

Pemetaan Risiko Gempa Bumi Berbasis Sistem Informasi Geografis dan *Analytic Hierarchy Process (AHP)* (Studi Kasus: Kota Banda Aceh)

Ayuli Serlia, Agung Budi Cahyono, dan Hepi Hapsari Handayani
Departemen Teknik Geomatika, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)
e-mail: agungbc@geodesy.its.ac.id

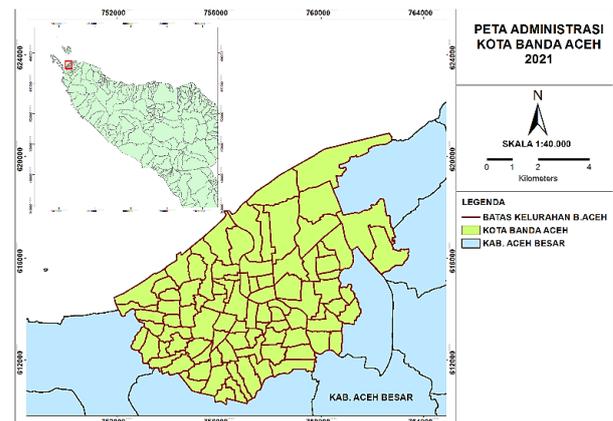
Abstrak—Kota Banda Aceh merupakan wilayah yang rawan mengalami kerusakan akibat gempa bumi. Peran Kota Banda Aceh selaku ibukota dan pusat kegiatan provinsi menjadikan kegiatan peninjauan risiko bencana gempa bumi penting dilakukan. Pemetaan risiko gempa bumi dengan memanfaatkan Sistem Informasi Geografis (SIG) dan *Analytic Hierarchy Process (AHP)* dapat menunjang peninjauan risiko bencana. Adapun metode yang digunakan pada penelitian ini mencakup SIG untuk proses pengolahan data geospasial parameter risiko gempa bumi dan AHP digunakan untuk penentuan bobot masing-masing parameter. Terdapat tiga aspek utama yang ditinjau untuk memperoleh indeks risiko gempa bumi, yaitu indeks bahaya, indeks kerentanan, dan indeks kapasitas. Hasil pengolahan parameter gempa bumi menggunakan SIG dan AHP menghasilkan Peta Bahaya Gempa Bumi, Peta Kerentanan Gempa Bumi, serta Peta Kapasitas Gempa Bumi. Dari ketiga peta ini, dilakukan proses *overlay* atau penampalan peta yang menghasilkan Peta Risiko Gempa Bumi. Informasi yang disajikan terdiri dari tiga kelas, yaitu risiko rendah, risiko sedang, dan risiko tinggi per wilayah kelurahan di Kota Banda Aceh. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa Kota Banda Aceh memiliki 21 kelurahan berisiko tinggi (23,33%) dengan luas wilayah 2.133,755 hektar, 57 kelurahan berisiko sedang (63,33%) dengan luas wilayah 3.265,166 hektar, dan 12 kelurahan berisiko rendah (13,33%) dengan luas wilayah 598,798 hektar.

Kata Kunci—*Analytic Hierarchy Process*, Gempa Bumi, Peta Risiko, Sistem Informasi Geografis.

I. PENDAHULUAN

BENCANA alam geologis merupakan salah satu jenis bencana yang paling sering terjadi di Indonesia, termasuk diantaranya adalah gempa bumi [1]. Banda Aceh selaku ibukota Provinsi Aceh termasuk dalam wilayah yang berpotensi mengalami kerusakan besar akibat gempa bumi [2]. Secara historis, tercatat bahwa Banda Aceh telah beberapa kali mengalami gempa bumi dengan kekuatan yang tergolong signifikan, yaitu lebih dari 5,5 Mw. Selain itu, Banda Aceh juga diapit oleh dua patahan aktif, yakni Patahan Segmen Aceh dan Patahan Segmen Seulimum yang diprediksi dapat menghasilkan gempa dengan kekuatan lebih dari 7 Mw di masa mendatang [3].

Pelaksanaan pemetaan risiko bencana oleh Pemerintah merupakan bagian dari kegiatan pengkajian risiko bencana yang melibatkan tiga indeks risiko bencana, yaitu ancaman atau bahaya, kerentanan, dan kapasitas [4]. Pada pemetaan risiko gempa bumi untuk kawasan Kota Banda Aceh, pemetaan indeks bahaya disusun berdasarkan indikator seismik dan lingkungan, pemetaan indeks kerentanan disusun berdasarkan indikator sosial dan ekonomi, serta pemetaan



Gambar 1. Lokasi penelitian.

indeks kapasitas disusun berdasarkan indikator fisik, lembaga, dan sosial.

Penelitian ini memanfaatkan Sistem Informasi Geografis (SIG) untuk proses analisis spasial data parameter serta metode *Analytic Hierarchy Process (AHP)* berdasarkan *expert judgment* untuk penentuan bobot setiap parameter risiko gempa bumi. Pengolahan data dilakukan dengan berbasis vektor dengan unit terkecil berupa wilayah kelurahan di Kota Banda Aceh. Penelitian ini bertujuan menghasilkan informasi terkait Peta Bahaya, Peta Kerentanan, Peta Kapasitas, serta Peta Risiko Gempa Bumi.

II. METODOLOGI PENELITIAN

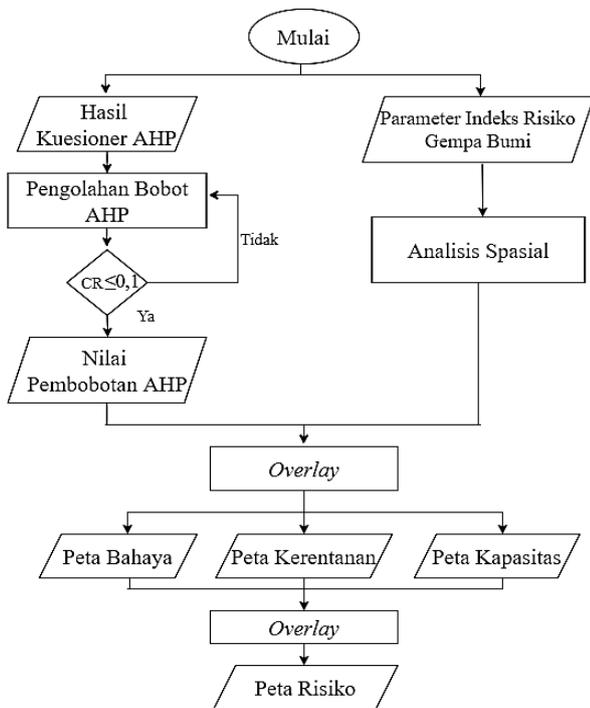
A. Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian dari studi ini adalah Kota Banda Aceh yang terletak di Provinsi Aceh. Wilayah administratif Kota Banda Aceh tertera pada Gambar 1.

B. Data dan Peralatan

Data yang digunakan adalah sebagai berikut:

1. Data riwayat gempa bumi wilayah Kota Banda Aceh dan sekitarnya oleh USGS tahun 1970 – April 2021 dalam format tabel Microsoft Excel (*.csv)
2. Peta Geologi lembar Kota Banda Aceh tahun 2005 skala 1:50.000 oleh Kementerian ESDM
3. Peta Faktor Amplifikasi Kota Banda Aceh tahun 2020 skala 1:40.000 oleh TDMRC
4. Data *Digital Elevation Model (DEM)* wilayah Kota Banda Aceh oleh DEMNAS tahun 2018 dengan resolusi spasial 8 meter x 8 meter
5. Peta vektor RTRW Kota Banda Aceh tahun 2009 – 2029 skala 1:40.000 oleh BAPPEDA Banda Aceh



Gambar 2. Diagram alir pengolahan data.

6. Data tabular sosial-ekonomi penduduk Kota Banda Aceh oleh BPS Kota Banda Aceh tahun 2020
 7. Data wawancara dan pengisian kuesioner AHP dengan 3 instansi, yaitu Badan Penanggulangan Bencana Aceh (BPBA), *Tsunami and Disaster Mitigation and Research Center (TDMRC)*, dan Stasiun Geofisika Aceh Besar
- Peralatan penelitian ini mencakup aplikasi ArcGIS Desktop 10.5, aplikasi Expert Choice 11, aplikasi Microsoft Excel.

C. Tahap Pengolahan Data

Tahapan pengolahan data pada penelitian ini tertera pada Gambar 2. Adapun penjelasan tahapan pengolahan data yang dilakukan adalah sebagai berikut:

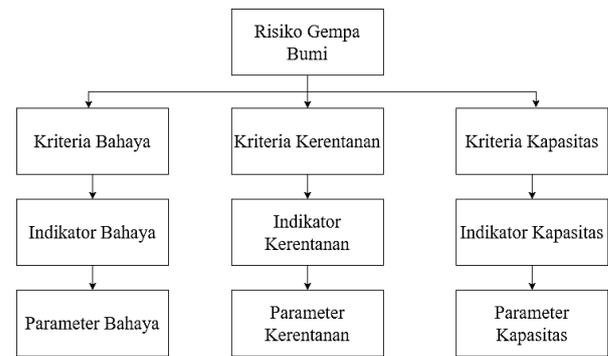
1. Melakukan pengolahan hasil kuesioner AHP dengan ketentuan nilai *Consistency Ratio (CR)* $\leq 0,1$. Hasil yang diperoleh adalah berupa nilai pembobotan AHP untuk parameter indeks risiko gempa bumi.
2. Melakukan proses analisis spasial terhadap setiap data parameter indeks risiko bencana dengan menggunakan metode dan pemberian skor yang sudah ditentukan.
3. Melakukan penampalan (*overlay*) parameter indeks risiko gempa bumi menggunakan nilai pembobotan AHP untuk menghasilkan tiga peta penyusun indeks risiko gempa bumi, yaitu Peta Bahaya, Peta Kerentanan, dan Peta Kapasitas.
4. Melakukan *overlay* ketiga peta penyusun indeks risiko menggunakan bobot AHP untuk menghasilkan Peta Risiko.

D. Pengolahan Metode AHP

Data yang digunakan merupakan hasil wawancara dan pengisian kuesioner dengan instansi yang berwenang. Tujuan akhir dari pengolahan metode AHP adalah untuk menentukan bobot setiap parameter dari indeks risiko bencana. Adapun langkah yang dilakukan adalah sebagai berikut:

1) Penyusunan Parameter

Penyusunan parameter dilakukan berdasarkan tiga indeks



Gambar 3. Diagram hierarki AHP.

utama risiko gempa bumi, yaitu indeks bahaya, indeks kerentanan, dan indeks kapasitas. Kemudian parameter-parameter tersebut disusun menjadi suatu hierarki AHP sebagaimana pada Gambar 3.

Gambar 3 menunjukkan bahwa tujuan (*goal*) dari penyusunan diagram hierarki AHP ini adalah untuk memperoleh nilai bobot untuk penentuan risiko gempa bumi. Diagram ini memiliki 3 tingkat hierarki dengan rincian sebagai berikut:

1. Tingkat hierarki 1 terdiri dari kriteria utama yang digunakan dalam penentuan risiko gempa bumi, yaitu kriteria bahaya, kriteria kerentanan, dan kriteria kapasitas.
2. Tingkat hierarki 2 terdiri dari subkriteria pertama dari setiap kriteria yang disebut juga dengan indikator. Setiap kriteria memiliki indikator tersendiri, yaitu kriteria bahaya memiliki indikator seismik dan indikator lingkungan, kriteria kerentanan memiliki indikator sosial dan indikator ekonomi, serta kriteria kapasitas memiliki indikator fisik, indikator lembaga, dan indikator sosial.
3. Tingkat hierarki 3 terdiri kumpulan parameter dari setiap indikator yang ada. Kumpulan parameter ini juga dikenal dengan subkriteria kedua diagram AHP. Adapun parameter-parameter yang digunakan adalah sebagai berikut:

Pertama yaitu indeks bahaya, pada indeks bahaya, indikator seismik terdiri dari parameter magnitudo, kedalaman, dan episentrum. Sementara itu, indikator lingkungan terdiri dari parameter litologi, kelerengan, dan jarak dari sesar aktif. Kedua, indeks kerentanan. Pada indeks kerentanan, indikator sosial terdiri dari parameter kepadatan penduduk, rasio jenis kelamin, rasio penduduk cacat, dan rasio kelompok umur rentan. Sementara itu, indikator ekonomi terdiri dari parameter rasio penduduk miskin dan kawasan budidaya.

Ketiga yaitu indeks kapasitas. Pada indeks kapasitas, indikator fisik terdiri dari parameter fasilitas kesehatan, fasilitas umum, dan jarak dari jalan raya. Indikator lembaga terdiri dari parameter tenaga kesehatan dan lembaga penanggulangan bencana. Sementara itu, indikator sosial terdiri dari parameter komunitas masyarakat dan perguruan tinggi.

2) Perhitungan Bobot Parameter

Proses perhitungan bobot setiap parameter dilakukan berdasarkan hierarki yang sudah disusun menggunakan sistem perhitungan AHP yang sudah terintegrasi dalam aplikasi Expert Choice. Nilai-nilai yang dimasukkan adalah hasil kuesioner yang telah diperoleh sebelumnya. Adapun

Tabel 1.
Nilai pembobotan metode AHP

No	Keterangan	Bobot	CR
1	Kriteria Bahaya	0,343	
2	Kriteria Kerentanan	0,230	
3	Kriteria Kapasitas	0,427	
	Jumlah	1,000	0,00097
1	Indikator Seismik Bahaya	0,768	
2	Indikator Lingkungan Bahaya	0,232	
	Jumlah	1,000	0,00000
1	Indikator Sosial Kerentanan	0,724	
2	Indikator Ekonomi Kerentanan	0,276	
	Jumlah	1,000	0,00000
1	Indikator Fisik Kapasitas	0,455	
2	Indikator Lembaga Kapasitas	0,225	
3	Indikator Sosial Kapasitas	0,320	
	Jumlah	1,000	0,010000
1	Parameter Magnitudo	0,516	
2	Parameter Episentrum	0,218	
3	Parameter Kedalaman	0,266	
	Jumlah	1,000	0,00097
1	Parameter Litologi	0,599	
2	Parameter Kelerengan	0,117	
3	Parameter Jarak Dari Sesar Aktif	0,284	
	Jumlah	1,000	0,00036
1	Parameter Kepadatan Penduduk	0,421	
2	Parameter Rasio Jenis Kelamin	0,121	
3	Parameter Rasio Umur Rentan	0,234	
4	Parameter Rasio Penduduk Cacat	0,223	
	Jumlah	1,000	0,040000
1	Parameter Rasio Penduduk Miskin	0,799	
2	Parameter Kawasan Budidaya	0,201	
	Jumlah	1,000	0,00000
1	Parameter Fasilitas Kesehatan	0,583	
2	Parameter Fasilitas Umum	0,272	
3	Parameter Jarak Dari Jalan Raya	0,145	
	Jumlah	1,000	0,040000
1	Parameter Tenaga Kesehatan	0,591	
2	Parameter Lembaga PB	0,409	
	Jumlah	1,000	0,00000
1	Parameter Komunitas Masyarakat	0,734	
2	Parameter Perguruan Tinggi	0,266	
	Jumlah	1,000	0,00000

hasil pembobotan yang diperoleh harus memenuhi ketentuan nilai CR $\leq 0,1$. Berikut merupakan rangkuman nilai pembobotan dengan metode AHP yang tertera pada Tabel 1.

E. Pengolahan Peta Bahaya

Peta Bahaya Gempa Bumi didapatkan dari hasil *overlay* berbasis bobot AHP dari Peta Indikator Seismik dan Peta Indikator Lingkungan. Kemudian, hasil *overlay* yang diperoleh diklasifikasi menjadi 3 kelas, yaitu bahaya tinggi, sedang, dan rendah. Berikut merupakan penjelasan pengolahan per indikator indeks bahaya:

1) Indikator Seismik

Indikator Seismik terdiri dari 3 parameter, yaitu parameter magnitudo, episenter, dan kedalaman. Data magnitudo gempa bumi >5 Mw serta data kedalaman >20 km diolah dengan metode *buffer* pada jarak 25 km, 30 km, dan 40 km dan kemudian diklasifikasi menjadi 3 kelas. Data episentrum diolah dengan metode *point density* dengan menggunakan radius 100 km dan diklasifikasi menjadi 3 kelas. Per parameter, kelas bahaya tinggi diberi skor 5, bahaya sedang diberi skor 3, dan bahaya rendah diberi skor 1. Peta Indikator Seismik diperoleh dari *overlay* ketiga parameter dengan bobot AHP pada Tabel 1. Hasil *overlay* indikator seismik dibagi menjadi 3 kelas dengan ketentuan kelas bahaya tinggi diberi skor 5, bahaya sedang diberi skor 3, dan bahaya rendah diberi skor 1.

2) Indikator Lingkungan

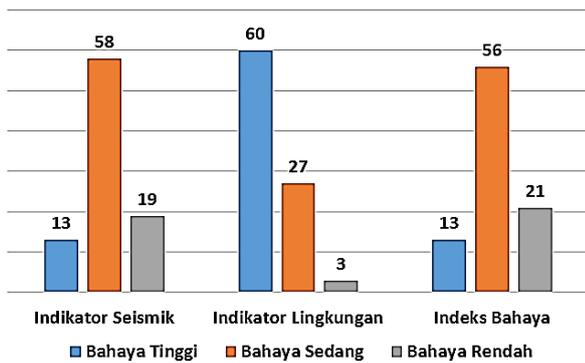
Indikator lingkungan terdiri dari 3 parameter, yaitu parameter litologi, kelerengan, dan jarak dari sesar aktif. Data litologi berupa peta faktor amplifikasi dalam format raster didigitasi menjadi vektor dan diklasifikasi menjadi kelas 3 kelas. Data kelerengan diolah dari data DEM menggunakan *tool slope* dan diklasifikasi menjadi 3 kelas. Sementara itu, jarak dari sesar diperoleh dari *buffer* pada jarak 2 km dan 15 km dari sesar aktif, kemudian diklasifikasi menjadi 3 kelas. Per parameter, kelas bahaya tinggi diberi skor 5, bahaya sedang diberi skor 3, dan bahaya rendah diberi skor 1. Peta Indikator Lingkungan diperoleh dari *overlay* ketiga parameter dengan bobot AHP pada Tabel 1. Hasil *overlay* indikator lingkungan dibagi menjadi 3 kelas dengan ketentuan kelas bahaya tinggi diberi skor 5, bahaya sedang diberi skor 3, dan bahaya rendah diberi skor 1.

F. Pengolahan Peta Kerentanan

Peta Kerentanan Gempa Bumi didapatkan dari hasil *overlay* berbasis bobot AHP dari Peta Indikator Sosial dan Peta Indikator Ekonomi. Kemudian, hasil *overlay* diklasifikasi menjadi 3 kelas, yaitu kerentanan tinggi, sedang, dan rendah. Berikut merupakan penjelasan pengolahan per indikator kerentanan:

1) Indikator Sosial

Indikator Sosial terdiri dari 4 parameter, yaitu parameter



Gambar 4. Grafik perbandingan tingkat bahaya.

Tabel 2.

Tingkat Bahaya Gempa Bumi	Jumlah Kelurahan	Persentase Kelurahan	Luas Kawasan (ha)
Bahaya Tinggi	13	14,44%	1.791,913
Bahaya Sedang	56	62,22%	3.161,751
Bahaya Rendah	21	23,33%	1.044,053
Jumlah	90	100%	5.997,718

kepadatan penduduk, rasio jenis kelamin, rasio kelompok umur rentan, dan rasio penduduk cacat. Adapun data keempat parameter ini disusun dari data tabular menjadi tabel atribut dari data spasial wilayah penelitian dan masing-masing diklasifikasi menjadi 3 kelas. Per parameter, kelas kerentanan tinggi diberi skor 5, kerentanan sedang diberi skor 3, dan kerentanan rendah diberi skor 1. Peta Indikator Sosial diperoleh dari *overlay* keempat parameter dengan bobot AHP pada Tabel 1. Hasil *overlay* indikator sosial dibagi menjadi 3 kelas dengan ketentuan kelas kerentanan tinggi diberi skor 5, kerentanan sedang diberi skor 3, dan kerentanan rendah diberi skor 1.

2) Indikator Ekonomi

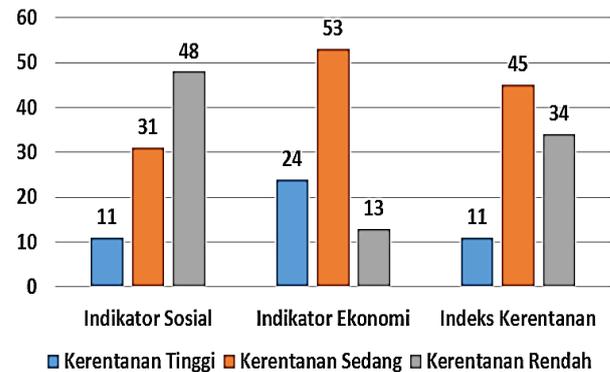
Indikator Ekonomi terdiri dari 2 parameter, yaitu parameter rasio penduduk miskin dan kawasan budidaya. Adapun data parameter rasio penduduk miskin disusun dari data tabular menjadi tabel atribut data spasial wilayah penelitian dan diklasifikasi menjadi 3 kelas. Sementara itu, data vektor kawasan budidaya dikonversi menjadi raster dan dihitung luasannya per wilayah kelurahan menggunakan *zonal statistics* dengan perhitungan *sum* dan diklasifikasi menjadi 3 kelas. Per parameter, kelas kerentanan tinggi diberi skor 5, kerentanan sedang diberi skor 3, dan kerentanan rendah diberi skor 1. Peta Indikator Ekonomi diperoleh dari *overlay* kedua parameter dengan bobot AHP pada Tabel 1. Hasil *overlay* indikator ekonomi dibagi menjadi 3 kelas dengan ketentuan kelas kerentanan tinggi diberi skor 5, kerentanan sedang diberi skor 3, dan kerentanan rendah diberi skor 1.

G. Pengolahan Peta Kapasitas

Peta Kapasitas Gempa Bumi dari hasil *overlay* berbasis bobot AHP dari Peta Indikator Fisik, Peta Indikator Lembaga, dan Peta Indikator Sosial. Kemudian, hasil *overlay* diklasifikasi menjadi 3 kelas, yaitu kapasitas tinggi, sedang, dan rendah. Berikut merupakan penjelasan pengolahan per indikator kapasitas:

1) Indikator Fisik

Indikator Fisik terdiri dari 3 parameter, yaitu parameter fasilitas kesehatan, fasilitas umum, dan jarak dari jalan raya.



Gambar 5. Grafik perbandingan tingkat kerentanan.

Tabel 3.

Tingkat Kerentanan Gempa Bumi	Jumlah Kelurahan	Persentase Kelurahan	Luas Kawasan (ha)
Kerentanan Tinggi	11	12,22%	385,177
Kerentanan Sedang	45	50,00%	3.480,590
Kerentanan Rendah	34	37,78%	2.131,951
Jumlah	90	100%	5.997,718

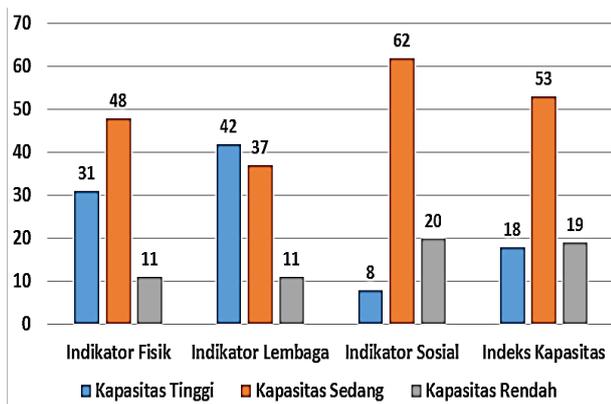
Data fasilitas kesehatan dan fasilitas umum berupa data spasial *point* diolah dengan metode *hotspot clustering* dan diinterpolasikan dengan metode IDW kemudian diklasifikasi menjadi 3 kelas. Adapun parameter jarak dari jalan raya diperoleh dari proses *buffer* pada jarak yang sudah ditentukan untuk akses evakuasi, yaitu 201,5 meter, 660,5 meter, dan 819,5 meter. Per parameter, kelas kapasitas tinggi diberi skor 5, kapasitas sedang diberi skor 3, dan kapasitas rendah diberi skor 1. Peta Indikator Fisik diperoleh dari *overlay* ketiga parameter dengan bobot AHP pada Tabel 1. Hasil *overlay* indikator fisik dibagi menjadi 3 kelas dengan ketentuan kelas kapasitas tinggi diberi skor 5, kapasitas sedang diberi skor 3, dan kapasitas rendah diberi skor 1.

2) Indikator Lembaga

Indikator Lembaga terdiri 2 parameter, yaitu parameter tenaga kesehatan dan lembaga penanggulangan bencana. Parameter tenaga kesehatan diperoleh dari data tabular yang dijadikan tabel atribut yang terhubung dengan data spasial wilayah penelitian dan diklasifikasi menjadi 3 kelas. Parameter lembaga penanggulangan bencana diolah dengan metode *buffer* pada jarak 2 km dan 5 km, kemudian diklasifikasi menjadi 3 kelas. Per parameter, kelas kapasitas tinggi diberi skor 5, kapasitas sedang diberi skor 3, dan kapasitas rendah diberi skor 1. Peta Indikator Lembaga diperoleh dari *overlay* kedua parameter dengan bobot AHP pada Tabel 1. Hasil *overlay* indikator lembaga dibagi menjadi 3 kelas dengan ketentuan kelas kapasitas tinggi diberi skor 5, kapasitas sedang diberi skor 3, dan kapasitas rendah diberi skor 1.

3) Indikator Sosial

Indikator Sosial terdiri dari 2 parameter, yaitu parameter komunitas masyarakat dan perguruan tinggi. Parameter komunitas masyarakat diperoleh dari data tabular yang dikelola menjadi tabel atribut dan diklasifikasi menjadi 3 kelas. Parameter perguruan tinggi adalah berupa data *point* yang diolah dengan *hotspot clustering* dan diinterpolasikan dengan metode IDW kemudian diklasifikasi menjadi 3 kelas. Per parameter, kelas kapasitas tinggi diberi skor 5, kapasitas sedang diberi skor 3, dan kapasitas rendah diberi skor 1. Peta



Gambar 6. Grafik perbandingan tingkat kapasitas.

Tabel 4.

Rekapitulasi tingkat kapasitas gempa bumi Kota Banda Aceh

Tingkat Kapasitas Gempa Bumi	Jumlah Kelurahan	Persentase	Luas Kawasan (ha)
Kapasitas Tinggi	18	20,00%	949,500
Kapasitas Sedang	53	58,89%	3.093,478
Kapasitas Rendah	19	21,11%	1.954,741
Jumlah	90	100%	5.997,718

Indikator Sosial diperoleh dari *overlay* kedua parameter menggunakan bobot AHP pada Tabel 1. Hasil *overlay* indikator sosial dibagi menjadi 3 kelas dengan ketentuan kelas kapasitas tinggi diberi skor 5, kapasitas sedang diberi skor 3, dan kapasitas rendah diberi skor 1.

H. Pengolahan Peta Risiko

Peta Risiko Gempa Bumi merupakan hasil *overlay* dari Peta Bahaya, Peta Kerentanan, dan Peta Kapasitas. Adapun persamaan umum yang digunakan untuk menghitung Indeks Risiko Bencana adalah sebagai berikut:

$$R = \frac{(W_H \times H) \times (W_V \times V)}{(W_C \times C)} \quad (1)$$

dimana:

- R : Risk (Risiko)
- H : Hazard (Bahaya)
- V : Vulnerability (Kerentanan)
- C : Capacity (Kapasitas)
- W_H : Nilai Pembobotan Bahaya
- W_V : Nilai Pembobotan Kerentanan
- W_C : Nilai Pembobotan Kapasitas

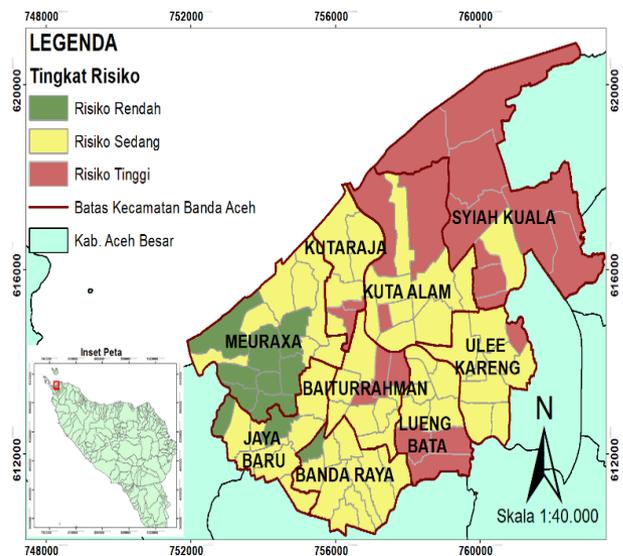
Hasil perhitungan tersebut kemudian diklasifikasi menjadi 3 kelas dengan tingkat risiko terdiri dari risiko tinggi, risiko sedang, dan risiko rendah.

III. HASIL DAN ANALISIS

A. Peta Bahaya

Dari analisis spasial yang dilakukan terhadap indikator seismik dan indikator lingkungan, diperoleh informasi terkait tingkat bahaya gempa bumi per kelurahan Kota Banda Aceh. Adapun Peta Bahaya diperoleh dari hasil *overlay* dari indikator seismik dan indikator lingkungan menggunakan bobot AHP untuk indeks bahaya pada Tabel 1. Peta Bahaya menyediakan informasi tingkat bahaya gempa bumi per kelurahan yang terdiri dari tingkat bahaya tinggi, sedang, dan rendah. Ketiga hasil pengolahan tersebut dibandingkan sebagaimana pada Gambar 4.

Berdasarkan Gambar 4, terdapat perbedaan yang cukup



Gambar 7. Peta risiko gempa bumi Kota Banda Aceh.

Tabel 5.

Rekapitulasi Tingkat Risiko Gempa Bumi Kota Banda

Tingkat Risiko Gempa Bumi	Jumlah Kelurahan	Persentase	Luas Kawasan (ha)
Risiko Tinggi	21	23,33%	2.133,755
Risiko Sedang	57	63,33%	3.265,166
Risiko Rendah	12	13,33%	598,798
Jumlah	90	100%	5.997,718

signifikan antara hasil pengolahan indikator seismik dengan indikator lingkungan. Pada indikator seismik, Kota Banda Aceh didominasi oleh kawasan dengan tingkat bahaya sedang yang berjumlah 58 kelurahan, disusul oleh bahaya rendah dengan 19 kelurahan, dan paling sedikit memiliki bahaya tinggi dengan 13 kelurahan. Sementara itu, pada indikator lingkungan, Kota Banda Aceh lebih didominasi oleh kawasan dengan tingkat bahaya tinggi yang mencapai 60 kelurahan, disusul oleh bahaya sedang dengan 27 kelurahan, dan paling sedikit memiliki bahaya rendah dengan 3 kelurahan. Dapat dilihat bahwa hasil indikator seismik memiliki nilai yang lebih mendekati indeks bahaya dengan mayoritas kawasan memiliki tingkat bahaya sedang, yaitu 56 kelurahan. Kemiripan nilai yang diperoleh ini dikarenakan bobot indikator seismik bernilai lebih besar, yaitu 0,768 dibanding bobot indikator lingkungan yang hanya bernilai 0,232. Hal ini mengakibatkan indikator seismik lebih berpengaruh dalam menentukan hasil indeks bahaya.

Indeks bahaya merupakan hasil akhir pada penentuan tingkat bahaya gempa bumi Kota Banda Aceh. Hasil yang didapatkan menunjukkan mayoritas kawasan Kota Banda Aceh termasuk dalam kategori bahaya sedang dengan 56 kelurahan (62,22%) dan paling sedikit memiliki kategori bahaya tinggi dengan 13 kelurahan (14,44%). Adapun rekapitulasi tingkat bahaya gempa bumi secara menyeluruh dicantumkan lebih rinci pada Tabel 2.

B. Peta Kerentanan

Dari analisis spasial yang dilakukan terhadap indikator sosial dan indikator ekonomi, diperoleh informasi terkait tingkat kerentanan terhadap gempa bumi per kelurahan Kota Banda Aceh. Peta Kerentanan diperoleh dari hasil *overlay* indikator sosial dan indikator ekonomi menggunakan bobot AHP untuk indeks kerentanan pada Tabel 1. Peta Kerentanan menyediakan informasi terkait tingkat kerentanan gempa

bumi per kelurahan yang terdiri dari tingkat kerentanan tinggi, kerentanan sedang, dan kerentanan rendah. Ketiga hasil pengolahan tersebut dibandingkan sebagaimana pada Gambar 5.

Dapat dilihat pada Gambar 5, bahwa hasil pengolahan indikator sosial memiliki perbedaan yang cukup signifikan dengan hasil pengolahan indikator ekonomi. Pada indikator sosial, kerentanan rendah mendominasi kawasan kelurahan Kota Banda Aceh dengan jumlah 48, disusul oleh kerentanan sedang dengan jumlah 31 kelurahan, dan paling sedikit berupa kerentanan tinggi dengan jumlah hanya 11 kelurahan. Sementara itu, indikator ekonomi menunjukkan bahwa Kota Banda Aceh didominasi kerentanan sedang dengan 53 kelurahan, disusul kerentanan tinggi berjumlah 24 kelurahan, dan kerentanan rendah berjumlah hanya 13 kelurahan.

Jika dibandingkan dengan indeks kerentanan, dapat dilihat bahwa tingkat kerentanan indikator sosial ataupun indikator ekonomi tidak terlalu menyerupai tingkat kerentanan secara menyeluruh. Nilai indeks kerentanan merupakan hasil kombinasi dari nilai indikator sosial dan indikator ekonomi. Sebagai contoh, pada tingkat kerentanan per kelurahan di mayoritas kawasan Syiah Kuala dan sebagian Kuta Alam, indikator sosial menghasilkan kerentanan rendah dengan skor 1 yang berbanding terbalik dengan indikator ekonomi yang menghasilkan kerentanan tinggi dengan skor 5. Karena nilai skor yang rendah pada indikator sosial kawasan ini, meskipun bobot indikator sosial lebih tinggi dibanding indikator ekonomi, nilai akhir indeks yang diperoleh berada pada kelas kerentanan pertengahan, yaitu kerentanan sedang. Hal ini turut mempengaruhi tingginya jumlah kelurahan yang memiliki tingkat kerentanan sedang pada hasil akhir indeks kerentanan.

Adapun hasil indeks kerentanan menunjukkan bahwa mayoritas kawasan Kota Banda Aceh memiliki tingkat kerentanan sedang dengan 45 kelurahan (50%), disusul oleh kerentanan rendah dengan 34 kelurahan (37,78%), dan paling sedikit memiliki kerentanan tinggi dengan 11 kelurahan (12,22%). Tabel 3 merupakan rekapitulasi tingkat kerentanan gempa bumi.

C. Peta Kapasitas

Dari analisis spasial yang dilakukan terhadap indikator fisik, indikator lembaga, dan indikator sosial, diperoleh informasi terkait tingkat kapasitas terhadap gempa bumi per kelurahan di Kota Banda Aceh. Adapun Peta Kapasitas diperoleh dari hasil *overlay* dari ketiga indikator indeks kapasitas menggunakan bobot AHP pada Tabel 1. Peta Kapasitas menyediakan informasi mengenai tingkat kapasitas gempa bumi per kelurahan dengan 3 tingkatan, yaitu kapasitas tinggi, kapasitas sedang, dan kapasitas rendah. Ketiga hasil pengolahan tersebut dibandingkan sebagaimana Gambar 6.

Berdasarkan Gambar 6, dapat dilihat bahwa hasil tingkat kapasitas berdasarkan indikator fisik, indikator lembaga, dan indikator sosial memiliki hasil yang cukup variatif, meskipun antara hasil indikator fisik dan indikator lembaga lebih menyerupai satu sama lain dibandingkan indikator sosial dikarenakan kemiripan karakteristik parameter yang digunakan pada indikator fisik dan indikator lembaga. Selain itu, kawasan berkapasitas tinggi pada kedua indikator ini juga cenderung berada di kawasan yang serupa, diantaranya

adalah sebagian besar Baiturrahman serta sebagian Kuta Alam, Banda Raya, dan Jaya Baru yang berada lebih dekat dengan pusat kota. Sementara itu, hasil kapasitas berdasarkan indikator sosial menunjukkan sedikit perbedaan, yakni kawasan dengan tingkat kapasitas sedang berjumlah paling dominan, disusul oleh kapasitas rendah, dan memiliki paling sedikit kapasitas tinggi.

Hasil akhir berupa indeks kapasitas yang diperoleh menunjukkan bahwa Kota Banda Aceh didominasi oleh kelurahan dengan tingkat kapasitas sedang, disusul oleh kapasitas rendah, dan kapasitas tinggi. Perolehan ini dipengaruhi oleh nilai skor dari masing-masing parameter serta nilai bobot AHP dari ketiga indikator penyusun indeks kapasitas terhadap gempa bumi, yaitu nilai bobot indikator fisik adalah 0,455, nilai bobot indikator lembaga adalah 0,255, dan nilai bobot indikator sosial adalah 0,320.

Adapun hasil perhitungan indeks kapasitas menunjukkan bahwa Kota Banda Aceh didominasi oleh kawasan dengan kapasitas sedang yaitu 53 kelurahan (58,89%), disusul oleh kapasitas rendah berjumlah 19 kelurahan (21,11%), dan paling sedikit memiliki kapasitas tinggi yaitu hanya 18 kelurahan (20%). Tabel 4 merupakan rekapitulasi tingkat kapasitas gempa bumi secara menyeluruh.

D. Peta Risiko

Peta Risiko Gempa Bumi diperoleh dari hasil *overlay* dari Peta Bahaya, Peta Kerentanan, dan Peta Kapasitas dengan menggunakan persamaan umum indeks risiko bencana pada persamaan (1). Hasil yang diperoleh memiliki 3 kelas, yaitu tingkat risiko tinggi, risiko sedang, dan risiko rendah. Adapun Peta Risiko Gempa Bumi yang diperoleh merupakan hasil final dari pemetaan risiko gempa bumi pada penelitian ini. Berikut merupakan tampilan dari Peta Risiko Gempa Bumi Kota Banda Aceh yang tertera pada Gambar 7.

Gambar 7 menunjukkan bahwa bagian utara dan timur laut Kota Banda Aceh, yaitu sebagian besar kelurahan di kawasan Syiah Kuala dan Kuta Alam memiliki tingkat risiko tinggi. Hal ini disebabkan kawasan ini cenderung memiliki indeks bahaya tinggi sementara indeks kapasitas wilayah termasuk rendah. Kondisi ini mengakibatkan mayoritas wilayah ini memiliki indeks risiko tinggi. Sementara itu, bagian pusat kota dan sekeliling memiliki tingkat risiko yang beragam, mulai dari risiko tinggi hingga risiko rendah. Hal ini disebabkan oleh kondisi indeks bahaya, indeks kerentanan, dan indeks kapasitas di wilayah ini yang beragam sehingga indeks risiko yang didapatkan cenderung beragam pula. Adapun sebagian besar sisi barat Kota Banda Aceh, terutama kawasan Meuraxa dan sebagian kecil Jaya Baru memiliki indeks risiko rendah. Hal ini dilatarbelakangi kondisi kawasan ini yang memiliki indeks bahaya rendah dan indeks kapasitas termasuk tinggi sehingga indeks risiko yang diperoleh adalah mayoritas rendah.

Dari hasil tingkat risiko gempa bumi per kelurahan di Kota Banda Aceh, diperoleh bahwa sebagian besar kawasan memiliki tingkat risiko sedang yang berjumlah 57 kelurahan (63,33%), kemudian disusul oleh risiko tinggi dengan jumlah 21 kelurahan (23,33%), dan paling sedikit memiliki kawasan dengan tingkat risiko rendah dengan jumlah 12 kelurahan (13,33%). Tabel 5 merupakan rekapitulasi tingkat risiko gempa bumi Kota Banda Aceh secara merinci.

IV. KESIMPULAN

Hasil penelitian yang diperoleh menunjukkan bahwa berdasarkan indeks bahaya, Kota Banda Aceh didominasi oleh tingkat bahaya sedang dengan jumlah 56 kelurahan (62,22%). Berdasarkan indeks kerentanan, Kota Banda Aceh didominasi oleh tingkat kerentanan sedang dengan jumlah 45 kelurahan (50%). Sementara itu, berdasarkan indeks kapasitas, Kota Banda Aceh didominasi oleh tingkat kapasitas sedang dengan jumlah 53 kelurahan (58,89%). Dari perhitungan ketiga indeks tersebut, diperoleh indeks risiko gempa bumi yang menunjukkan bahwa wilayah Kota Banda Aceh didominasi oleh tingkat risiko sedang dengan jumlah 57 kelurahan atau 63,33% dari total 90 kelurahan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Universitas Syiah Kuala – Departemen Teknik Geologi dan *Tsunami and*

Disaster Mitigation Research Center (Bapak Ibnu Rusydy, M.Sc), Badan Penanggulangan Bencana Aceh (Ibu Idawati Arsyad, S.Si, MT), dan Stasiun Geofisika Aceh Besar (Bapak Abdi Jihad) atas bantuan data dan diskusinya.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] N. I. Desmonda and A. Pamungkas, "Penentuan zona kerentanan bencana gempa bumi tektonik di Kabupaten Malang wilayah selatan," *J. Tek. ITS*, vol. 3, no. 2, pp. C107–C112, 2014.
- [2] R. Jena, B. Pradhan, G. Beydoun, H. Sofyan, and M. Affan, "Integrated model for earthquake risk assessment using neural network and analytic hierarchy process: Aceh province, Indonesia," *Geosci. Front.*, vol. 11, no. 2, pp. 613--634, 2020.
- [3] I. Rusydy, Y. Idris, U. Muksin, P. Cummins, and M. N. Akram, "Shallow crustal earthquake models, damage, and loss predictions in Banda Aceh, Indonesia," *Geoenvironmental Disasters*, vol. 7, no. 1, pp. 1--16, 2020.
- [4] BNPB, "Peraturan Kepala Badan Nasional Penanggulangan Bencana Nomor 02 Tahun 2012 tentang Pedoman Umum Pengkajian Risiko Bencana." Badan Nasional Penanggulangan Bencana RI, Jakarta, 2012.