

**IMPLEMENTASI METODE FUZZY ANALYTICAL HIERARCHY  
PROCESS DALAM PEMBUATAN PETA ANCAMAN BANJIR  
(Studi Kasus: Kota Bekasi, Jawa Barat)**

Alvin Septian<sup>\*)</sup>, L.M. Sabri, Firman Hadi

Departemen Teknik Geodesi Fakultas Teknik Universitas Diponegoro  
Jl. Prof. Sudarto, SH, Tembalang, Semarang Telp.(024)76480785, 76480788  
Email : alvinseptian259@gmail.com

**ABSTRAK**

Banjir merupakan salah satu bencana hidrometeorologi yang paling sering terjadi di Indonesia. Sekitar 13,56% dari keseluruhan bencana yang terjadi di Provinsi Jawa Barat adalah banjir. Perubahan iklim, cuaca ekstrem, dan juga penyumbatan irigasi dan sungai menjadi salah satu faktor utama banjir. Kota Bekasi adalah salah satu kota yang memiliki angka kejadian banjir yang tinggi. Untuk mengurangi risiko dan kerugian yang disebabkan oleh banjir, penting untuk memahami dan menganalisis ancaman banjir dengan akurat. Pemetaan ancaman bencana banjir adalah contoh dari banyak upaya untuk meningkatkan kewaspadaan akan dampak bencana banjir. Metode Fuzzy Analytical Hierarchy Process (FAHP) digunakan untuk mengatasi ketidakpastian dan ambiguitas dalam memodelkan ancaman banjir. Langkah-langkah pembobotan dengan FAHP meliputi pembentukan hirarki kriteria, penentuan bobot relatif, dan perankingan kriteria. Kriteria yang dipertimbangkan dalam penelitian ini mencakup faktor-faktor yang relevan dengan ancaman banjir, seperti kelerengan, topographic index wetness (TWI), plan curvature, elevasi, tutupan lahan, litologi, jarak ke sungai, serta curah hujan. Setelah bobot dari tiap parameter ditentukan, penyusunan peta ancaman banjir dilakukan dengan menggunakan metode skoring dan overlay dan didapatkan tiga tingkat ancaman yakni rendah, sedang, dan tinggi. Kelas ancaman rendah memiliki persentase sebesar 7,53% atau 1.577 Ha dari total luasan Kota Bekasi, untuk kelas sedang sebesar 91,98% atau 19.259 Ha dari total luasan Kota Bekasi, dan untuk kelas tinggi 0,49% atau 102, 845 Ha dari total luasan Kota Bekasi. Kemudian, peta ancaman dilakukan validasi dengan melakukan wawancara langsung kepada warga setempat pada 100 titik yang didapatkan melalui metode stratified random sampling dan didapatkan tingkat akurasi peta sebesar 81%.

**Kata Kunci:** Banjir, Fuzzy AHP, Koekasi, Peta Ancaman, *Stratified Random Sampling*.

**ABSTRACT**

*Flood is one of the most frequent hydro-meteorological disasters in Indonesia. Approximately 13.56% of all disasters in West Java Province are floods. Climate change, extreme weather, as well as irrigation and river blockages are among the main factors contributing to floods. Bekasi City is one of the cities with a high incidence of floods. To reduce the risks and losses caused by floods, it is important to understand and accurately analyze flood threats. Mapping flood disaster threats is an example of the many efforts to enhance awareness of the impacts of flood disasters. The Fuzzy Analytical Hierarchy Process (FAHP) method is used to address uncertainties and ambiguities in modeling flood threats. The steps of weighting with FAHP include forming a hierarchy of criteria, determining relative weights, and ranking the criteria. The criteria considered in this study include relevant factors such as slope, topographic wetness index (TWI), plan curvature, elevation, land cover, lithology, distance to rivers, and rainfall. After determining the weights for each parameter, the flood threat mapping is performed using scoring and overlay methods, resulting in three levels of threat: low, moderate, and high. The low-threat class covers 7.53% or 1,577 hectares of the total area, the moderate-threat class covers 91.98% or 19,259 hectares, and the high-threat class covers 0.49% or 102,845 hectares. Subsequently, the flood threat map is validated by conducting direct interviews with local residents at 100 points obtained through stratified random sampling, and the map's accuracy is found to be 81%.*

**Keywords:** Bekasi, Flood, Fuzzy AHP, Threat Map, *Stratified Random Sampling*

<sup>\*)</sup> Penulis Utama, Penanggung Jawab

**I. Pendahuluan**

**I.1 Latar Belakang**

Indonesia merupakan negara yang memiliki dua musim yakni hujan dan panas dengan karakter perubahan cuaca, arah angin, dan juga suhu yang terjadi karena letaknya yang berada di antara 6° Lintang Utara

dan 11° Lintang Selatan dan memiliki karakter iklim yang tropis. Karakter iklim seperti ini dapat meningkatkan resiko terjadinya bencana yang terjadi pada atmosfer, lautan, atau air yang biasa dikenal dengan bencana hidrometeorologi seperti tanah longsor, kekeringan tanah, dan juga banjir. Kondisi

tersebut diperparah dengan faktor perubahan iklim yang ekstrim yang ada di Indonesia (Suryadi, 2018). Faktor-faktor tersebut menyebabkan frekuensi bencana hidrometeorologi di Indonesia pada tahun 2020 mengalami kenaikan hampir delapan kali lipat dibandingkan tahun 2005 silam (Sutaji, 2021).

Salah satu bencana hidrometeorologi yang cukup berdampak besar pada masyarakat Indonesia adalah bencana banjir. Bencana banjir sendiri merupakan suatu keadaan ketika saluran irigasi atau saluran pembuang tidak dapat menampung air hujan maupun aliran air pada saluran tersebut yang menyebabkan tergenangnya daerah sekitar yang didefinisikan sebagai dataran banjir (Suripin, 2004). Berdasarkan data Badan Penanggulangan Bencana Daerah (BPBD) Provinsi Jawa Barat, bencana banjir memiliki persentase 13,56% dari total kejadian bencana alam di Provinsi Jawa Barat pada sepanjang bulan Januari hingga Desember 2021. Faktor alam terjadinya bencana banjir didominasi dengan faktor cuaca seperti distribusi curah hujan, intensitas curah hujan, durasi hujan, dan frekuensi hujan serta karakteristik daerah aliran sungai (DAS) seperti kelerengan lahan, elevasi, geologi, dan juga tutupan lahan (Hapsari, 2019). Akibatnya, tingkat ancaman banjir pada tiap wilayah pasti berbeda. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan potensi ancaman bencana banjir yang terdapat pada wilayah studi kasus yakni Kota Bekasi.

Peta ancaman bencana dalam penelitian ini dilakukan dengan menggunakan metode *Fuzzy Analytical Hierarchy Process* (FAHP). Metode FAHP memiliki kemampuan menyelesaikan masalah dari hasil persilangan beberapa kriteria kompleks (Astuti, 2017). Kota Bekasi merupakan salah satu kota yang memiliki banyak titik rawan banjir yang akut seperti Kecamatan Jatisampurna, Jatiasih, Pondok Gede, dan Bantar Gebang serta 66,81% daerah lainnya yang memiliki potensi rawan banjir (Hafizhan, 2020). Tentunya mitigasi bencana dengan pengambilan keputusan yang tepat sangat dibutuhkan pada Kota Bekasi. Salah satu faktor pengambilan keputusan bisa dilakukan dengan metode *Multi Criteria Decision Making* (MCDM) dengan akurasi peta yang nilainya diterima.

Pada penelitian ini diharapkan nantinya agar pihak berwenang dapat menentukan metode FAHP dalam pembuatan peta ancaman banjir pada Kota Bekasi sebagai salah satu metode yang dapat dijadikan referensi dalam penentuan ancaman banjir.

## I.2 Rumusan Masalah

Penelitian ini memiliki rumusan masalah yakni:

1. Bagaimana tingkat ancaman bencana banjir pada kota bekasi dengan menggunakan metode fuzzy AHP?
2. Bagaimana tingkat akurasi peta ancaman bencana banjir terhadap kejadian bencana banjir yang terdapat pada wilayah Kota Bekasi?

## I.3 Tujuan Penelitian

Penelitian ini memiliki tujuan diantaranya yaitu:

1. Mengetahui peta ancaman bencana banjir beserta tingkat ancaman banjir Kota Bekasi.
2. Mengetahui tingkat kesesuaian antara peta ancaman bencana banjir dan juga kejadian bencana banjir yang terdapat pada wilayah Kota Bekasi.

## I.4 Batasan Lingkup Penelitian

Dalam penelitian yang dilakukan ini memiliki batasan yaitu sebagai berikut:

1. Lokasi penelitian di Kota Bekasi, Provinsi Jawa Barat.
2. Objek utama dalam penelitian ini adalah bencana banjir untuk melakukan perhitungan ancaman bencana banjir
3. Data penelitian yang dipakai dalam penelitian ini didapatkan melalui instansi pemerintah, *open source* dan wawancara pihak terkait berupa :
  - a. Data ASTER GDEM V3 2022 dengan resolusi spasial 30m untuk pengolahan peta kelerengan yang selanjutnya untuk diolah menjadi peta *Topographic Wetness Index*, Elevasi, dan *Plan Curvature*.
  - b. Data batas administrasi Kota Bekasi tahun 2021 dalam format shp (BPN Kota Bekasi).
  - c. Data curah hujan Kota Bekasi tahun 2021 (BMKG).
  - d. Data jaringan sungai Kota Bekasi tahun 2021 dalam format shp (DISTARU Kota Bekasi).
  - e. Data Litologi Kota Bekasi tahun 2021 dalam format shp (BAPPELITBANGDA)
  - f. Peta tata guna lahan Kota Bekasi tahun 201421 (DISTARU Kota Bekasi).
4. Pengolahan data menggunakan QGIS 3.16
5. Penelitian ini memiliki tujuan untuk mengetahui tingkat ancaman bencana banjir pada Kota Bekasi
6. Pembobotan parameter berupa kelerengan, elevasi, *topographic wetness index*, *plan curvature*, curah hujan, litologi, dan jarak ke sungai dengan menggunakan metode *Fuzzy Analytical Hierarchy Process* (FAHP).
7. Pengolahan berbasis Sistem Informasi Geografis (SIG) dalam beberapa tahap seperti dalam metode skoring dan *overlay* berdasarkan data parameter bencana banjir pada pengolahan peta ancaman bencana banjir yang dilakukan berdasarkan Perka BNPB Nomor 2 Tahun 2012.
8. Validasi kesesuaian hasil peta ancaman bencana banjir dihasilkan dari wawancara validasi dengan warga setempat.

## II. Tinjauan Pustaka

### II.1 Bencana Banjir

Menurut Undang-Undang Nomor 24 Tahun 2007, bencana merupakan rangkaian peristiwa yang bersifat mengancam dan mengganggu kehidupan serta kehidupan manusia yang disebabkan oleh faktor alam/ manusia yang menyebabkan korban jiwa, kerusakan lingkungan, kerugian material serta dampak psikologis. Banjir adalah suatu keadaan dimana

tergenangnya daratan yang kering oleh air yang disebabkan oleh peningkatan volume air di sekitar daerah tersebut. Faktor lain yang dapat menyebabkan banjir termasuk ke dalam faktor non alam yang berupa perubahan penggunaan lahan, perencanaan sistem pengendalian banjir yang tidak tepat, serta penyumbatan irigasi akibat limbah pemukiman (Razikin et al dalam Agus Taryana, 2022). Bencana banjir di Indonesia merupakan bencana yang paling sering terjadi pada sepanjang tahun 2021 dengan jumlah 1.288 kejadian yang setara dengan 42,1% bencana keseluruhan serta 335 kejadian diantaranya terjadi pada Provinsi Jawa Barat (BNPB, 2021).

**II.2 Sistem Informasi Geografis (SIG)**

Sistem informasi geografis yang selanjutnya disebut SIG merupakan sebuah sistem yang berfungsi untuk memasukan data, *recall*, mengolah, menganalisis hingga menghasilkan data-data yang berkaitan dengan referensi geografis dan geospasial dengan tujuan guna menjadi pertimbangan pengambilan keputusan dalam perencanaan, perancangan, dan pengelolaan penggunaan lahan, sumber daya alam, lingkungan, sistem transportasi, hingga fasilitas dan pelayanan umum lainnya (Murai dalam Luthfina, 2019)

**II.3 Peta Ancaman Banjir**

Peta ancaman bencana banjir merupakan sebuah peta yang berisikan informasi mengenai daerah yang memiliki tingkat ancaman banjir tertentu. Pembuatan peta ancaman bencana banjir didasari oleh beberapa literasi yang telah dikeluarkan secara resmi oleh pemerintah seperti literasi mengenai indeks ancaman bencana banjir pada PERKA BNPB Nomor 2 Tahun 2012 tentang Pedoman Umum Pengkajian Risiko Bencana. Parameter yang digunakan dalam pembuatan peta ancaman bencana banjir pada penelitian ini tertera pada **Tabel 1-10**.

**Tabel 1** Parameter Kelerengan (Darmawan K. , 2017)

No.	Kelas (%)	Skor
1.	>25	1
2.	15-25	2
3.	8-15	3
4.	0-8	4

**Tabel 2** Parameter Plan Curvature (Tehrany & Pradhan, 2013)

No.	Kelas	Skor
1.	Cembung	1
2.	Datar	2
3.	Cekung	3

**Tabel 3** Parameter Curah Hujan Bulanan (Salahuddin, 2022)

No.	Kelas (mm)	Skor
1.	0-50	1
2.	50 -200	2
3.	>200	3

**Tabel 4** Parameter Tutupan Lahan (Darmawan & Theml, 2008)

No.	Kelas	Skor
1.	Hutan	1
2.	Semak Belukar	2
3.	Ladang/ Tegalan/ Kebun	3
4.	Sawah/ Tambak	4
5.	Pemukiman	5

**Tabel 5** Parameter Elevasi (Darmawan & Theml, 2008)

No.	Kelas (m)	Skor
1.	>200	1
2.	100-200	2
3.	50-100	3
4.	10-50	4
5.	<10	5

**Tabel 6** Parameter TWI (Parsian, 2021)

No.	Kelas	Skor
1.	Sangat Rendah	1
2.	Rendah	2
3.	Sedang	3
4.	Tinggi	4
5.	Sangat tinggi	5

**Tabel 7** Parameter Kelerengan (Goumrassa, 2021)

No.	Kelas	Skor
1.	Batu Gamping dan Piroklastik	1
2.	Batu Pasir dan Lempung	2
3.	Lempung Berlumpur	3
4.	Alluvium	4

**Tabel 8** Parameter Kelerengan (Handifa, 2022)

No.	Kelas (m)	Skor
1.	>500	1
2.	300-500	2
3.	<300	3

Pengklasifikasian peta ancaman bencana banjir berdasarkan parameter-parameter tersebut nantinya dilakukan dengan pengolahan *equal interval* dari hasil nilai proses *overlay* dan *scoring*. Penentuan batas interval (Safira, 2021) untuk peta ancaman ditentukan dengan persamaan seperti berikut:

$$Ikterval\ 1 = V_{Min} + \frac{(V_{Max} - V_{Min})}{n} \quad (1)$$

$$Ikterval\ 2 = V_{MaS} + \frac{(V_{Max} - V_{Min})}{n} \quad (2)$$

Keterangan:

$V_{Min}$  = Nilai Minimum Hasil *Overlay*

$V_{MaS}$  = Nilai Maksimum Hasil *Overlay*

$k$  = Jumlah Kelas yang Diinginkan

Pengklasifikasian pada parameter membagi kelas ancaman menjadi tiga kelas yakni kelas rendah, kelas sedang, dan kelas tinggi dimana interval untuk tiap masing-masing kelas dibatasi dengan nilai tertentu seperti kelas rendah dengan interval nilai dari nilai minimal hasil *scoring* dan *overlay* hingga Interval 1, kelas sedang dengan interval dari Interval 1 hingga Interval 2, dan kelas tinggi dengan interval dari Interval 2 hingga nilai maksimal. Setiap *pixel* hasil pengolahan *scoring* dan *overlay* akan dikelompokkan ke dalam kelas-kelas ancaman tersebut sesuai dengan nilai yang dimiliki tiap *pixel*-nya.

**II.4 Skoring dan Overlay**

Skoring adalah sebuah proses penilaian berupa nilai tertentu pada hasil digitasi peta yang dapat merepresentasikan informasi pada sebuah data spasial. Sedangkan pembobotan adalah sebuah metode *decision making* yang melibatkan beberapa faktor secara kolektif dengan memberikan bobot pada faktor yang terlibat dalam prosesnya.

*Overlay* adalah sebuah salah satu metode analisis spasial yang menggunakan konsep tumpang tindih terhadap beberapa aspek sehingga menghasilkan informasi spasial yang terintegrasi. Proses *overlay* menghasilkan informasi peta baru yang berisi informasi-informasi dari setiap layer yang di tumpang tindihkan. Sebuah metode *overlay* harus dilakukan dengan syarat informasi terkait menggunakan sistem referensi spasial yang sama untuk mendapatkan hasil informasi spasial yang terintegrasi

**II.5 Fuzzy Analytical Hierarchy Process (FAHP)**

Metode *fuzzy analytical hierarchy process* merupakan metode analitis yang merupakan bentuk pengembangan dari metode AHP yang dimana memiliki kekurangan dalam menghadapi faktor ketidaktepatan pada masalah yang membutuhkan *Multi Criteria Decision Making* (Astuti, 2017). Beberapa ahli mendefinisikan metode *fuzzy AHP* dianggap lebih baik dalam mendeskripsikan keputusan yang samar-samar daripada AHP. Beberapa tahapan untuk melakukan pembobotan dengan metode FAHP :

1. Membangun matriks perbandingan berpasangan (*pairwise comparison*) dengan skala tingkat kepentingan dari 1 sampai 9.
2. Melakukan normalisasi matriks dengan pembagian pada setiap sel dengan jumlah pada kolomnya.
3. Menghitung nilai rata-rata pada setiap baris matriks ternormalisasi yang akan menghasilkan vektor prioritas.
4. Menentukan Estimasi Rasio Konsistensi.
  - a) Mengalikan matriks perbandingan berpasangan dengan vektor prioritas dan akan menghasilkan Vektor Jumlah Bobot (VJB).
  - b) Menentukan nilai vektor konsistensi dengan cara pembagian pada jumlah bobot dan vektor prioritas.

- c) Menghitung nilai rata-rata konsistensi ( $\lambda_{maks}$ ) atau sering disebut sebagai eigen maksimal.
- d) Menghitung nilai *Consistency Index* (CI).
- e) Menghitung nilai *Consistency Ratio* (CR).
5. Konversikan skala pada AHP menjadi bilangan *Triangular Fuzzy*. Apabila nilai *Consistency Ratio* (CR) telah memenuhi  $\leq 10\%$  konversikan skala AHP menjadi bilangan *triangular fuzzy*.
6. Menentukan nilai *Fuzzy Synthetic Extent*.  

$$S_i = \sum_{j=1}^m M_{gi}^j \times \frac{1}{[\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{gj}^j]} \dots\dots\dots (3)$$

Keterangan:

- $S_i$  = Nilai sintesis *fuzzy*.
- $\sum_{j=1}^m M_{gi}^j$  = Penjumlahan angka pada kolom dari pertama hingga akhir di setiap baris matriks.
- $\frac{1}{[\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{gj}^j]}$  = Penjumlahan nilai total

menyeluruh pada bilangan *fuzzy* di setiap kolom.

7. Menghitung nilai vektor *Fuzzy AHP* (V) dan nilai ordinat defuzzifikasi (dmin).
8. Melakukan Normalisasi Bobot *Fuzzy AHP*, dilakukan dengan cara melakukan penjumlahan pada semua nilai terkecil (dmin) pada tiap kriteria. Kemudian bobot *Fuzzy AHP* didapat dari pembagian antara nilai dmin tiap baris dengan nilai totalnya.

**II.6 Stratified Random Sampling dan Teknik Validasi**

*Stratified Random Sampling* (pengambilan sampel acak bertingkat) merupakan salah satu metode penentuan sampel dengan menggunakan proses pengambilan sampel melalui proses pembagian populasi menjadi beberapa strata (lapisan), memilih sampel acak sederhana dari tingkatannya yang sudah dikelompokkan, dan menggabungkannya ke dalam sebuah sampel untuk menghitung nilai taksiran pada parameter populasinya (Demokrawati, 2014).

Stratified random sampling pada penelitian kai ini digunakan melalui penggunaan plugin AcATaMa. Penggunaan plugin ini berdasarkan luasan area di tiap kelas hasil pembuatan peta ancaman, jumlah titik yang diinginkan, jarak minimal antar titik serta standar deviasi dari persebaran titik di tiap kelasnya. Setelah ditentukan, wawancara dilakukan pada titik-titik yang sudah disebar untuk memvalidasi peta ancaman bencana banjir yang telah diolah dengan kejadian sebenarnya. Hasil wawancara yang berupa pertanyaan mengenai frekuensi dan keparahan banjir akan dikonversikan ke dalam kelas ancaman melalui matriks modifikasi. Matriks konversi ditampilkan pada Tabel 9:

Tabel 9 Matriks Validasi Tingkat Ancaman

Tingkat Keparahan	Intensitas			
		Tidak Pernah	Pernah	Sering
	Tidak Parah	Rendah	Rendah	Sedang
	Sedang	Rendah	Sedang	Tinggi
	Sangat Parah	Sedang	Tinggi	Tinggi

Validasi juga akan dilakukan dengan melakukan perbandingan kelas ancaman pada peta ancaman dengan titik lokasi kejadian banjir pada 2020 yang didapat dari BPBD Kota Bekasi.

III. Metodologi Penelitian

III.1 Alat dan Data Penelitian

Berikut adalah peralatan yang dibutuhkan dalam penelitian ini yaitu:

1. Perangkat Keras (*Hardware*) yang digunakan adalah Laptop Asus VivoBook S14.
2. Perangkat Lunak yang digunakan antara lain:
  - a. QGIS 3.16
  - b. Microsoft Office Word 2019
  - c. Microsoft Office Excel 2019

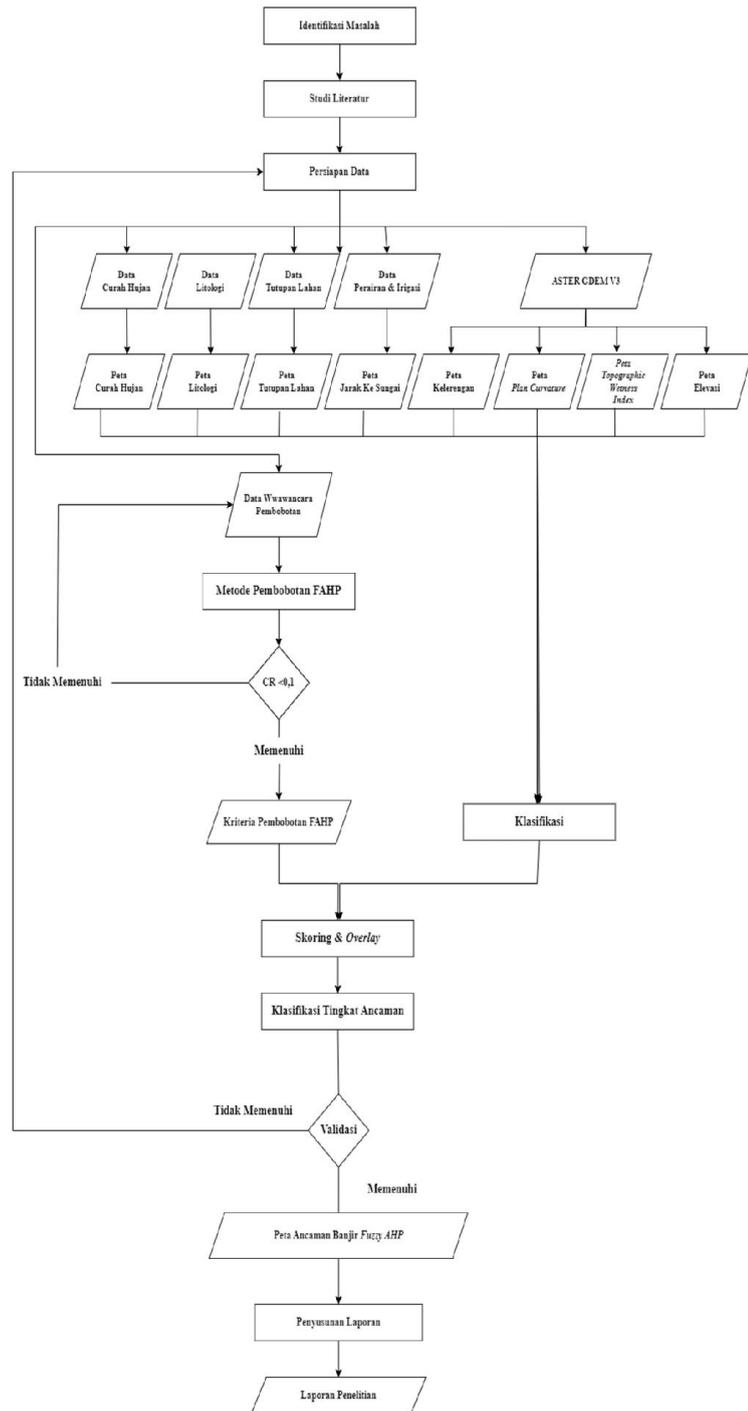
Data yang digunakan dalam penelitian adalah :

- a. Data ASTER GDEM V3 2022 dengan resolusi spasial 30m
- b. Data batas administrasi Kota Bekasi tahun 2022 (DISTARU Kota Bekasi).
- c. Data curah hujan Kota Bekasi tahun 2022 (BMKG).
- d. Data jaringan sungai Kota Bekasi tahun 2022 (DISTARU Kota Bekasi).
- e. Data Geologi Kota Bekasi tahun 2022 (BAPPELITBANGDA)
- f. Data Peta tata guna lahan Kota Bekasi tahun 2021 (DISTARU Kota Bekasi).
- g. Data wawancara dengan BPBD Kota Bekasi untuk pembobotan FAHP 2022.
- h. Data Diagram Alir Data wawancara validasi 2023.

III.2 Pelaksanaan Penelitian

Tahapan pelaksanaan penelitian yang dilakukan berdasarkan diagram alir seperti yang ditampilkan pada Gambar 1 adalah sebagai berikut:

1. Persiapan data  
 Persiapan data dilakukan dengan mengklasifikasi data yang akan digunakan pada penelitian ini dengan kelas yang telah dipaparkan pada subbab II.3 yang meliputi data kelerengan, *plan curvature*, curah hujan, tutupan lahan, elevasi, TWI, litologi, dan jarak ke sungai
2. Wawancara untuk pembobotan FAHP  
 Wawancara dilakukan untuk menentukan pembobotan tiap parameter yang digunakan pada



Gambar 1 Diagram Alir Penelitian

penelitian kali ini. Wawancara dilakukan kepada perwakilan dari pihak BPBD Kota Bekasi yakni Bapak Toni Kurniadi selaku Kepala Bidang Kesiapsiagaan dan Pencegahan dan Bapak Karsono selaku Wakasatgas BPBD Kota Bekasi.

3. Pembobotan FAHP

Hasil wawancara kemudian diolah menjadi nilai *pairwise* yang kemudian digunakan untuk mencari nilai eigen tiap parameter dengan syarat rasio konsistensi  $< 10$ . Setelah dilakukan pengolahan AHP, nilai *pairwise* tiap parameter

diubah kedalam bilangan *fuzzy* dengan proses defuzzyfikasi. Nilai dalam bilangan *fuzzy* kemudian dilakukan penjumlahan dan perhitungan nilai sintesis *fuzzy* yang nantinya dilakukan perbandingan dan diambil nilai terkecil pada satu parameter yang nantinya dijadikan bobot akhir *fuzzy* AHP.

4. Pengolahan Peta Ancaman  
Proses pengolahan dilakukan dengan melakukan proses skoring dari hasil klasifikasi tiap parameter dengan pembobotan FAHP dan proses *overlay* terhadap parameter yang telah diskoring. Setelah dilakukan proses *overlay*, hasil peta ancaman dibagi menjadi tiga kelas ancaman yakni kelas rendah, kelas sedang dan tinggi.
5. Validasi Peta Ancaman  
Validasi peta ancaman bencana banjir di Kota Bekasi dilakukan dengan menyebar titik dengan metode *stratified random sampling*. Titik-titik yang akan divalidasi disebar berdasarkan luasan area tiap *value* atau dalam penelitian ini berupa kelas ancaman bencana banjir. Titik validasi juga disebar dengan jumlah dan standar deviasi persebaran serta jarak minimal tiap titiknya sesuai dengan kebutuhan penelitian. Setelah mendapatkan titik validasi, wawancara dilakukan pada tiap titik untuk dilakukan kesesuaian antara hasil peta ancaman dengan kondisi sebenarnya di lapangan.
6. Analisis  
Tahapan analisis dilakukan berdasarkan dengan luasan dari kelas tiap parameter dan juga perbandingan luas kelas ancaman pada peta ancaman bencana banjir di Kota Bekasi. Analisis juga dilakukan pada tingkat akurasi peta dengan menggunakan hasil wawancara validasi.

**IV. Hasil dan Pembahasan**

**IV.1 Pembobotan Fuzzy-AHP**

Penilaian pembobotan pada pembuatan peta ancaman banjir di Kota Bekasi ini dilakukan dengan menggunakan metode *Fuzzy-AHP* dengan metode wawancara *Focused Group Discussion* (FGD).

**Gambar 2** Diagram Alir Penelitian

**Tabel 12** Hasil Bobot Fuzzy-AHP

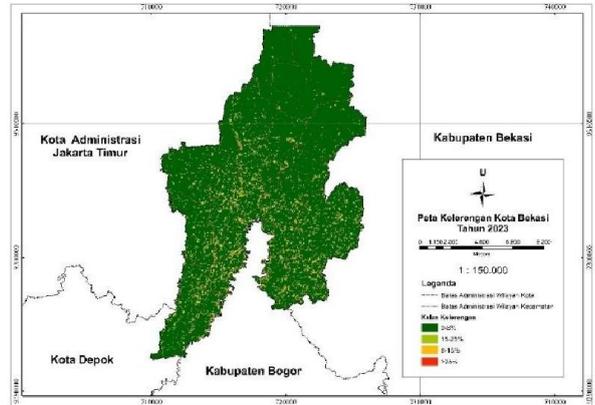
Kriteria	dmin	Bobot Fuzzy-AHP	
Kelerengan	0.9684	0.1811	18.11%
Litologi	0.6083	0.1137	11.37%
Plan Curvature	0.8289	0.155	15.50%
TWI	0.25	0.0467	4.67%
Jarak Terhadap Sungai	1	0.187	18.70%
Tutupan Lahan	0.4751	0.0888	8.88%
Elevasi	0.5379	0.1006	10.06%
Presipitasi Hujan	0.6795	0.1270	12.70%
<b>Total</b>	<b>5.3482</b>	<b>1</b>	<b>100%</b>

Hasil pembobotan pada peta banjir Kota Bekasi menggunakan metode *Fuzzy-AHP* ini dapat dilihat pada

**Tabel 12**, dengan nilai CR yang didapatkan sebesar 6,54%.

**IV.2 Peta Kelerengan**

Hasil dari pengolahan peta kelerengan seperti pada **Gambar 2** berikut:



**Gambar 2** Hasil Peta Kelerengan Kota Bekasi

Hasil rekapitulasi peta kelerengan berdasarkan luasan hasil klasifikasi seperti pada **Tabel 13** berikut:

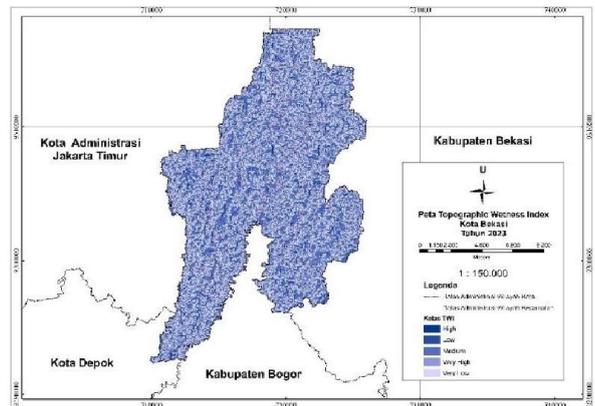
**Tabel 13** Persentase Luasan Hasil Klasifikasi Kelerengan

No.	Kelas (%)	Luasan (ha)	Persentase
1.	>25	1,961	0,01%
2.	15-25	52,756	0,25%
3.	8-15	1.619,814	7,60%

Dari hasil pengolahan peta kelerengan, Kota Bekasi memiliki empat kelas kelerengan yakni kelas 0-8% dengan luas 92,14% dari total luas wilayah Kota Bekasi, kelas 8-15% dengan luas 7,60% dari total luas wilayah Kota Bekasi, kelas 15-25% dengan luas 0,25% dari total luas wilayah Kota Bekasi, dan kelas >25% dengan luas 0,01% dari total luas wilayah Kota Bekasi. Kelerengan pada Kota Bekasi didominasi oleh kelas kelerengan 0-8% sebesar 92,14%

**IV.3 Peta TWI (Topographic Wetness Index)**

Hasil dari pengolahan peta TWI seperti pada **Gambar 3** berikut:



**Gambar 3** Hasil Peta TWI Kota Bekasi

Hasil rekapitulasi peta kelerengan berdasarkan luasan hasil klasifikasi seperti pada **Tabel 14 -15**

**Tabel 14** Persentase Luasan Hasil Klasifikasi TWI

No.	Kelas (%)	Luasan (ha)	Persentase
1.	Sangat Rendah	9.852,638	45,71%

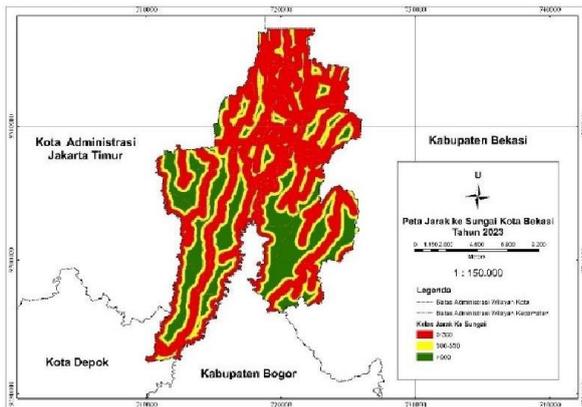
**Tabel 15** Persentase Luasan Hasil Klasifikasi TWI (Lanjutan)

No.	Kelas (%)	Luasan (ha)	Persentase
2.	Rendah	547	2,54%
3.	Sedang	9.371,801	43,48%
4.	Tinggi	1.613,717	7,49%
5.	Sangat Tinggi	170	0,79%

Dari hasil pengolahan Peta TWI. Kota Bekasi memiliki lima kelas nilai TWI yaitu kelas sangat rendah dengan luas 45,71% dari total luas wilayah Kota Bekasi, kelas rendah dengan luas 2,54% dari total luas wilayah Kota Bekasi, kelas sedang dengan luas 43,48% dari total luas wilayah Kota Bekasi, kelas tinggi dengan luas 7,49% dari total luas wilayah Kota Bekasi, dan kelas sangat tinggi dengan luas 0,79% dari total luas wilayah Kota Bekasi. Kelas TWI pada Kota Bekasi didominasi oleh kelas sangat rendah dengan luas 45,71% dari total luas wilayah Kota Bekasi dan kelas sedang dengan 43,48% dari total luas wilayah Kota Bekasi.

**IV.4 Peta Jarak ke Sungai**

Hasil dari pengolahan peta jarak ke sungai seperti pada **Gambar 4** berikut:



**Gambar 4** Hasil Peta Jarak ke Sungai Kota Bekasi

Hasil rekapitulasi peta jarak ke sungai berdasarkan luasan hasil klasifikasi seperti pada **Tabel 15** berikut:

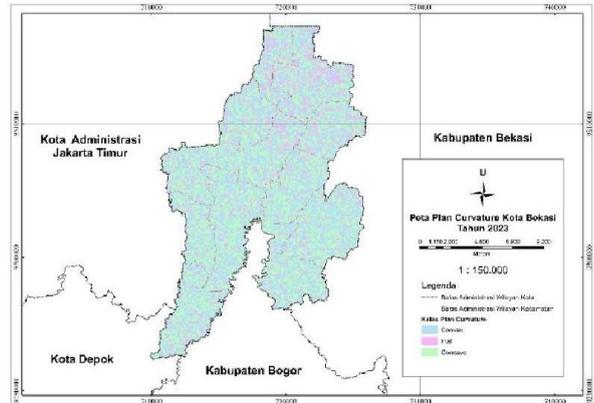
**Tabel 15** Persentase Luasan Hasil Klasifikasi

No.	Kelas (m)	Luasan (ha)	Persentase
1.	>500	4.400,359	20,66%
2.	300-500	4.268,069	20,03%
3.	<300	12.635,159	59,31%

Dari hasil pengolahan diatas, pengolahan Peta Jarak ke Sungai pada Kota Bekasi memiliki tiga kelas yaitu kelas <300m dengan luas 59,41% dari total luas wilayah Kota Bekasi, kelas 300-500 m dengan luas 20,03% dari total luas wilayah Kota Bekasi, dan kelas >500m dengan luas 20,66% dari total luas wilayah Kota Bekasi. Kelas jarak ke sungai kelas <300m yakni dengan persentase sebesar 59,31% mendominasi wilayah dengan jarak ke sungai di Kota Bekasi.

**IV.5 Peta Plan Curvature**

Hasil dari pengolahan peta *land curvature* seperti pada **Gambar 5** berikut:



**Gambar 5** Hasil Peta Plan Curvature Kota Bekasi

Hasil rekapitulasi peta *land curvature* berdasarkan luasan hasil klasifikasi seperti pada **Tabel 16** berikut:

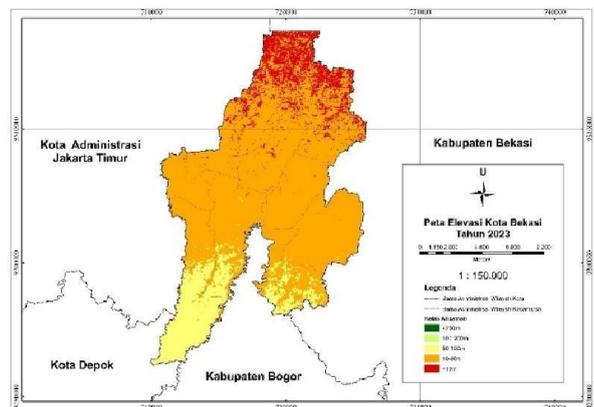
**Tabel 16** Persentase Luasan Hasil Klasifikasi Plan Curvature

No	Kelas	Luasan (ha)	Persentase
1.	Cekung	9.108,411	42,76%
2.	Datar	2.941,534	13,81%
3.	Cembung	9.251,754	43,43%

Dari hasil pengolahan *Plan Curvature*, Kota Bekasi memiliki tiga kelas *plan curvature* yaitu kelas cekung dengan luas 42,76% dari total luas wilayah Kota Bekasi, kelas datar dengan luas 13,81% dari total luas wilayah Kota Bekasi, dan kelas cembung dengan luas 43,43% dari total luas wilayah Kota Bekasi. Nilai *plan curvature* di Kota Bekasi didominasi dua kelas yakni kelas cekung dan cembung dengan luas 43,43% dan 42,76 dari total luas wilayah Kota Bekasi.

**IV.6 Peta Elevasi**

Hasil dari pengolahan peta elevasi seperti pada **Gambar 6** berikut:



**Gambar 6** Hasil Peta Elevasi Kota Bekasi

Hasil peta elevasi berdasarkan luasan hasil klasifikasi seperti pada **Tabel 17-18** berikut:

**Tabel 17** Persentase Luasan Hasil Klasifikasi Elevasi

No.	Kelas (m)	Luasan	Persentase
1.	50-100	2929,976	13,75%

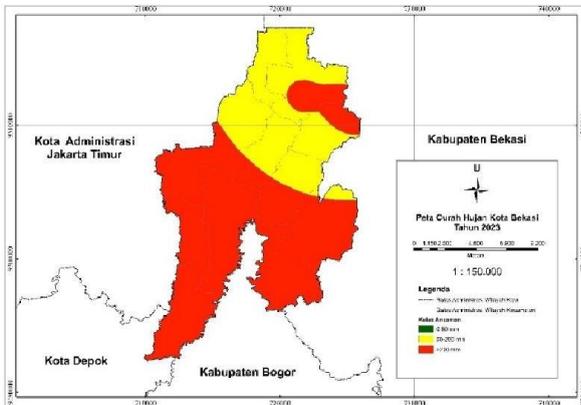
**Tabel 19** Persentase Luasan Hasil Klasifikasi Elevasi (Lanjutan)

No.	Kelas (m)	Luasan	Persentase
2.	10-50	16277,611	76,41%
3.	<10	2094,298	9,83%

Dari hasil pengolahan Peta Elevasi pada Kota Bekasi, nilai elevasi pada Kota Bekasi memiliki tiga kelas yaitu kelas <10m dengan luas sebesar 9,83% dari total luas wilayah Kota Bekasi, 10-50m dengan luas sebesar 76,41% dari total luas wilayah Kota Bekasi, dan 50-100m dengan luas 13,75% dari total luas wilayah Kota Bekasi. Kelas 10-50m menjadi kelas yang mendominasi nilai elevasi pada Kota Bekasi dengan persentase luas area sebesar 76,41% dari total luas wilayah Kota Bekasi.

**IV.7 Peta Curah Hujan**

Hasil dari pengolahan peta curah hujan seperti pada **Gambar 7** berikut:



**Gambar 7** Hasil Peta Curah Hujan Kota Bekasi

Hasil rekapitulasi peta curah hujan berdasarkan luasan hasil klasifikasi seperti pada **Tabel 19** berikut:

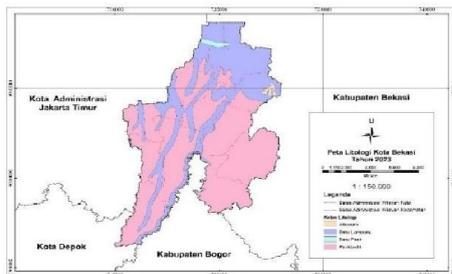
**Tabel 19** Persentase Luasan Hasil Klasifikasi Curah Hujan

No.	Kelas (mm)	Luasan (ha)	Persentase
1.	50-200	7051,214	33,09%
2.	>200	14257,922	66,91%

Dari hasil pengolahan di atas, curah hujan pada Kota Bekasi memiliki dua kelas 50-200mm dengan luas sebesar 33,09% dari total luas wilayah Kota Bekasi dan kelas >200mm yang mendominasi nilai curah hujan pada wilayah Kota Bekasi dengan persentase luasan 66,91 % dari total luas wilayah Kota Bekasi.

**IV.8 Peta Litologi (Geologi)**

Hasil dari pengolahan peta litologi seperti pada **Gambar 8** berikut:



**Gambar 8** Hasil Peta Litologi Kota Bekasi

Hasil rekapitulasi peta litologi berdasarkan luasan hasil klasifikasi seperti pada **Tabel 20** berikut:

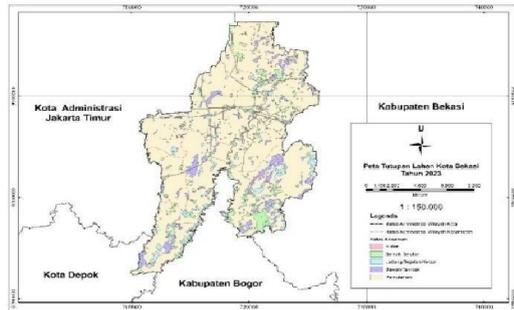
**Tabel 20** Persentase Luasan Hasil Klasifikasi Litologi

No.	Kelas	Luasan (ha)	Persentase
1.	Batu Gamping dan Piroklastik	13,658.413	63,09%
2.	Batu Pasir dan Lempung	125.873	0,59%
3.	Lempung Berlumpur	7,432.308	34,87%
4.	Aluvium	95.144	0,45%

Dari pengolahan peta litologi pada Kota Bekasi, kelas litologi pada Kota Bekasi dibagi menjadi empat kelas yang terdiri dari kelas batu gamping dan piroklastik dengan luas sebesar 63,09% dari total luas wilayah Kota Bekasi, kelas batu pasir dan lempung dengan luas sebesar 0,59% dari total luas wilayah Kota Bekasi, kelas lempung berlumpur dengan luas sebesar 34,87% dari total luas wilayah Kota Bekasi, dan kelas aluvium dengan luas sebesar 0,45% dari total luas wilayah Kota Bekasi. Sebagian besar wilayah Kota Bekasi didominasi oleh kelas litologi batu gamping dan piroklastik dengan luasan sebesar 63,09% dari total luasnya.

**IV.9 Peta Tutupan Lahan**

Hasil dari pengolahan peta tutupan lahan seperti pada **Gambar 9** berikut:



**Gambar 9** Hasil Peta Tutupan Lahan Kota Bekasi

Hasil rekapitulasi peta tutupan lahan berdasarkan luasan hasil klasifikasi seperti pada **Tabel 20** berikut:

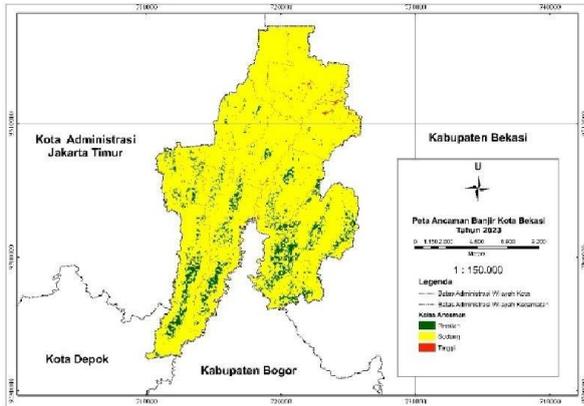
**Tabel 21** Persentase Luasan Hasil Klasifikasi Tutupan Lahan

No.	Kelas	Luasan (ha)	Persentase
1.	Semak Belukar	1160,550	5,45%
2.	Ladang/Tegalan/Kebun	1470,243	6,90%
3.	Sawah/Tambak	1077,939	5,06%
4.	Permukiman	17596,118	82,59%

Dari hasil pengolahan Peta Tutupan Lahan pada Kota Bekasi yang membagi tutupan lahan menjadi empat kelas, kelas pemukiman mendominasi dengan luas sebesar 82,59% dari total luas wilayah Kota Bekasi diikuti oleh kelas ladang/tegalan/kebun, kelas semak belukar, dan kelas sawah/tambak dengan luas persentase sebesar 6,90%, 5,45%, dan 5,06% dari total luas wilayah Kota Bekasi.

**IV.10 Peta Ancaman Bencana Banjir**

Hasil dari pengolahan peta ancaman bencana banjir seperti pada **Gambar 10** berikut:



**Gambar 10** Hasil Peta Ancaman Bencana Banjir Kota Bekasi

Hasil rekapitulasi peta ancaman bencana banjir berdasarkan luasan hasil klasifikasi seperti pada **Tabel 22** berikut:

**Tabel 22** Persentase Luasan Hasil Klasifikasi Bencana Banjir

No.	Kelas Ancaman	Luasan (ha)	Persentase
1.	Rendah	1.577	7,53%
2.	Sedang	19.259	91,98%
3.	Tinggi	102,845	0,49%



**Gambar 10** Grafik Luas Persentase Kelas Ancaman Banjir Kota Bekasi

Perbandingan kelas ancaman bencana banjir di Kota Bekasi menggunakan metode *Fuzzy Analytical Hierarchy Process* diperoleh tingkat ancaman untuk kelas rendah sebesar 7,53% atau 1.577 Ha dari total luas total wilayah Kota Bekasi. Pada kelas sedang diperoleh persentase sebesar 91,98% atau 19.259 Ha dari luas total wilayah Kota Bekasi yang meliputi hampir seluruh wilayah Kota Bekasi. Pada kelas tinggi, diperoleh 0,49% atau 102, 845 Ha dari luas total wilayah Kota Bekasi.

**IV.11 Validasi Peta Ancaman**

Hasil rekapan hasil wawancara sebagai validasi peta ancaman banjir pada **Tabel 22**.

**Tabel 23** Persentase Titik Validasi Kelas Ancaman

No.	Kelas	Jumlah Titik	Kesesuaian
1	Rendah	30	93,33%

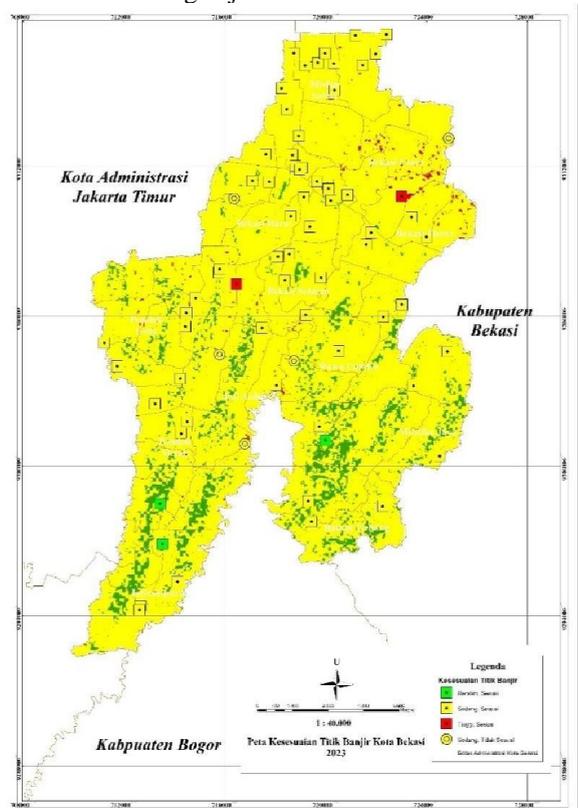
**Tabel 24** Persentase Titik Validasi Kelas Ancaman (Lanjutan)

No.	Kelas	Jumlah Titik	Kesesuaian
2	Sedang	31	80,64%
3	Tinggi	39	71,79%
<b>Jumlah</b>		<b>100</b>	<b>81,92%</b>



**Gambar 11** Grafik Persentase Kesesuaian Validasi Peta Ancaman Banjir Kota Bekasi

Berdasarkan hasil wawancara yang telah dilakukan, 81 dari 100 titik dianggap sesuai oleh responden yang terdiri oleh kelas rendah dengan 27 titik yang sesuai, kelas sedang dengan 24 titik yang sesuai, dan kelas tinggi dengan 30 titik yang sesuai. Keseluruhan titik yang divalidasi memiliki kesesuaian di angka 81% yang didapatkan dari 81 titik yang sesuai dari 100 titik menggunakan metode *stratified random sampling* yang disebar untuk divalidasi. Wilayah yang paling banyak memiliki titik tidak sesuai Kecamatan Bekasi Utara dengan jumlah 6 Titik.



**Gambar 12** Hasil Kesesuaian Titik Banjir 2020

**Tabel IV-1** Kesesuaian Hasil Peta dan Lokasi Banjir

No.	Kelas	Jumlah Titik
1	Rendah	3
2	Sedang	65
3	Tinggi	2
Jumlah		75

**V. Penutup**

**V.1 Kesimpulan**

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

1. Hasil pemetaan ancaman bencana banjir di Kota Bekasi menggunakan pemodelan SIG diperoleh tiga tingkat ancaman yakni kelas rendah, sedang, dan tinggi. Luasan untuk kelas rendah sebesar 7,53% atau 1.577 Ha dari total luasan Kota Bekasi, untuk kelas sedang sebesar 91,98% atau 19.259 Ha dari luasan Kota Bekasi, dan untuk kelas tinggi 0,49% atau 102, 845 Ha dari luasan Kota Bekasi.
2. Hasil validasi dari 100 titik yang ditentukan memiliki kesesuaian dengan hasil peta yang dibuat sebesar 81% dimana sebanyak 81 titik dinyatakan sesuai berdasarkan hasil wawancara lapangan dengan kesesuaian tingkat ancamannya pada kelas ancaman rendah 93,33%, kelas ancaman sedang 80,64%, dan kelas ancaman tinggi 71,79%.

**V.2 Saran**

Dari penelitian analisis pemetaan risiko bencana tanah longsor yang telah dilakukan penulis menyarankan untuk penelitian selanjutnya:

1. Menambahkan penilaian risiko bencana banjir sehingga hasilnya akan lebih baik untuk dijadikan pertimbangan dalam pengambilan keputusan dalam upaya mitigasi bencana banjir.
2. Menambahkan data validasi untuk peta ancaman bencana banjir dengan menggunakan data kejadian dalam kurun waktu 5 tahun terakhir guna meningkatkan efektivitas pembuatan peta ancaman.
3. Menggunakan data kelerengan dengan tingkat akurasi yang lebih baik daripada ASTER GDEM seperti foto udara.
4. Membandingkan metode FAHP dengan metode pembobotan parameter yang lain sehingga hasilnya lebih komparatif.
5. Melakukan penelitian dengan lingkup wilayah yang lebih kecil agar hasil penelitian memiliki skala peta keluaran yang lebih efektif dalam upaya penentuan mitigasi bencana banjir.
6. Melakukan klasifikasi peta ancaman bencana banjir sesuai dengan standard yang digunakan untuk pengklasifikasian tiap parameternya agar kelas ancaman lebih sesuai dengan standard yang digunakan.

**DAFTAR PUSTAKA**

Astuti, y. (2017). Metode fuzzy ahp untuk pemilihan ketua osis pada sma n 1 jogonalan klaten. *Citejournal*, vol. 4 no. 1, issn : 2460-4259.

Bnpb. (2012). Perka bnpb nomor 02 tahun 2012 tentang pedoman umum pengkajian risiko bencana. 1-67.

Darmawan, k. (2017). Analisis tingkat kerawanan banjir di kabupaten sampang menggunakan metode overlay dan scoring berbasis sistem informasigeografis. *Jurnal geodesi undip*.

Darmawan, m., & theml, s. (2008). *Katalog metodologi penyusunan peta geo hazard dengan gis*. Banda aceh: badan rehabilitasi dan rekonstruksi nad-nias.

Goumrassa, a. (2021). Flood hazard susceptibility assessment in chiffa wadi watershed and along the first section of algeria north-south highway using gis and ahp method. *Applied geomatics*, 565-585.

Hafizhan, a. (2020). *Analisis faktor-faktor penyebab banjir di kota bekasi*. Skripsi. Surakarta: tidak diterbitkan.

Handifa, m. A. (2022). Aplikasi webgis ancaman bencana banjir di kecamatan sayung, kabupaten demak. *Jurnal geodesi undip*.

Hapsari, e. (2019). Pemetaan kawasan banjir di kota bekasi dengan metode penginderaan jauh menggunakan data radar. *Digital repository universitas jember*.

Ouma, y. O. (2014). Urban flood vulnerability and risk mapping using integrated multi-parametric ahp and gis: methodological overview and case study assessment. *Water*, 1515-1545.

Parsian, s. (2021). Flood hazard mapping using fuzzy logic, analytical hierarchy process, and multi-source geospatial datasets. *Remote sensing*, 13.

Salahuddin, f. D. (2022). Analisis pemetaan risiko bencana banjir menggunakan sistem informasi geografis (studi kasus : semarang timur). *Jurnal geodesi undip*.

Sulistyo, b. (2016). Peranan sistem informasi geografis dalam bencana tanah longsor. *Seminar nasional "mitigasi bencana dalam perencanaan pengembangan wilayah"*, doi: 10.13140/rg.2.2.16705.97128.

Suryadi, y. (2018). Strategi mitigasi dan adaptasi perubahan iklim. *Tesis universitas diponegoro*.

Tehrany, m. S., & pradhan, b. (2013). Spatial prediction of flood susceptible areas using rule based decision tree (dt) and a novel ensemble bivariate and multivariate statistical models ingis. *Journal of hydrology*, 69-79.

Valdika, r. R. (2019). Analisis ancaman multi bencana di kabupaten kendal berbasis fuzzy analytic hierarchy process. *Jurnal geodesi undip*, vol. 8no. 1.