

**ANALISIS ANCAMAN MULTI BENCANA DI KABUPATEN KENDAL
BERBASIS FUZZY ANALYTIC HIERARCHY PROCESS**Rahmat Randy Valdika^{*)}, Arief Laila Nugraha, Hana Sugiastu FirdausDepartemen Teknik Geodesi Fakultas Teknik Universitas Diponegoro
Jl. Prof. Sudarto, SH, Tembalang, Semarang Telp.(024)76480785, 76480788
Email : rahmatrandyvaldika@gmail.com**ABSTRAK**

Kabupaten Kendal merupakan salah satu kabupaten di Provinsi Jawa tengah yang mengalami tingkat kebencanaan tinggi di tahun 2017. BPBD Kendal pada tahun 2017 mencatat terjadi 154 kejadian bencana yang didominasi oleh Banjir dan Tanah Longsor. Kompas juga melansir terjadi bencana kekeringan yang melanda 20 desa di Kabupaten Kendal pada bulan September 2017. Salah satu cara untuk menanggulangi tingginya ancaman bencana di Kabupaten Kendal adalah dengan pendeteksian ancaman bencana menggunakan pemetaan ancaman multi bencana. Pemetaan multi bencana dapat menunjukkan lokasi kritis dimana salah satu bencana atau lebih mendominasi peristiwa-peristiwa bencana yang terjadi di daerah tersebut. Berdasarkan hasil dari pemetaan multi bencana, pemerintah dapat merencanakan sistem mitigasi bencana dan memperkuat kapasitas masyarakat dalam menghadapi bencana. Pemetaan ancaman multi bencana di Kabupaten Kendal yang akan diteliti terdiri dari ancaman bencana banjir, tanah longsor, dan kekeringan. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah tumpang tindih (*overlay*) dan metode penilaian dan pembobotan. Parameter setiap kriteria dan penilaian ancaman bencana dipilih mengikuti dan Katalog Metodologi Penyusunan Peta Geo Hazard. Pada metode pembobotan masing-masing kriteria bencana dilakukan variasi menggunakan metode pembobotan *Fuzzy Analytic Hierarchy Process* dan Katalog Metodologi Penyusunan Peta Geo Hazard. Pembobotan pada peta ancaman multi bencana di Kabupaten Kendal disusun menggunakan metode pembobotan *Fuzzy Analytic Hierarchy Process*. Hasil yang diperoleh dari penelitian ini adalah tingkat akurasi dari hasil pemodelan ancaman bencana di Kabupaten Kendal berbasis FAHP untuk ancaman bencana banjir adalah 75%, untuk ancaman bencana tanah longsor 85% dan untuk ancaman bencana kekeringan adalah 82,5%. Sebaran wilayah kelas ancaman multi bencana rendah pada peta ancaman multi bencana di Kabupaten Kendal berbasis FAHP diperoleh luas ancaman sebesar 28773,774 Ha dan tersebar di seluruh kecamatan di Kabupaten Kendal. Pada kelas ancaman multi bencana sedang diperoleh luas ancaman sebesar 69112,504 Ha dan tersebar di seluruh kecamatan di Kabupaten Kendal. Pada kelas ancaman multi bencana tinggi, diperoleh luas ancaman sebesar 2846,631 Ha dan tersebar di Kecamatan Kaliwungu Selatan, Limbangan, Patean, Plantungan, Singorejo, dan Sukorejo.

Kata Kunci : Ancaman Multi Bencana, *Fuzzy Analytic Hierarchy Process*, SIG**ABSTRACT**

Kendal is one of the regency in the Province of Central Java that experienced a high hazard level in 2017. BPBD Kendal noted that in 2017 there were 154 hazards which is dominated by floods and landslides. Kompas also noted a drought that hit 20 villages in Kendal Regency in September, 2017. One way to overcome the high threat of hazards in Kendal is by detecting hazard threats with multi-hazards threat mapping. Multi-hazards mapping can indicate critical locations where one or more hazards dominate the events of the hazard that occurred in that area. Based on the result of multi-hazards mapping, the government can plan a disaster mitigation system and strengthen society capacity in dealing with disasters. The mapping of multi-hazards threats in Kendal District consists of the threat of floods, landslides and drought. The method used in this research is overlapping, scoring and weighting methods. The parameters for each hazard threat criteria and assessment are selected following the Methodology of Making Geo Hazard Map Catalog. In the method of weighting each disaster criterion, variations were made using the Fuzzy Analytic Hierarchy Process and the Methodology of Making Geo Hazard Map Catalog. Weighting on the multi-hazard threat map in Kendal District use Fuzzy Analytic Hierarchy Process. The results obtained from this research are multi-hazard threat maps in Kendal District based on FAHP. The level of accuracy of the results of the modeling of hazard threats in Kendal District based on FAHP are for flood threat is 75%, for the landslides threat is 85% and for the drought threat is 82.5%. In the low multi-hazards threat class, the threat area is 28773,774 Ha and spread throughout the sub-districts in Kendal Regency. In the moderate multi-hazards threat class, the threat area is 69112.504 Ha and spread throughout the sub-districts in Kendal. In the high multi-disaster threat class, the threat area is 2846,631 Ha and spread in Kaliwungu Selatan, Limbangan, Patean, Plantungan, Singorejo, and Sukorejo.

Keywords : Multi Hazard Threat, *Fuzzy Analytic Hierarchy Process*, GIS

*)Penulis Utama, Penanggung Jawab

I. Pendahuluan

I.1 Latar Belakang

Kabupaten Kendal merupakan salah satu kabupaten di Provinsi Jawa Tengah dengan tingkat bencana tinggi di tahun 2017. Berdasarkan data dan informasi bencana BPBD Kendal (2018) mencatat pada tahun 2017 terjadi 154 kejadian bencana, yang didominasi oleh 30 kali bencana banjir dan 19 kali bencana tanah longsor. Kompas (2017) juga melansir terjadi bencana kekeringan yang melanda 20 desa di Kabupaten Kendal pada bulan September 2017.

Salah satu cara untuk menanggulangi tingginya ancaman bencana di Kabupaten Kendal adalah dengan pendeteksian ancaman bencana menggunakan pemetaan multi bencana. Peta multi bencana merupakan peta yang memberikan informasi berupa gambaran utuh potensi dan riwayat kebencanaan di suatu daerah. Informasi yang tersaji digunakan oleh pengambil kebijakan untuk menimbang manfaat dan resiko yang diperoleh dalam pengambilan keputusan (Amhar dan Darmawan, 2007). Menurut Arief Laila Nugraha, dkk (2016), dengan pemetaan multi bencana dapat diperoleh peta yang dapat menunjukkan lokasi kritis dimana salah satu bencana atau lebih mendominasi peristiwa-peristiwa bencana yang terjadi di daerah tersebut. Sehingga dengan dilakukan pemetaan multi bencana, pemerintah dapat merencanakan sistem mitigasi bencana dan memperkuat kapasitas masyarakat dalam menghadapi bencana.

Dalam pemetaan multi bencana diperlukan penentuan prioritas ancaman bencana yang berpengaruh pada daerah ancaman bencana. *Analytic Hierarchy Process* (AHP) adalah suatu metode pendukung keputusan dalam penentuan prioritas berbentuk hirarki dengan input utama pakar atau ahli. *Fuzzy Analytic Hierarchy Process* merupakan metode *Analytic Hierarchy Process* (AHP) yang dikembangkan dengan teori logika *fuzzy*, khususnya *triangular fuzzy* yang diharapkan mampu untuk meminimalisasi ketidakpastian sehingga hasil yang diperoleh lebih akurat (Adnyana dkk, 2016).

Berdasarkan uraian di atas, pada penelitian ini akan dilakukan pembuatan peta ancaman multi bencana di Kabupaten Kendal. Pembuatan peta multi bencana disusun berdasarkan Katalog Methodologi Penyusunan Peta Geo Hazard dengan GIS. Pada metode pembobotan masing-masing kriteria bencana dilakukan variasi menggunakan metode pembobotan *Fuzzy Analytic Hierarchy Process* dan Katalog Methodologi Penyusunan Peta Geo Hazard. Pembobotan pada peta ancaman multi bencana di Kabupaten Kendal disusun menggunakan metode pembobotan *Fuzzy Analytic Hierarchy Process*.

I.2 Perumusan Masalah

Rumusan masalah dalam penelitian ini adalah :

1. Bagaimana tingkat akurasi dari hasil pemodelan ancaman bencana di Kabupaten Kendal menggunakan metode pembobotan kriteria bencana

Fuzzy Analytic Hierarchy Process dan Katalog Methodologi Penyusunan Peta Geo Hazard dengan GIS?

2. Bagaimana sebaran wilayah yang terancam bencana di Kabupaten Kendal dari hasil pemodelan ancaman multi bencana?

I.3 Maksud dan Tujuan Penelitian

Maksud dan tujuan penelitian ini adalah :

1. Mengetahui tingkat akurasi pemetaan ancaman bencana banjir, tanah longsor, dan kekeringan dengan menggunakan metode pembobotan *Fuzzy Analytic Hierarchy Process* dan Katalog Methodologi Penyusunan Peta Geo Hazard di Kabupaten Kendal.
2. Mengetahui daerah terancam multi bencana dengan menggunakan metode pembobotan *Fuzzy Analytic Hierarchy Process* di Kabupaten Kendal.

I.4 Ruang Lingkup Penelitian

Adapun ruang lingkup dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Peta ancaman multi bencana yang akan dibuat terdiri dari ancaman bencana tanah longsor, banjir, dan kekeringan.
2. Penilaian dan pembobotan kriteria bencana mengacu pada Katalog Methodologi Penyusunan Peta Geo Hazard dengan GIS dan metode *Fuzzy Analytic Hierarchy Process*.
3. Pembobotan kriteria multi bencana menggunakan metode *Fuzzy Analytic Hierarchy Process*.
4. Penilaian kriteria multi bencana berdasarkan Perka BNPB No. 02 Tahun 2012.
5. Validasi hasil penelitian dibatasi pada Kecamatan Brangsong, Cepiring, Kaliwungu, Kaliwungu Selatan, Ngampel, Pegandon, Limbangan, Kota Kendal, Singorojo, dan Patebon.

II. Tinjauan Pustaka

II.1 Multi Bencana

Pengertian bencana dijelaskan dalam Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 24 Tahun 2007 Tentang Penanggulangan Bencana. Bencana adalah peristiwa atau rangkaian peristiwa yang mengancam dan mengganggu kehidupan dan penghidupan masyarakat yang disebabkan, baik oleh faktor alam dan/atau faktor nonalam maupun faktor manusia sehingga mengakibatkan timbulnya korban jiwa manusia, kerusakan lingkungan, kerugian harta benda, dan dampak psikologis. Sedangkan ancaman bencana adalah suatu kejadian atau peristiwa yang bisa menimbulkan bencana.

Multi bencana (*Multi Hazard*) menurut Novitasari dkk (2015) adalah penggabungan dari bahaya-bahaya, baik bahaya alam maupun bahaya yang disebabkan aktifitas manusia, yang memiliki potensi merusak infrastruktur dan lingkungan dan dapat menimbulkan kerugian baik dari segi ekonomi, sosial dan kemasyarakatan.

Peta multi bencana merupakan peta yang memberikan informasi berupa gambaran utuh potensi

dan riwayat kebencanaan di suatu daerah. Informasi yang tersaji digunakan oleh pengambil kebijakan untuk menimbang manfaat dan resiko yang diperoleh dalam pengambilan keputusan (Amhar dan Darmawan, 2007). Menurut Arief Laila Nugraha, dkk (2016), dengan pemetaan multi bencana dapat diperoleh peta yang dapat menunjukkan lokasi kritis dimana salah satu bencana atau lebih mendominasi peristiwa-peristiwa bencana yang terjadi di daerah tersebut. Sehingga dengan dilakukan pemetaan multi bencana, pemerintah dapat merencanakan sistem mitigasi bencana dan memperkuat kapasitas masyarakat dalam menghadapi bencana.

II.2 Sistem Informasi Geografis

Sistem Informasi Geografis adalah sebuah sistem atau teknologi berbasis komputer yang dibangun dengan tujuan untuk mengumpulkan, menyimpan, mengolah, dan menganalisa, serta menyajikan data-data dan informasi dari suatu objek atau fenomena yang berkaitan dengan letak atau keberadaannya di permukaan bumi (Ekadinata dkk, 2011). Pada dasarnya SIG dapat dirinci menjadi beberapa sub-sistem yang saling berkaitan. Sub-sistem tersebut antara lain data *input*, manajemen data, manipulasi data dan analisis, dan data *output* (Irwansyah, 2013).

II.3 Fuzzy Analytic Hierarchy Proses

Menurut Saaty (1987 dalam Aprianto dkk, 2014) *Analytic Hierarchy Process* (AHP) adalah suatu metode pengambilan keputusan dan suatu teori pengukuran yang digunakan untuk mengukur skala rasio, baik dari perbandingan-perbandingan berpasangan diskrit maupun kontinu. Logika *Fuzzy* merupakan sebuah logika yang memiliki nilai kekaburan atau kesamaran (*Fuzzyness*) antara dua nilai. Pendekatan fuzzy khususnya pendekatan *triangular fuzzy number* terhadap skala AHP diharapkan mampu untuk meminimalisasi ketidakpastian sehingga diharapkan hasil yang diperoleh lebih akurat (Kusumadewi dan Purnomo, 2010 dalam Aprianto dkk, 2014).

II.4 Cluster Sampling

Cluster sampling merupakan metode penentuan sampel yang dilakukan pada populasi yang besar seperti populasi sebuah kabupaten, kota, atau provinsi. Pada *cluster sampling*, populasi sampel dibagi menjadi beberapa grup/kelompok berdasarkan letak geografis atau karakteristik tertentu oleh peneliti dan kemudian kelompok tersebut dipilih secara acak sederhana atau sistematis acak. Kelompok yang terpilih tersebut kemudian menjadi sampel. *Cluster sampling* dapat dilakukan satu tahap, dua tahap, atau beberapa tahap (Jamil, Tanpa Tahun). Apabila *Cluster sampling* tidak memiliki informasi tentang besarnya *variance* dari populasi sehingga dalam penentuan jumlah sampelnya dapat dilakukan sebagai berikut (Atmosukarto, 1994):

1. Bila populasi besar, persentase yang kecil saja telah dapat memenuhi syarat.
2. Banyak sampel tidak kurang dari 30.

3. Pengambilan sampel dilakukan sebanyak mungkin selama dana, tenaga, dan waktu masih terjangkau.

III. Metodologi Penelitian

III.1 Alat dan Bahan

Alat yang digunakan pada penelitian ini antara lain :

1. Laptop ASUS A456UR dengan spesifikasi Windows 10 Pro 64 bit, Prosesor Intel (R), core(TM), i5- 7200U CPU @ 2.50 GHz 2.71 GHz , RAM 8.00 GB
2. Alat Tulis
3. ArcGIS 10.4
4. ENVI 5.1
5. Microsoft Office Word 2016
6. Microsoft Office Excel 2016
7. Microsoft Office Power Point 2016
8. Microsoft Office Visio 2007
9. Mobile Topographer

Data penelitian yang diperlukan dalam penelitian ini dapat dilihat pada **TABEL 1**.

TABEL 1 Data Penelitian

No.	Jenis Data	Sumber
1.	Peta administrasi Kabupaten Kendal tahun 2011	BAPERLITBANG Kabupaten Kendal
2.	Peta geologi Kabupaten Kendal tahun 2011	BAPERLITBANG Kabupaten Kendal
3.	Data curah hujan tahun 2017	BMKG
4.	Peta topografi Kabupaten Kendal tahun 2011	BAPERLITBANG Kabupaten Kendal
5.	Peta Genangan Air Kabupaten Kendal Tahun 2017	Dinas PUPR Kabupaten Kendal
6.	Peta jenis tanah Kabupaten Kendal tahun 2011	BAPERLITBANG Kabupaten Kendal
7.	Peta tata guna lahan Kabupaten Kendal Tahun 2011	BAPERLITBANG Kabupaten Kendal
8.	Citra landsat 8 Level 1TP <i>Path/Row</i> :120/065 akusisi 22 Agustus 2017	https://earthexplorer.usgs.gov/
9.	Catatan Kejadian Bencana Kab. Kendal 2017	BPBD Kabupaten Kendal

III.2 Metodologi

Pemetaan ancaman multi bencana di Kabupaten Kendal yang kan diteliti terdiri dari ancaman bencana banjir, tanah longsor, dan kekeringan. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah tumpang tindih (*overlay*) dan metode penilaian dan pembobotan. Parameter setiap kriteria dan penilaian ancaman bencana dipilih mengikuti Katalog Metodologi

Penyusunan Peta Geo Hazard. Pada metode pembobotan masing-masing kriteria bencana dan multi bencana menggunakan metode pembobotan *Fuzzy Analytic Hierarchy Process*.

III.2.1 Pembobotan Ancaman Bencana dengan FAHP

1. Banjir

Kriteria yang mempengaruhi ancaman bencana banjir adalah ketinggian, tata guna lahan, rata-rata curah hujan, dan zona banjir umum. Pembobotan masing-masing kriteria ancaman banjir terdapat pada dapat dilihat pada **TABEL 2**.

TABEL 2 Parameter Ancaman Banjir (Theml dkk, 2008)

No.	Parameter	Bobot
1.	Genangan Air	0,273
2.	Rata-Rata Curah Hujan Bulanan	0,351
3.	Ketinggian	0,211
4.	Tata Guna Lahan	0.165

2. Tanah Longsor

Kriteria yang mempengaruhi ancaman bencana tanah longsor adalah kelerengan, tata guna lahan, curah hujan tahunan, dan geologi. Pembobotan masing-masing kriteria ancaman tanah longsor terdapat pada dapat dilihat pada **TABEL 3**.

TABEL 3 Parameter dan Bobot Ancaman Tanah Longsor (Theml dkk, 2008)

No.	Parameter	Bobot
1.	Kelerengan	0,295
2.	Curah Hujan	0,439
3.	Geologi	0,211
4.	Tata Guna Lahan	0,550

3. Kekeringan

Kriteria yang mempengaruhi ancaman bencana kekeringan adalah nilai NDVI, curah hujan bulanan, penggunaan lahan, dan jenis lahan. Pembobotan masing-masing kriteria ancaman kekeringan terdapat pada dapat dilihat pada **TABEL 4**.

TABEL 4 Parameter dan Bobot Ancaman Kekeringan (Theml dkk, 2008)

No.	Parameter	Bobot
1.	Kelerengan	0,211
2.	Curah Hujan	0,439
3.	Geologi	0,295
4.	Tata Guna Lahan	0,55

III.2.2 Pembobotan Ancaman Multi Bencana dengan FAHP

Pemetaan ancaman bencana dengan pembobotan metode *Fuzzy Analytic Hierarchy Process* dengan nilai tingkat kepentingan yang diperoleh dari hasil wawancara dengan bapak Khoiru Ridlo sebagai Kepala Seksi Pembangunan Jaringan Irigasi dan Sungai Dinas PUPR Kabupaten Kendal dan bagian dari OPD teknis untuk masalah kebencanaan. Nilai tingkat

kepentingan kemudian diolah sehingga diperoleh bobot prioritas global. Nilai bobot prioritas global kemudian digunakan untuk uji rasio konsistensi dari matriks perbandingan berpasangan. Jika rasio konsistensi jika bernilai ≤ 10 persen maka bobot prioritas diterima dan dilanjutkan dengan perhitungan *fuzzy*. Namun, jika nilainya lebih dari 10 persen maka penilaian tingkat kepentingan harus diperbaiki.

Tahapan pembobotan dengan menggunakan metode FAHP adalah sebagai :

1. Membuat Matriks Perbandingan Berpasangan yang diperoleh dari hasil wawancara berdasarkan nilai skala AHP.

TABEL 5 Matriks Perbandingan Berpasangan Multi Bencana

Kriteria	Banjir	Tanah Longsor	Kekeringan
Banjir	1	1/3	3
Tanah Longsor	3	1	4
Kekeringan	1/3	1/4	1

2. Normalisasi Matriks Perbandingan Berpasangan dilakukan dengan cara memangkatkan matriks perbandingan berpasangan sebelumnya Untuk hasil yang maksimal operasi pangkat 8 dari matriks perbandingan berpasangan.

TABEL 6 Normalisasi Matriks Perbandingan Berpasangan Multi Bencana

Kriteria	Banjir	Tanah Longsor	Kekeringan
Banjir	2.654,361	1.159,397	6.076,967
Tanah Longsor	6.076,967	26.54,361	13.912,77
Kekeringan	1.159,397	506,413	2.654,361

3. Menghitung nilai *eigen* dengan cara menjumlahkan tiap baris pada matriks normalisasi. Nilai jumlah setiap baris kemudian ditotal jumlah keseluruhannya dalam satu kolom (disebut nilai total). Nilai *eigen* adalah nilai jumlah tiap baris dibagi dengan nilai totalnya.

TABEL 7 Nilai *Eigen* Multi Bencana

Kriteria	Jumlah	<i>Eigen</i>
Banjir	9890,726	0,268
Tanah Longsor	22644,101	0,614
Kekeringan	4320,173	0,117
Total	36854,999	1,000

4. Menghitung Nilai Lamda Maksimum dengan nilai tertinggi dari akar ordo normalisasi dari nilai tertinggi operasi kali matriks normalisasi dengan nilai *eigen* kemudian hasilnya dibagi dengan nilai *eigen*.

TABEL 8 Nilai Lamda Maksimum

Kriteria	Lamda Maksimum
Multi Bencana	3,073513636

triangular fuzzy pada tiap kolom komponen matriks perbandingan berpasangan

5. Menghitung Indeks Konsistensi dengan persamaan 1.

$$CI = \frac{\lambda - n}{n - 1} \dots \dots \dots (1)$$

Dimana :

CI = Consistency Index.

λ = Nilai rata - rata dari keseluruhan kriteria/subkriteria.

n = Jumlah matriks perbandingan suatu kriteria/subkriteria.

TABEL 9 Nilai Indeks Konsistensi

Kriteria	Indeks Konsistensi
Multi Bencana	0,036756818

6. Menghitung Rasio Konsistensi
Rasio Konsistensi (RK) bernilai konsisten jika hasil penilaian bernilai $\leq 10\%$, jika Rasio Konsistensi (RK) $> 10\%$ pertimbangan harus diperbaiki.

$$CR = \frac{CI}{RI} \dots \dots \dots (2)$$

TABEL 10 Nilai Rasio Konsistensi

Kriteria	Rasio Konsistensi (%)
Multi Bencana	6,337382379

7. Konversi Skala AHP ke Bilangan Triangular Fuzzy
Jika hasil rasio konsistensi memenuhi $CR < 10\%$ maka dilakukan pengubahan bobot penilaian perbandingan berpasangan pada skala AHP ke dalam bilangan triangular fuzzy

TABEL 11 Bilangan Triangular Fuzzy Multi Bencana

Kriteria	Banjir			Tanah Longsor			Kekeringan		
	l	m	u	l	m	u	l	m	u
Banjir	1	1	1	1/2	2/3	1	1	3/2	2
Tanah Longsor	1	3/2	2	1	1	1	3/2	2	5/2
Kekeringan	1/2	2/3	1	2/5	1/2	2/3	1	1	1

8. Menghitung Nilai Fuzzy Synthetic Extent dari matriks triangular fuzzy ditentukan nilai fuzzy synthetic extent untuk tiap-tiap kriteria dan sub kriteria, dengan menggunakan persamaan 3.

$$Si = \bigoplus_{j=1}^m M_{gi}^j \otimes \left[\bigoplus_{i=1}^n \bigoplus_{j=1}^m M_{gi}^j \right]^{-1} \dots \dots (3)$$

Dimana :

- Si = nilai fuzzy synthetic extent
- $\bigoplus_{j=1}^m M_{gi}^j$ = operasi penjumlahan pada tiap-tiap bilangan triangular fuzzy dalam setiap baris
- $\bigoplus_{i=1}^n \bigoplus_{j=1}^m M_{gi}^j$ = operasi penjumlahan untuk keseluruhan bilangan

TABEL 12 Nilai Fuzzy Synthetic Extent Multi Bencana

	l	m	u
s1	0,205	0,322	0,506
s2	0,288	0,458	0,696
s3	0,156	0,220	0,338

9. Membandingkan Nilai Fuzzy Synthetic Extent ($Si \geq Sk$) dan Menghitung Nilai Terkecil Setiap Baris Pembading (dmin) sesuai dengan persamaan 4.

$$V(S_2 \geq S_1) = \begin{cases} 1, & \text{jika } m_2 \geq m_1 \\ 0, & \text{jika } l_1 \geq u_2 \\ \frac{l_1 - u_2}{(m_2 - u_2) - (m_1 - l_1)} & \text{lainnya} \end{cases} \dots (4)$$

TABEL 13 Nilai Fuzzy Synthetic Extent

Si	Sk	V(Si ≥ Sk)
S1	S2	0,617
	S3	1
dmin		0,617
Si	Sk	V(Si ≥ Sk)
S2	S1	1
	S3	1
dmin		1
Si	Sk	V(Si ≥ Sk)
S3	S1	0,565
	S2	0,174
dmin		0,174

10. Normalisasi Bobot FAHP
Nilai bobot FAHP diperoleh dengan cara membagi nilai dmin tiap baris dengan nilai totalnya.

TABEL 14 Nilai Bobot FAHP Multi Bencana

Kriteria	dmin	Bobot FAHP
Banjir	0,617	0,345
Tanah Longsor	1,000	0,558
Kekeringan	0,174	0,097
Total	1,791	1,000

III.2.3 Pemetaan Ancaman Multi Bencana

Pemetaan ancaman multi bencana yang dilakukan dengan overlay kemudian penilaian dan pembobotan dari peta ancaman bencana yang telah dibuat sebelumnya dengan pembobotan berdasarkan metode Fuzzy Analytic Hierarchy Process. Pembobotan pemetaan ancaman multi bencana dibuat dengan metode Fuzzy Analytic Hierarchy Process. Untuk menyamakan nilai untuk setiap kelas ancaman bencana, nilai

setiap kelas ancaman bencana diberi nilai berdasarkan Perka BNPB No.2 Tahun 2012 dapat dilihat **TABEL 15**.

TABEL 15 Nilai Ancaman Bencana

No.	Kelas	Nilai
1.	Redah	0,333
2.	Sedang	0,667
3.	Tinggi	1,000

Pembuatan peta ancaman multi bencana kemudian diklasifikasikan mejadi tiga kelas seperti pada **TABEL 16** Persamaan untuk memperoleh peta risiko multi ancaman adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 & \text{Nilai Ancaman Multi Bencana} \\
 & = \text{Bobot FAHP banjir} \\
 & * \text{Nilai ancaman banjir} \\
 & + \text{Bobot FAHP tanah longsor} \\
 & * \text{Nilai ancaman tanah longsor} \\
 & + \text{Bobot FAHP kekeringan} \\
 & * \text{Nilai ancaman kekeringan}
 \end{aligned}$$

TABEL 16 Kelas Ancaman Multi Bencana

No.	Kelas	Interval Kelas
1.	Redah	<0,333
2.	Sedang	0,333-0,667
3.	Tinggi	>0,667

IV. Hasil dan Pembahasan

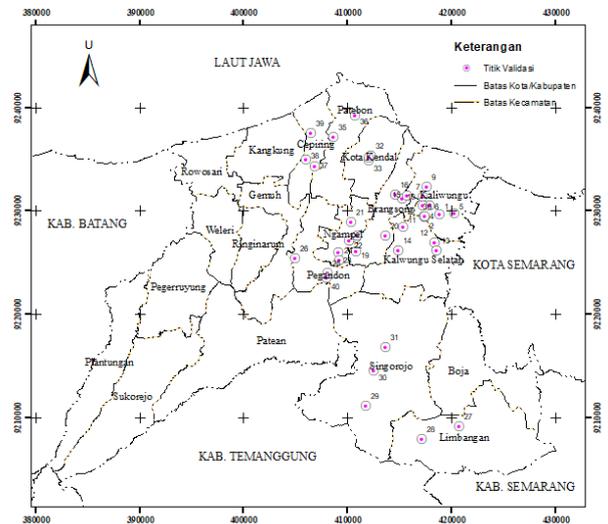
IV.1 Hasil dan Pembahasan Tingkat Akurasi Pemetaan Ancaman Bencana

Proses validasi dilakukan untuk mengetahui seberapa besar akurasi dari hasil sebaran lokasi daerah ancaman bencana di Kabupaten Kendal menggunakan metode pembobotan kriteria bencana *Fuzzy Analytic Hierarchy Process*. Proses validasi dilakukan dengan metode *Cluster sampling*, dimana populasi sampel dibatasi menjadi 10 kecamatan (Kecamatan Brangsong, Cepiring, Kaliwungu, Kaliwungu Selatan, Ngampel, Pegandon, Limbangan, Kota Kendal, Singorojo, dan Patebon) di Kabupaten Kendal. Pemilihan sampel kemudian dipilih secara acak sesuai dengan pedoman dari data kejadian bencana dari BPBD. Setiap titik sampel kemudian diperiksa dengan memperhatikan kondisi fisik daerah dan wawancara dengan penduduk sekitar mengenai kejadian bencana banjir, tanah longsor, dan kekeringan. Proses validasi dilakukan dengan cara membandingkan hasil pemetaan ancaman bencana dengan hasil survei di lapangan. Perekaman titik validasi dilakukan dengan merekam titik bencana menggunakan aplikasi Mobile Topographer.

IV.1.1 Hasil Validasi Ancaman Bencana Banjir

Berdasarkan 40 titik survei lapangan, diperoleh 30 titik yang sesuai dengan hasil pengolahan ancaman bencana banjir dengan pembobotan FAHP. Nilai persentase pemetaan ancaman bencana banjir dengan pembobotan FAHP adalah 75%. Ketidaksesuaian antara hasil model peta ancaman banjir dengan titik validasi di lapangan adalah adanya upaya normalisasi sungai dan pembuatan tanggul di bantaran sungai oleh pemerintah dan masyarakat. Wilayah yang biasanya

terkena banjir terdapat pada wilayah yang dekat dengan sungai atau saluran air lainnya, wilayah dengan curah hujan tinggi, dan wilayah dengan ketinggian lebih rendah dari wilayah lainnya.



GAMBAR 1 Sebaran Titik Validasi

IV.1.2 Hasil Validasi Ancaman Bencana Tanah Longsor

Berdasarkan 40 titik survei lapangan, diperoleh 34 titik yang sesuai dengan hasil pengolahan ancaman bencana banjir dengan pembobotan FAHP. Nilai persentase pemetaan ancaman bencana banjir dengan pembobotan FAHP adalah 85%. Wilayah yang biasanya terkena tanah longsor terdapat pada wilayah dengan kemiringan ekstrim dan wilayah dengan curah hujan tinggi. Wilayah yang biasanya terkena tanah longsor terdapat pada wilayah dengan kemiringan ekstrim dan wilayah dengan curah hujan tinggi.

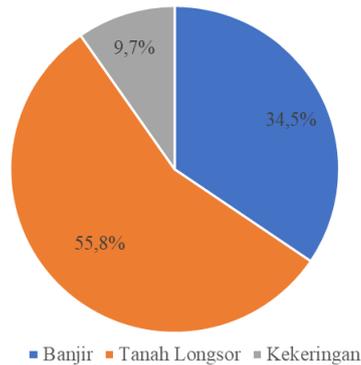
IV.1.3 Hasil validasi Ancaman Bencana Kekeringan

Berdasarkan 40 titik survei lapangan, diperoleh 33 titik yang sesuai dengan hasil pengolahan ancaman bencana kekeringan dengan pembobotan FAHP. Nilai persentase ancaman bencana kekeringan dengan pembobotan FAHP dan Methodologi Geo Hazard adalah 82,5%. Ketidaksesuaian antara hasil model peta ancaman banjir dengan titik validasi di lapangan adalah adanya program PAMSIMAS (Program Penyediaan Air Minum dan Sanitasi Berbasis Masyarakat) dan normalisasi saluran irigasi oleh pemerintah dan masyarakat. Wilayah yang biasanya terkena kekeringan terdapat pada wilayah dengan curah hujan rendah, dan wilayah dengan sedikit tumbuh-tumbuhan.

IV.2 Pemetaan Ancaman Multi Bencana

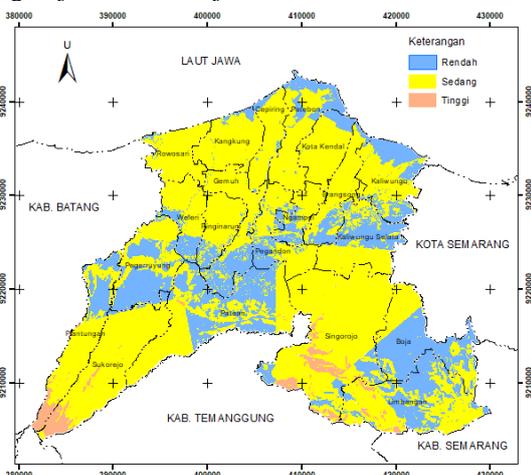
Pemetaan ancaman multi bencana variasi kriteria bobot FAHP dilakukan dengan *overlay* dari kriteria bencana dari ancaman bencana banjir, tanah longsor, dan kekeringan yang diolah dengan pembobotan FAHP. Hasil pembobotan FAHP ancaman multi bencana di Kabupaten Kendal dapat dilihat pada **GAMBAR 2**. Pada **GAMBAR 2**, persentase bobot FAHP ancaman multi bencana terbesar adalah ancaman bencana tanah longsor dengan bobot 55.8%. Sehingga

tanah longsor menjadi ancaman bencana prioritas ancaman utama di Kabupaten Kendal. Nilai bobot akhir dari ancaman bencana tanah longsor sangat berpengaruh dalam pemetaan ancaman multi bencana. Persentase bobot FAHP ancaman multi bencana terbesar kedua adalah ancaman bencana banjir dengan bobot 34,5%. Sehingga banjir menjadi ancaman bencana dengan prioritas ancaman kedua di Kabupaten Kendal. Persentase bobot FAHP ancaman multi bencana terkecil adalah ancaman bencana kekeringan dengan bobot 9,7%. Sehingga kekeringan menjadi ancaman bencana dengan prioritas ancaman terkahir di Kabupaten Kendal.

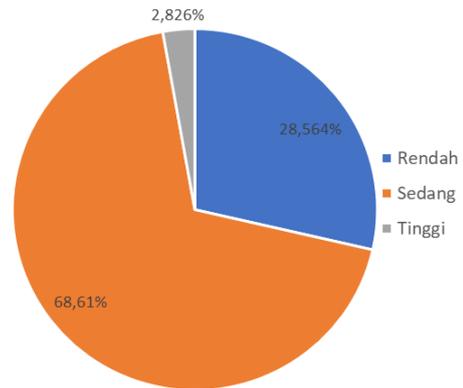


GAMBAR 2 Diagram Bobot FAHP Ancaman Multi Bencana

Berdasarkan **GAMBAR 4** dan **TABEL 17** diperoleh bahwa persentase luas kelas ancaman multi bencana dengan pembobotan FAHP yang paling tinggi adalah kelas ancaman sedang dengan persentase luas ancaman sebanyak 68,610% dengan luas kelas ancaman sedang adalah 69112,504 Ha dan tersebar di seluruh kecamatan di Kabupaten Kendal. Kelas ancaman tertinggi kedua adalah kelas ancaman rendah dengan persentase 28,564%. Luas kelas ancaman rendah adalah sebesar 28773,774 Ha dan tersebar di seluruh kecamatan yang ada di Kabupaten Kendal. Luas kelas ancaman terendah adalah kelas ancaman tinggi dengan persentase 2,826%. Luas kelas ancaman tinggi adalah sebesar 2846,631 Ha dan tersebar di Kecamatan Kaliwungu Selatan, Limbangan, Patean, Plantungan, Singorojo, dan Sukorejo.



GAMBAR 3 Ancaman Multi Bencana FAHP



GAMBAR 4 Persentase Kelas Multi Bencana FAHP

TABEL 17 Luas Kelas Ancaman Multi Bencana FAHP

No.	Kecamatan	Kelas Ancaman (Ha)			Jumlah
		Rendah	Sedang	Tinggi	
1	Boja	3.826,062	2.318,775	0,000	6.144,837
2	Brangsong	819,961	2.433,662	0,000	3.253,623
3	Cepiring	287,024	2.192,527	0,000	2.479,551
4	Gemuh	1.537,440	2.580,097	0,000	4.117,537
5	Kaliwungu	1.976,259	2.638,822	0,000	4.615,081
6	Kaliwungu Selatan	1.998,226	3.018,387	1,860	5.018,473
7	Kangkung	252,002	3.299,517	0,000	3.551,519
8	Kota Kendal	446,929	2.732,411	0,000	3.179,340
9	Limbangan	3.246,207	4.725,364	319,265	8.290,836
10	Ngampel	661,378	1.302,637	0,000	1.964,015
11	Patean	4.444,716	5.744,665	41,342	10.230,723
12	Patebon	1.398,713	3.063,141	0,000	4.461,854
13	Pegandon	1.051,545	2.563,840	0,000	3.615,385
14	Pegerruyung	2.807,255	2.321,171	0,000	5.128,426
15	Plantungan	1.247,429	3.240,354	513,936	5.001,719
16	Ringinarum	480,302	2.160,724	0,000	2.641,026
17	Rowosari	108,208	2.866,069	0,000	2.974,277
18	Singorojo	1.152,563	11.334,095	1.200,059	13.686,717
19	Sukorejo	230,545	6.414,822	770,169	7.415,536
20	Weleri	801,010	2.161,424	0,000	2.962,434
Total		28.773,774	69.112,504	2.846,631	100.732,909

V. Kesimpulan dan Saran

V.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis penelitian yang telah dilakukan, diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

1. Tingkat akurasi dari hasil pemodelan ancaman bencana di Kabupaten Kendal menggunakan metode pembobotan kriteria bencana *Fuzzy Analytic Hierarchy Process* Pada ancaman bencana banjir, tanah longsor dan kekeringan adalah 75%, 85%, dan 82,5%.
2. Sebaran wilayah yang terancam bencana di Kabupaten Kendal pada kelas ancaman multi bencana tinggi berbasis FAHP diperoleh luas ancaman sebesar 2846,631 Ha dan tersebar di Kecamatan Kaliwungu Selatan, Limbangan, Patean, Plantungan, Singorojo, dan Sukorejo.

V.2 Saran

Berdasarkan pada penelitian yang telah dilakukan dari awal hingga akhir, berikut saran-saran yang dapat dikemukakan untuk penelitian selanjutnya :

1. Untuk hasil pengolahan yang lebih teliti sebaiknya menggunakan data citra dan DEM dengan resolusi yang lebih tinggi.
2. Menggunakan data sekunder revisi terbaru untuk hasil yang maksimal terutama tata guna lahan.
3. Alangkah lebih baik jika validasi dilakukan dengan titik uji yang lebih banyak dan detail.

Daftar Pustaka

- Adil, A. 2017. Sistem Informasi Geografis. Penerbit Andi. Yogyakarta.
- Adnyana, TGafa., Gandhiadi, GK., dan Nilakusmawati, DPE. 2016. Penerapan Metode Fuzzy AHP dalam Penentuan Sektor yang Berpengaruh terhadap Perekonomian Provinsi Bali. *Jurnal Matematika* Vol. 5 No.2.
- Amhar, F., dan Darmawan, M. 2007. Sebuah Kajian atas Peta-Peta Multi Bencana. *Bakan Rehabilitasi dan Rekonstruksi Aceh*. Banda Aceh.
- Aprianto, JK., Gundhiadi, GK., dan Nilakusmawati, DPE. 2014. Pemilihan Kriteria dalam Pembuatan Kartu Kredit dengan Menggunakan Metode Fuzzy AHP. *E-Jurnal Matematika* Vol. 3, No.1 Januari 2014.
- Apriyono, A. 2009. Analisis Penyebab Tanah Longsor di Kalitlaga Banjarnegara. *Jurnal Dinamika Rekayasa* Vol. 5 No. 1.
- Atmosukarto, Kusnindar. 1994. Cara Pengambilan dan Penentuan Besar Sampel untuk Penelitian Sosial. *Media Litbangkes* Vol. IV No. 01.
- BPBD Kendal. 2018. Data dan Informasi Bencana Tahun 2017. http://bpbdkendalkab.go.id/info_bencana/page/2017/. Diakses pada tanggal 9 Maret 2018.
- Ekadinata, A., Dewi, S., Hadi, DP., Nugroho, DK., dan Johana, F. 2011. Sistem Informasi Geografi Untuk Pengelolaan Bentang Lahan Berbasis Sumber Daya Alam. Penerbit PT. Bumi Pertiwi. Malang.
- Irwansyah, E. 2013. Sistem Informasi Geografis: Prinsip Dasar dan Pengembangan Aplikasi. Penerbit Digibooks, Yogyakarta.
- Jamil, NA. Tanpa Tahun. Teknik Sampilng. Fakultas Kedokteran Universitas Islam Indonesia.
- Kendalkab. 2016. Kondisi Geografis. https://www.kendalkab.go.id/profil/detail/kondisi_geografis. Diakses pada tanggal 9 Maret 2018.
- Kompas. 2017. Kekeringan di Kendal Meluas, Warga Minta Bantuan Air Bersih. <https://regional.kompas.com/read/2017/09/15/07502681/kekeringan-di-kendal-meluas-warga-minta-bantuan-air-bersih>. Diakses pada tanggal 9 Maret 2018.
- Nugraha, AL., Hani'ah, dan Pratiwi, RD. 2016. *Assessment of Multihazards in Semarang City*. International Symposium on Earth Hazard and Disaster Mitigation 2016.
- Novitasari, NW, Nugraha, AL., dan Suprayogi, A. 2015. Pemetaan Multi Hazards Berbasis Sistem Informasi Geografis di Kabupaten Demak Jawa Tengah. *Jurnal Geodesi Undip Volume 4, Nomor 4, Tahun 2015*.
- Pratiwi, RD., Nugraha, AL., dan Hani'ah. 2016. Pemetaan Multi Bencana Kota Semarang. Tugas Akhir Sarjana Teknik Geodesi Fakultas Teknik Universitas Diponegoro.
- Presiden Republik Indonesia.. 2007. Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 24 Tahun 2007 Tentang Penanggulangan Bencana. Menteri Hukum Dan Hak Asasi Manusia Republik Indonesia.
- Theml, S., Santoso, E., dan Adiningsih, ES. 2008. Katalog Methodologi Penyusunan Peta Geo Hazard dengan GIS. Badan Rehanilitasi dan Rekontruksi NAD-Nias. Banda Aceh.