<5 Tahun) saat terjadi gempa bumi dan pada proses evakuasi, penduduk anak-anak dinilai mempunyai kemampuan yang lebih rendah.
Jumlah Penduduk Lansia	(20)	Semakin tinggi jumlah penduduk lansia maka berpengaruh terhadap kerentanan sosial. Usia lansia (>65 tahun) dinilai memiliki kemampuan yang lebih rendah saat terjadi gempa bumi dan pada proses evakuasi.
Kepadatan Penduduk	(20)	Semakin tinggi tingkat kepadatan penduduk pada luas unit rumah akan sangat berpengaruh terhadap kerentanan sosial.

**Tabel 2.** Parameter kerentanan sosial.

No.	Skala Dusun	Referensi
1.	Kepadatan Penduduk	(Habibi & Buchori, 2013) (Hizbaron, et al., 2015) (Rahman et al, 2015)
2.	Penduduk Balita	(Hizbaron et al., 2012) (Habibi & Buchori, 2013), (Wibowo, 2015) (Rahman et al., 2015)
3.	Penduduk Lansia	(Habibi & Buchori, 2013), (Hizbaron et al., 2012), (Wibowo, 2015), (Hizbaron, et al., 2015), (Rahman et al., 2015)
4.	Penduduk Difabel	(Hizbaron, et al., 2015), (Rahman et al., 2015)
5.	Penduduk Perempuan	(Habibi & Buchori, 2013), (Rahman et al., 2015)

**Standardisasi**

Standardisasi dilakukan untuk menyamakan ukuran data yang bervariasi menjadi memiliki nilai antara 0 sampai 1. Angka kriteria pada proses standardisasi memiliki tujuan untuk mengubah berbagai parameter menjadi unit yang sebanding (Malczewski, 1999). Untuk standardisasi kriteria terdapat beberapa metode dimana salah satunya menggunakan transformasi skala linier (Malczewski, 1999). Kriteria *benefit* digunakan apabila parameter-parameter tersebut memberikan pengaruh yang besar terhadap kerentanan (skor = 1), dan sebaliknya *cost* merupakan parameter yang tidak memberikan pengaruh besar pada kerentanan (skor = 0). Berikut **Persamaan 2** kriteria benefit (Malczewski, 1999).

$$X'_{ij} = \frac{X_{ij}}{X_{i \max}} \dots \dots \dots (2)$$

dimana :  
 X'ij = skor standar untuk objek alternatif dan atribut j  
 Xij = skor baris  
 Xi Max = skor maksimal untuk atribut j

**Pembobotan**

Metode pembobotan perbandingan berpasangan (*pairwise comparison*) yaitu membandingkan faktor-faktor yang dipasangkan berdasarkan pada konsistensi dan selanjutnya memberikan nilai terhadap faktor-faktor tersebut adalah teknik terstruktur untuk mengatur dan menganalisis keputusan kompleks berdasarkan aljabar matriks dan psikologi (Saaty, 1990) Proses pembobotan disajikan pada Pendekatan AHP menggunakan skala mulai dari nilai bobot 1 sampai 9. Nilai bobot 1 menggambarkan “sama penting”. Ini berarti bahwa nilai atribut yang sama skalanya, nilai bobotnya 1, sedangkan nilai bobot 9 menggambarkan kasus atribut yang “penting absolut” dibandingkan dengan yang lainnya. Skala

banding berpasangan dapat dilihat pada **Tabel 3.** Perbandingan normalisasi matriks ditunjukkan oleh **Tabel 4.**

**Tabel 3.** Perhitungan perbandingan berpasangan.

	A	B	C	D	E
<b>Kepadatan Penduduk (A)</b>	1	1	0,2	0,11	0,33
<b>Perempuan (B)</b>	1	1	1	0,33	0,33
<b>Balita (C)</b>	5	1	1	0,14	0,2
<b>Lansia (D)</b>	9	3	7	1	1
<b>Difabel (E)</b>	3	3	5	1	1

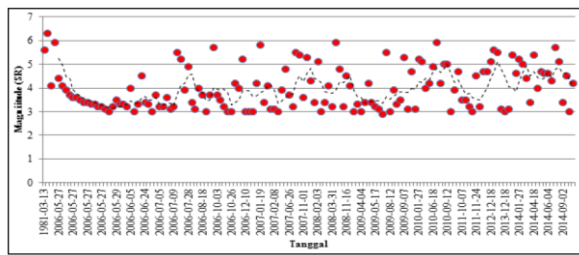
**Skenario**

Hasil penelitian dari Wibowo & Sembri (2016), menunjukkan bahwa sejarah kegempaan Jawa antara tahun 1981 hingga 2014 mencatat Daerah Istimewa Yogyakarta telah dilanda gempa bumi merusak sebanyak 4 (empat) kali dan ratusan gempa bumi terasa. Kecamatan Banguntapan termasuk dalam zona dengan PGA (*Peak Ground Acceleration*) antara 57,7- 91 gal, semakin besar nilai PGA maka memiliki potensi terhadap terjadinya kerusakan, wilayah pada zona >180 gal memiliki potensi kerusakan ringan untuk bangunan dengan konstruksi baik. Bencana gempa bumi merusak dengan skala magnitude tinggi menimbulkan terjadinya kerusakan dan kerugian terjadi pada tahun 1981, 2006 kemudian terjadi dengan skala magnitude sekitar 6 SR pada tahun 2008 dan 2010.

Data terkait kejadian gempa bumi dapat digunakan sebagai acuan untuk menganalisis tingkat kerentanan. Grafik *Moving Average Magnitude* Gempa bumi di Kabupaten Bantul disajikan pada **Gambar 3.** Peneliti memilih magnitudo gempa 6,4 SR untuk skenario terburuk. Hal ini berdasar kepada hasil kajian potensi gempa bumi terbesar yang pernah terjadi pada tanggal 27 Mei 2006 di Kabupaten Bantul.

**Tabel 4.** Perbandingan normalisasi matriks.

	A	B	C	D	E	Average	Consistency
<b>Kepadatan Penduduk (A)</b>	0,05	0,11	0,01	0,04	0,12	0,067	4,991
<b>Perempuan (B)</b>	0,05	0,11	0,07	0,13	0,12	0,096	5,405
<b>Balita (C)</b>	0,26	0,11	0,07	0,06	0,07	0,114	5,863
<b>Lansia (D)</b>	0,48	0,33	0,5	0,39	0,35	0,407	5,931
<b>Difabel(E)</b>	0,16	0,33	0,4	0,39	0,35	0,316	5,644



Sumber: Wibowo & Sembri (2016)

**Gambar 3.** Grafik *moving average magnitude* gempa bumi terasa di Kabupaten Bantul.

*Penilaian Kerentanan Sosial terhadap Gempa Bumi*

Penelitian ini dilakukan pada skala dusun untuk mendapatkan informasi secara detail. Parameter kerentanan sosial digunakan untuk menilai kerentanan penduduk di dalam bangunan rumah mencakup kepadatan penduduk, penduduk wanita, lansia, balita, dan difabel di dalam bangunan rumah. Analisis data penduduk dikombinasikan dengan data hasil wawancara secara mendalam terkait aktivitas dan jenis mata pencaharian penduduk maupun informasi tentang pusat-pusat keramaian yang ada di wilayah Dusun Joho. Hasil wawancara diperoleh informasi mengenai lokasi rumah dan penduduk yang bekerja pada sektor tertentu setiap rumah selama pagi hari, siang hari, sore hari, dan malam hari.

Faktor pembobotan juga ditentukan secara terpisah untuk kegiatan pagi dan siang hari selanjutnya sore hari dan malam hari, kegiatan penduduk sangatlah dinamis karena adanya aktivitas penduduk pada wilayah industri, kantor, sekolah, permukiman. Contoh kasus pada lokasi taman kanak-kanak, jumlah penduduk rentan balita yang tinggi selama siang hari kemudian akan berkurang secara signifikan pada malam hari.

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

Hasil dari perhitungan rata-rata skor normalisasi matrik menggunakan metode AHP pada **Tabel 5** menunjukkan bahwa bobot rata-rata tertinggi pada parameter kerentanan sosial sebesar 41% yaitu kerentanan pada penduduk lansia kemudian yang kedua terletak pada difabel mencapai 32%, sedangkan yang terendah adalah pada kepadatan penduduk sebesar 7%. Penduduk usia lansia yang berada di Dusun Joho pada umumnya masih bekerja pada sektor pertanian dan industri batu bata.

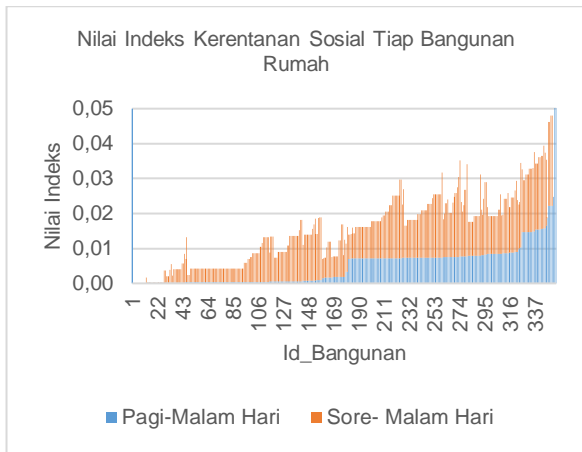
Sebanding dengan penelitian sebelumnya oleh Frazier, Thompson, & Dezzani (2014) pada skala

kabupaten, berdasarkan pembobotan yang telah dilakukan oleh Tokoh Desa di Dusun Joho menunjukkan hasil kerentanan sosial tertinggi terdapat pada penduduk usia lansia. Namun, terdapat perbedaan bobot pada parameter kerentanan sosial kedua dari penelitian sebelumnya, pada tingkatan kerentanan sosial tertinggi yang kedua terjadi pada kerentanan usia balita sedangkan untuk hasil penelitian ini menunjukkan bahwa tingkat kerentanan sosial tertinggi kedua terdapat pada penduduk difabel. Hal ini terkait dengan upaya penyelamatan diri pada saat bencana gempa bumi terjadi. Dalam penelitian ini penduduk balita diasumsikan selalu berada pada pengawasan orang tua ataupun pengasuh. Berbeda dengan penelitian sebelumnya oleh Wibowo (2015) yang meletakkan urutan kepentingan difabel pada posisi paling atas dibandingkan dengan ibu hamil, balita, penduduk miskin, kepadatan penduduk, serta lansia. Kerentanan tersebut didasarkan pada kemampuan saat evakuasi dalam keadaan bencana, ketergantungan terhadap orang lain, kurang resisten terhadap penyakit dan pemulihan setelah bencana.

Penelitian Hizbaron et al., (2015) menyebutkan bahwa faktor yang mempengaruhi kerentanan sosial merupakan faktor demografi, di antaranya jumlah penduduk, kepadatan penduduk dan distribusi penduduk berdasarkan usia. Hasil dari analisis terhadap data kartu keluarga dan interpretasi citra (ketua RT) menunjukkan bahwa secara spasial, kerentanan sosial tertinggi pada rumah yang memiliki kepadatan penduduk tinggi, maka semakin banyak anggota keluarga dan semakin kecil luasan dalam satu rumah maka semakin berpengaruh terhadap tingkat kerentanannya. Penelitian ini mendukung penelitian sebelumnya oleh Rudiarto, Pamungkas, Annisa, & Adam (2016) dan Setyaningrum et al., (2017) bahwa parameter yang menyebabkan tingginya tingkat kerentanan sosial di antaranya kepadatan bangunan yang tinggi dan jumlah penduduk usia non-produktif yang banyak. Pada **Gambar 4** Tingkat kerentanan sosial tertinggi dengan jumlah luas bangunan rumah yang sempit. Hal ini atas dasar asumsi bahwa pola kepadatan penduduk memusat pada wilayah dengan kepadatan bangunan yang tinggi. Rumah dengan luasan yang kecil maka memiliki peluang tinggi akan jatuhnya korban jiwa maupun harta benda ditambah dengan sulitnya proses evakuasi yang membutuhkan waktu lebih lama.

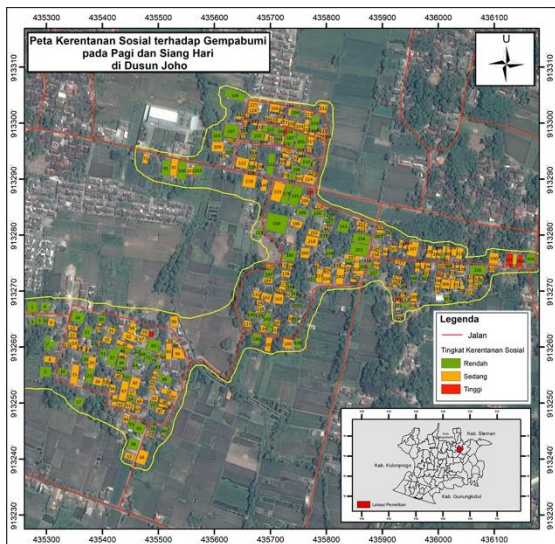
**Tabel 5.** Perbandingan normalisasi matriks.

	KP	P	B	L	D	Average
Kepadatan Penduduk	0,05	0,11	0,01	0,04	0,12	0,067
Perempuan	0,05	0,11	0,07	0,13	0,12	0,096
Balita	0,26	0,11	0,07	0,06	0,07	0,114
Lansia	0,48	0,33	0,5	0,39	0,35	0,407
Difabel	0,16	0,33	0,4	0,39	0,35	0,316
Total	1	1	1	1	1	



**Gambar 4.** Perbandingan nilai indeks pada tiap bangunan.

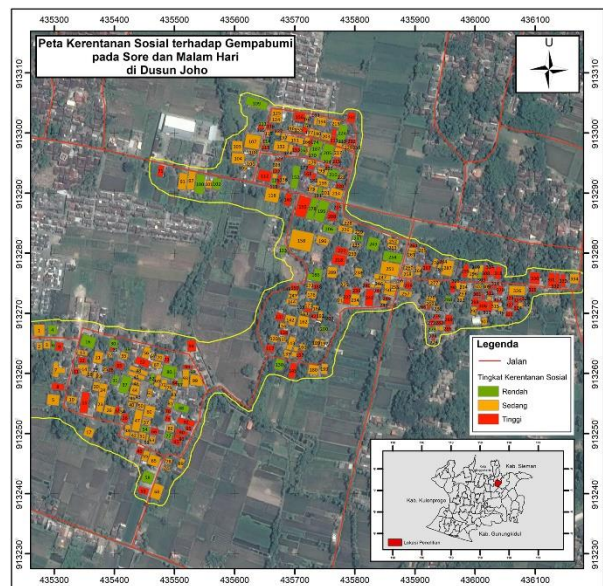
Hasil penelitian Naima et al., (2015) menyebutkan bahwa bangunan dengan pola tidak teratur baik dalam ketinggian dan perencanaan lebih rentan terhadap gempa daripada bangunan dengan bentuk teratur. Bangunan rumah dengan pola teratur pada umumnya berbentuk persegi panjang atau persegi sedangkan, bentuk bangunan tidak beraturan berbentuk L atau berbentuk T. Berdasarkan peta kerentanan sosial Dusun Joho (**Gambar 5**) dapat dilihat bahwa beberapa bangunan memiliki pola yang tidak teratur hal ini sering kita jumpai pola permukiman di wilayah pedesaan. Kondisi seperti ini akan meningkatkan tingkat kerentanan bagi penduduk yang berada di dalam bangunan tersebut.



**Gambar 5.** Peta kerentanan sosial pada pagi sampai siang hari.

Berdasarkan peta kerentanan sosial pada pagi dan siang hari yang disajikan pada **Gambar 5** terdapat rumah dengan kerentanan rendah sebanyak 126 rumah, kerentanan sedang sebanyak 205 rumah dan kerentanan tinggi mencapai 23 rumah. Peta kerentanan sosial pada sore dan malam hari (**Gambar 6**) menunjukkan bahwa rumah dengan kerentanan rendah sebanyak 37 rumah, kerentanan sedang sebanyak

138 rumah, dan kerentanan tinggi mencapai 179 rumah (**Tabel 6**).



**Gambar 6.** Peta kerentanan sosial pada sore sampai malam hari.

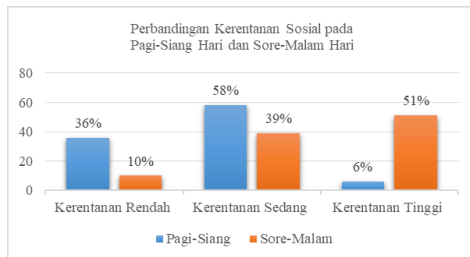
**Tabel 6.** Jumlah rumah pada tingkat kerentanan sosial.

	Rendah	Sedang	Tinggi
<b>Pagi-Siang</b>	126 Rumah	205 Rumah	23 Rumah
<b>Sore-Malam</b>	37 Rumah	138 Rumah	179 Rumah

Hasil penelitian kerentanan sosial menunjukkan bahwa kerentanan rendah terjadi pada waktu pagi dan siang hari yaitu sekitar 36%. Hal ini dikarenakan penduduk melakukan aktivitasnya di luar rumah sebagai pekerja dengan mata pencaharian sebagai buruh, petani, wiraswasta, karyawan swasta, pegawai negeri sipil (PNS), guru, perangkat desa, kepolisian, TNI, dan pelajar sedangkan sebagian penduduk balita, penduduk yang tidak bekerja, serta pensiunan berada di rumah. Sebanding dengan hasil penelitian Li et al (2015) korban akibat gempa bumi cenderung terjadi pada saat malam hari. Penelitian oleh Mutaqin (2011) menunjukkan bahwa pusat aktivitas penduduk pada siang hari terdapat di kawasan pendidikan, perdagangan, dan perkantoran. Berbeda dengan siang, pada malam hari terdapat di permukiman, alun-alun, dan pantai. Kerentanan sosial tinggi di Dusun Joho sebanyak 6% terjadi pada pagi dan siang hari di pada kawasan pendidikan.

Terdapat 2 (dua) Taman Kanak-kanak di lokasi penelitian dengan parameter jumlah penduduk rentan yaitu balita. Kerentanan sosial tinggi pada sore dan malam hari sebesar 51% dimana seluruh anggota keluarga yaitu penduduk balita, penduduk lansia, penduduk perempuan, penduduk difabel, penduduk pelajar, dan pekerja beristirahat di rumah setelah melakukan aktivitasnya di luar rumah dari pagi hingga sore hari. Diagram perbandingan kerentanan sosial

berdasarkan pembagian waktu pagi, siang, sore dan malam hari pada **Gambar 7** dengan kelas rendah pada waktu pagi dan siang hari mencapai 36% sedangkan pada kelas sedang mencapai 58%. Peningkatan kerentanan tinggi terjadi pada waktu pagi dan siang dari 6% meningkat mencapai 51% pada waktu sore dan malam hari. Hal ini menunjukkan pada saat pagi dan siang hari penduduk dikategorikan aman apabila terdapat bencana gempa bumi karena mayoritas penduduk melakukan aktivitas di luar bangunan rumah.



**Gambar 7.** Diagram perbandingan kerentanan sosial pagi-siang dan sore-malam hari.

Meningkatnya perkembangan wilayah harus didukung dengan penataan wilayah serta jalur evakuasi bencana mengingat lokasi Dusun Joho yang terdampak parah terkena bencana gempa bumi. Wilayah penelitian Dusun Joho masih terdapat pengaruh dari pedesaan yang sangat erat dengan pertanian, masyarakat biasa tinggal di daerah pertanian untuk bertahan hidup dengan menghasilkan pendapatan dari bertani di ladang atau sawah. Berdasarkan analisis data yang telah dilakukan, kemudian dilakukan proses pembuatan peta yang disajikan dengan skala 1:5.000. Peta yang ditampilkan dalam penelitian ini di antaranya adalah peta kelas indeks kerentanan sosial pada pagi sampai siang hari dan peta kelas indeks kerentanan sosial pada sore sampai malam hari.

Kemajuan teknologi berkembang pesat dan kebutuhan akan peta digital semakin meningkat. Untuk itu diperlukan peta digital dengan tampilan data yang lebih menarik, informatif, dan mudah diakses. Aplikasi internet yang sesuai adalah sebuah aplikasi portal pemetaan berbasis web. Kemudahan dalam akses internet membantu menyampaikan informasi terkait bencana gempa bumi kepada masyarakat di Dusun Joho. Peta dusun dalam aplikasi ini memiliki unsur titik koordinat rumah dan segala informasi mengenai anggota keluarga dalam satu rumah. Aplikasi ini menjadi salah satu teknologi yang dapat memfasilitasi upaya untuk pengurangan risiko bahaya bencana gempa bumi seperti pendataan jumlah penduduk dan penduduk dengan prioritas tertinggi untuk diselamatkan saat gempa bumi.

Penelitian ini menyajikan data spasial ke dalam sistem informasi berupa peta interaktif dengan menu pendukung yang dapat menampilkan dan menyembunyikan objek-objek yang sekiranya diperlukan untuk mempermudah pemahaman bagi pengguna. Hasil akhir penelitian ini berupa aplikasi peta interaktif berbasis flash.

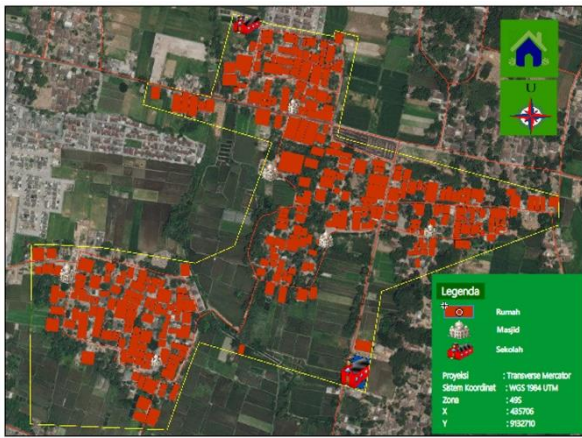
Software *Macromedia Flash 8* digunakan untuk merancang desain dan tampilan aplikasi dengan bahasa pemrograman *action script 2.0*. Format file yang digunakan adalah file *.fla*. Peta digital dinilai memiliki tampilan yang menarik, informatif dan mudah dipahami.



**Gambar 8.** Tampilan halaman menu.

**Gambar 8** mengilustrasikan tampilan menu utama pada peta interaktif kerentanan sosial. Hasil aplikasi diperoleh dengan partisipasi dari warga yang memiliki pengetahuan lokal berupa unit rumah dinilai lebih unggul dibandingkan dengan menggunakan data yang pada umumnya dapat diakses secara publik yang tingkat kebenarannya belum terverifikasi. Hal ini terkait dengan pengetahuan penduduk lokal dikaji secara terstruktur dan spesifik pada lokasi penelitian tertentu.

Sebanding dengan Zolkafli, Liu, & Brown, (2017) yang mengatakan bahwa PGIS dapat bermanfaat sebagai mekanisme partisipasi, terutama di tahap awal proses persiapan rencana lokal. Aplikasi ini dapat dimanfaatkan oleh tokoh desa di Dusun Joho sebagai basis data digital berupa pendataan penduduk. Selain itu, aplikasi ini juga penting dalam persiapan perencanaan penyelamatan bencana gempa bumi untuk memudahkan dalam fokus penduduk yang diutamakan dalam penyelamatan bencana gempa bumi (**Gambar 9**). Penggunaan jangka panjang aplikasi ini dapat memberikan contoh perancangan aplikasi kepada wilayah lain untuk menyediakan data agar mudah diakses bagi pemerintah dengan area cakupan yang lebih besar berupa teknologi pengumpulan data penduduk untuk *rapid assessment* (pendugaan/penilaian cepat) guna mendapatkan data secara cepat dan akurat. Data penduduk yang ditampilkan sangat sensitif demi alasan keamanan, oleh sebab itu aplikasi ini hanya dapat diakses untuk kalangan pemerintah.



Gambar 9. Tampilan halaman peta.

## KESIMPULAN

Parameter kerentanan sosial tertinggi terjadi pada penduduk usia lansia. Hasil analisis data yang dilakukan mengindikasikan bahwa semakin tinggi kepadatan bangunan dengan luas lahan yang sempit, maka akan mempengaruhi tingkat kerentanan sosialnya. Rumusan kesimpulan dari riset ini adalah wilayah dengan kepadatan bangunan yang semakin tinggi akan memiliki kecenderungan tingkat kerentanan sosial yang juga semakin tinggi.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Bpk. Miarto selaku Kepala Dusun Joho atas kemudahan akses data penduduk dan membantu dalam pelaksanaan survei lapangan.

## DAFTAR PUSTAKA

Ara, S. (2013). *Analyzing population distribution and its effect on earthquake loss estimation in Sylhet, Bangladesh*. University of Twente Faculty of Geo-Information and Earth Observation (ITC).

Cutter, S. L., & Finch, C. (2008). Temporal and spatial changes in social vulnerability to natural hazards. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 105(7), 2301–2306. <http://doi.org/10.1073/pnas.0710375105>

Frazier, T. G., Thompson, C. M., & Dezzani, R. J. (2014). A framework for the development of the SERV model: A Spatially Explicit Resilience-Vulnerability model. *Applied Geography*, 51, 158–172. <http://doi.org/10.1016/j.apgeog.2014.04.004>

Frigerio, I., Ventura, S., Strigaro, D., Mattavelli, M., De Amicis, M., Mugnano, S., & Bof, M. (2016). A GIS-based approach to identify the spatial variability of social vulnerability to seismic hazard in Italy, 74, 12–22. <http://doi.org/10.1016/j.apgeog.2016.06.014>

Giyarsih, S. R. (2001). Gejala Urban Sprawl Sebagai Pemicu Proses Densifikasi Permukiman di Daerah Pinggiran Kota (Urban Fringe Area). *Jurnal Perencanaan Wilayah Dan Kota*.

Habibi, M., & Buchori, I. (2013). Model Spasial Kerentanan Sosial Ekonomi Dan Kelembagaan Terhadap Bencana Gunung Merapi. *Teknik PWK (Perencanaan Wilayah Kota)*, 2(1), 1–10.

Hizbaron, D. R., Baiquni, M., Sartohadi, J., & Rijanta, R. (2012). Urban Vulnerability in Bantul District, Indonesia—Towards Safer and Sustainable Development. *Sustainability*, 4(9), 2022–2037. <http://doi.org/10.3390/su4092022>

Hizbaron, D. R., Rahmat, P. N., Setyaningrum, A., & Malawani, M. N. (2015). Kajian pola spasial kerentanan sosial, ekonomi dan fisik di wilayah rawan erupsi gunungapi merapi, yogyakarta. *Jurnal Riset Kebencanaan Indonesia*, 1(1), 16–24.

Khomarudin, M. R. (2010). *Tsunami Risk and Vulnerability*. Universität München.

Li, Y. Y., Su, G. F., & Yuan, H. Y. (2015). Statistical Analysis on Earthquake Fatality Vulnerability in China. In *Proceedings of the World Congress on Engineering* (Vol. 2, pp. 3–6).

Mutaqin, B. W. (2011). *Pemodelan Spasio Temporal Sebaran Penduduk untuk Penilaian Risiko Tsunami di Pacitan*. Gadjah Mada University.

Naima, R., A., A. M., & Ishrat, I. (2015). GIS based mapping of vulnerability to earthquake and fire hazard in Dhaka city, Bangladesh. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 13, 291–300. <http://doi.org/10.1016/j.ijdr.2015.07.003>

Rudiarto, I., Pamungkas, D., Annisa, H., & Adam, K. (2016). Kerentanan Sosio-Ekonomi terhadap Paparan Bencana Banjir dan Rob di Pedesaan Pesisir Kabupaten Demak. *Jurnal Wilayah Dan Lingkungan*, 4(3), 153–170. <http://doi.org/10.14710/jwl.4.3.151-170>

Saaty, T. . (1990). How to make a decision: the analytic hierarchy process. *European Journal of Operational Research*, 48(1), 9–26. [http://doi.org/10.1016/0377-2217\(90\)90057-1](http://doi.org/10.1016/0377-2217(90)90057-1)

Setyaningrum, A., Hizbaron, D. R., & Marfai, M. A. (2017). Kerentanan Sosial Terhadap Banjir Di Bantaran Sungai Bengawan Solo Pasca Relokasi Mandiri. *Majalah Ilmiah Globe*, 19(2), 105–112. <http://doi.org/10.24895/mig.2017.19-2.467>

Sofan, P., & Yulianto, F. (2014). *Analisis Resiko Gunung Api Merapi Berdasarkan Data Penginderaan Jauh dan Sistem Informasi Geografis. Bunga Rampai Pemanfaatan Data Penginderaan Jauh untuk Mitigasi Bencana*. Jakarta: Maxymum.

Tiyansyah, A. F., Setiawan, M. A., Mei, E. T. W., & Sudibyakto. (2017). Analisis Spasial Tingkat Kerentanan Wilayah di Kawasan Rawan Bencana Piroklastik Gunungapi Kelud. *Jurnal Dialog Penanggulangan Bencana*, 8(2), 101–111.

Wibowo, N. B., & Sembri, J. N. (2016). Analisis Peak Ground Acceleration (PGA) dan Intensitas Gempabumi berdasarkan Data Gempabumi Terasa Tahun 1981 - 2014 di Kabupaten Bantul Yogyakarta. *Indonesian Journal of Applied Physics*, 6(01), 65–72. <http://doi.org/10.13057/ijap.v6i01.1804>

Wibowo, T. W., Putri, E. A. W., & Loekman, H. Y. (2015). Evaluasi Multi-Kriteria Keruangan untuk Pemetaan Kerentanan terhadap Bahaya Tsunami di Pesisir Kabupaten Bantul. In *Prosiding Seminar Nasional Geografi UMS* (pp. 343–355). Solo. <http://doi.org/10.13140/RG.2.1.5152.2723>

Zolkafli, A., Liu, Y., & Brown, G. (2017). Bridging the knowledge divide between public and experts using PGIS for land use planning in Malaysia Bridging the knowledge divide between public and experts using PGIS for land use planning in Malaysia. *Applied Geography*, 83, 107–117. <http://doi.org/10.1016/j.apgeog.2017.03.013>