

Analisa Risiko Banjir untuk Mendukung Pembangunan Berkelanjutan di Kawasan Pesisir Pantai Kota Semarang

Analysis of Flood Risk to Support Sustainable Development in the Coastal Area of Semarang City

Desyta Ulfiana^a, Undayani Cita Sari^{a*}

^a*Departemen Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro, Semarang, Indonesia*

Abstrak

Fenomena degradasi lingkungan menyebabkan meningkatnya frekuensi banjir di beberapa wilayah, salah satunya adalah kawasan pesisir pantai Kota Semarang. Kecamatan Genuk, Kecamatan Tugu, Kecamatan Semarang Utara, dan Kecamatan Semarang Barat merupakan empat wilayah yang berbatasan langsung dengan Laut Jawa. Kondisi topografi dan karakteristik wilayah empat kecamatan tersebut menyebabkan empat kecamatan tersebut rawan mengalami bencana banjir. Untuk mengatasi fenomena tersebut perlu adanya penyesuaian perencanaan pembangunan berkelanjutan. Agar perencanaan tersebut efektif maka diperlukan analisa untuk menentukan faktor utama penyebab permasalahan banjir di wilayah tersebut. Oleh karena itu, dalam penelitian ini dilakukan analisa tingkat risiko banjir menggunakan metode AHP TOPSIS untuk menentukan faktor utama penyebab banjir di masing-masing kecamatan. Kriteria yang digunakan dalam analisa terdiri dari curah hujan, tata guna lahan, kemiringan lahan, dan ketinggian. Berdasarkan hasil analisa, didapatkan bahwa Kecamatan Semarang Utara dan Semarang Barat memiliki tingkat risiko paling tinggi terhadap bencana banjir. Faktor dominan penyebab tingginya risiko banjir di dua kecamatan tersebut dibanding dua kecamatan lainnya adalah curah hujan. Sedangkan faktor utama penyebab banjir di kawasan pesisir pantai Kota Semarang adalah ketinggian.

Kata kunci: banjir, pembangunan berkelanjutan, analisa risiko banjir

Abstract

The phenomenon of environmental degradation has increased the frequency of flooding in several areas, one of which is the coastal area of Semarang City. Genuk Sub-district, Tugu Sub-district, Semarang Utara Sub-district, and Semarang Barat Sub-district are four areas that are directly adjacent to the Java Sea. The topographical conditions and regional characteristics of the four sub-districts make the four sub-districts prone to flooding. To overcome this phenomenon it is necessary to adjust the sustainable development planning. In order for the planning to be effective, an analysis is needed to determine the main factors causing the flood problem in the area. Therefore, in this study, an analysis of the level of flood risk was carried out using the AHP TOPSIS method to determine the main factors causing flooding in each district. The criteria used in the analysis consist of rainfall, land use, land slope, and altitude. Based on the analysis, it was found that Semarang Utara dan Semarang Barat Sub-district has the highest risk level for floods. The dominant factor causing the high risk of flooding in those subdistrict compared to the other two sub-districts is rainfall. Meanwhile, the main factor causing flooding in the coastal area of Semarang City is the altitude.

Keyword: flood, sustainable development, flood risk analysis

* Corresponding author. Desyta Ulfiana.
E-mail address: desyta@live.undip.ac.id.

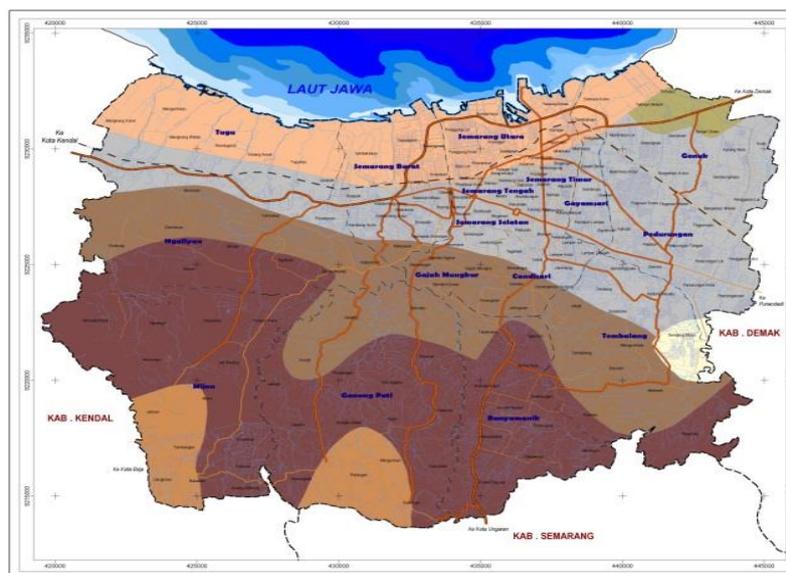
1. Pendahuluan

Bencana alam yang terjadi saat ini lebih kepada adanya suatu fenomena degradasi lingkungan dan berdampak pada terjadinya perubahan iklim global. Akibat perubahan iklim global menyebabkan meningkatnya elevasi permukaan air laut, berkurangnya jumlah hari hujan dan meningkatnya intensitas hujan (Suripin & Kurniani, 2016). Fenomena degradasi lingkungan ini perlu diimbangi dengan adanya perubahan dan penyesuaian dalam pengelolaan sumber daya air serta perencanaan pembangunan berkelanjutan.

Salah satu bencana alam yang terjadi akibat fenomena tersebut adalah meningkatnya frekuensi kejadian banjir di suatu wilayah. Banjir didefinisikan sebagai genangan air yang berlebihan saat musim penghujan dikarenakan peningkatan volume air yang mengalir di atas permukaan tanah (Indrianawati, D. Muhally Hakim, 2013). Banyak aspek yang dapat menyebabkan terjadinya banjir suatu wilayah, baik aspek fisik maupun non fisik. Aspek fisik dapat berupa kondisi topografi, curah hujan, tata guna lahan, kondisi hidrogeologi, jenis tanah dan juga ketinggian (Balica et al., 2009). Sedangkan aspek non fisik dapat berupa, kebiasaan buruk masyarakat, seperti membuang sampah sembarangan (Kodoatie & Sjarief, 2006). Aspek atau faktor utama penyebab banjir di suatu wilayah sangat bergantung pada karakteristik wilayah tersebut.

Kota Semarang adalah ibu kota Provinsi Jawa Tengah yang terletak di sebelah utara Pulau Jawa. Kota Semarang tidak hanya menjadi pusat pemerintahan, tetapi juga menjadi pusat kegiatan bisnis dan ekonomi. Namun berdasarkan laporan Kajian Risiko Bencana Jawa Tengah tahun 2016-2020, Kota Semarang merupakan salah satu kota di Indonesia yang memiliki tingkat kerawanan terhadap banjir yang tinggi (BPBD Jawa Tengah, 2015). Hal ini tentu saja dapat membawa dampak buruk tidak hanya pada lingkungan, namun juga pada perputaran roda ekonomi.

Karakteristik Kota Semarang secara geografis terletak di bagian pesisir pantai atau berbatasan langsung dengan Laut Jawa. Kota Semarang memiliki kondisi topografi yang beragam karena terdiri dari daerah perbukitan, dataran rendah, dan daerah pantai seperti terlihat pada Gambar 1. Kondisi topografi inilah yang menyebabkan Kota Semarang memiliki risiko tinggi terhadap kejadian banjir, terutama pada kawasan pesisir pantai yang berada di Kecamatan Genuk, Kecamatan Semarang Utara, Kecamatan Semarang Barat, dan Kecamatan Tugu. Banjir di kawasan pesisir pantai Kota Semarang terjadi setiap tahunnya. Permasalahan tersebut menimbulkan berbagai kerugian bagi masyarakat.



Gambar 1. Peta Kota Semarang (Pemerintah Kota Semarang, 2020)

Perubahan dalam perencanaan pembangunan berkelanjutan akibat fenomena degradasi lingkungan memerlukan analisa untuk menentukan faktor atau aspek utama penyebab terjadinya permasalahan di wilayah tersebut. Hal ini agar perencanaan pembangunan berkelanjutan dapat tepat sasaran dan efektif dalam mengatasi permasalahan wilayah tersebut. Oleh karena itu, dalam

penelitian ini dilakukan analisa risiko banjir kawasan pesisir pantai Kota Semarang. Analisa ini dilakukan untuk mengetahui kawasan mana yang memiliki tingkat resiko tinggi terhadap banjir dan mendapatkan faktor utama penyebab banjir di kawasan pesisir Kota Semarang.

Beberapa penelitian mengenai analisa risiko banjir suatu wilayah sudah pernah dilakukan. Salah satunya penelitian yang dilakukan oleh Balica et al dengan membuat indeks analisa risiko banjir di wilayah pesisir pantai dengan nama *Coastal City Flood Vulnerability Index* (Balica et al., 2012). Ouma dan Tateishi juga membuat peta risiko wilayah banjir menggunakan integrasi antara metode AHP dan GIS (Ouma & Tateishi, 2014). Karmakar et al menganalisa risiko banjir di Kanada dengan mengevaluasi empat aspek yaitu fisik, ekonomi, infrastruktur dan sosial menggunakan GIS (Karmakar et al., 2010). Beberapa penelitian juga melakukan analisa risiko banjir wilayah dengan menerapkan satu atau kombinasi dua metode keputusan multi kriteria seperti AHP, Fuzzy AHP, TOPSIS, Fuzzy TOPSIS (Dandapat & Panda, 2017; Lee et al., 2013; Levy, 2005; Yang et al., 2018; Zou et al., 2013)

Dalam penelitian ini digunakan kombinasi dua metode, yaitu metode AHP dan TOPSIS untuk menentukan tingkat risiko banjir di kawasan pesisir pantai Kota Semarang. Aspek yang digunakan dalam menentukan tingkat risiko banjir hanya berfokus pada aspek fisik yaitu curah hujan, kemiringan lahan, tata guna lahan, dan ketinggian.

1.1. Studi kawasan pesisir pantai Kota Semarang

Kota Semarang terletak di bagian utara Pulau Jawa. Secara geografis, Kota Semarang berbatasan langsung dengan Laut Jawa di sebelah utara. Sedangkan di sebelah selatan Kota Semarang berbatasan langsung dengan Gunung Ungaran. Kondisi ini menyebabkan Kota Semarang memiliki topografi yang cukup ekstrem sehingga meningkatkan risiko banjir di kawasan pesisir pantai.

Penelitian ini berfokus dalam melakukan analisa risiko banjir di kawasan pesisir pantai Kota Semarang. Terdapat empat kecamatan yang berlokasi di pesisir pantai Laut Jawa, yaitu Kecamatan Genuk, Kecamatan Semarang Utara, Kecamatan Semarang Barat, dan Kecamatan Tugu. Total luas wilayah empat kecamatan ini adalah 91,88 km².

Berdasarkan data yang diperoleh dari BPS, sebagian besar wilayah di kawasan pesisir pantai Kota Semarang didominasi oleh pemukiman penduduk, yaitu sebesar 41,05% (Badan Pusat Statistik Kota Semarang, 2020). Kecuali di Kecamatan Tugu, kawasan tersebut masih didominasi keberadaan tambak. Secara umum, kelerengan keempat kecamatan tersebut berada antara 0-8% dengan ketinggian maksimal 3 meter dari permukaan laut.

2. Metode

Analisa risiko banjir di kawasan pesisir pantai Kota Semarang dilakukan dengan menggunakan kombinasi dua metode yaitu AHP dan TOPSIS. Secara garis besar, analisa risiko banjir ini terdiri dari empat tahap, yaitu pengumpulan data, penilaian ranking kriteria dan alternatif, analisa metode AHP TOPSIS.

2.1. Pengumpulan data

Pada tahap ini dilakukan pengumpulan data yang digunakan untuk perhitungan dan analisa data merupakan data sekunder yang didapatkan dari BPS dan Dinas Pusdataru Jawa Tengah. Data luas wilayah, tata guna lahan, kelerengan lahan, dan ketinggian diperoleh dari buku Kota Semarang dalam Angka Tahun 2020. Data hujan yang digunakan merupakan data selama 10 tahun dari tahun 2009 sampai dengan 2018. Data hujan diperoleh dari empat stasiun hujan yaitu Sta. Mangkang, Sta. Tanjung Mas, Sta. Karangroto dan Sta. Bandara Ahmad Yani. Curah hujan untuk masing-masing kecamatan dihitung menggunakan metode Poligon Thiessen.

Hasil inventarisir data aspek Kecamatan Genuk, Kecamatan Semarang Utara, Kecamatan Semarang Barat, dan Kecamatan Tugu dapat dilihat pada Tabel 1. Data tersebut digunakan sebagai dasar penentuan tingkat risiko banjir.

Tabel 1. Data aspek Kecamatan Genuk, Kecamatan Semarang Utara, Kecamatan Semarang Barat dan Kecamatan Tugu (Badan Pusat Statistik Kota Semarang, 2020)

Kecamatan	Kode	Luas (km ²)	Curah hujan (mm/bulan)	Tata guna lahan	Kemiringan (%)	Ketinggian (m)
Genuk	A1	27,39	131	Pemukiman	0-8	2
Semarang Utara	A2	10,97	208	Pemukiman	0-8	1
Semarang Barat	A3	21,74	221	Pemukiman	0-8	3
Tugu	A4	31,78	165	Tambak	0-8	1

2.2. Penilaian ranking kriteria

Pada tahap ini dilakukan penilaian ranking kriteria dengan membagi kriteria menjadi beberapa interval. Interval pembagian kriteria ditentukan berdasarkan penelitian analisis kerawanan banjir yang pernah dilakukan oleh Sari dan Dananjaya (2020) di Kecamatan Semarang Utara. Penilaian ranking dibagi menjadi lima interval untuk masing-masing kriteria seperti terlihat pada Tabel 2. Pemberian ranking pada masing-masing kriteria bertujuan untuk memudahkan dalam melakukan analisa dan perhitungan. Hal ini dikarenakan kriteria yang digunakan terdiri dari variabel numerik yang memiliki range yang berbeda-beda dan juga variabel linguistik. Nilai ranking ini digunakan pada metode TOPSIS sebagai dasar penilaian kriteria pada alternatif.

Tabel 2. Penilaian kriteria (Sari & Dananjaya, 2020)

Kode	Kriteria	Interval	Nilai	Kategori
C1	Curah hujan	≥ 300 mm	5	<i>Benefit</i>
		$200 \text{ mm} \leq X < 300$ mm	4	
		$100 \text{ mm} \leq X < 200$ mm	3	
		$50 \text{ mm} \leq X < 100$ mm	2	
		< 50 mm	1	
C2	Tata guna lahan	Pemukiman	5	<i>Benefit</i>
		Sawah tadah hujan/tambak	4	
		Sawah/tegalan/kebun	3	
		Semak	2	
		Hutan	1	
C3	Kelerengan lahan	≥ 45 %	5	<i>Cost</i>
		$25\% \leq X < 45\%$	4	
		$15\% \leq X < 25\%$	3	
		$8\% \leq X < 15\%$	2	
		$0\% \leq X < 8\%$	1	
C4	Ketinggian	≥ 300 m	5	<i>Cost</i>
		$200 \text{ m} \leq X < 300$ m	4	
		$100 \text{ m} \leq X < 200$ m	3	
		$50 \text{ m} \leq X < 100$ m	2	
		$0 \text{ m} \leq X < 50$ m	1	

2.3. Analisa metode AHP TOPSIS

Metode TOPSIS merupakan metode pemecahan masalah dengan menentukan bobot kepentingan dari masing-masing kriteria dan nilai koefisien kedekatan (CCi) dari masing-masing alternatif (Rahim et al., 2018). Nilai CCi merepresentasikan jarak setiap alternatif terhadap solusi yang paling direkomendasikan, dalam hal ini adalah solusi ideal positif dan solusi yang paling tidak direkomendasikan, dalam hal ini adalah solusi ideal negatif (Yoon & Hwang, 2011). Nilai

CCi ini digunakan untuk menentukan urutan tingkat risiko banjir. Semakin besar nilai CCi suatu alternatif menunjukkan bahwa semakin besar risiko banjir alternatif tersebut dibandingkan alternatif lainnya. Sedangkan bobot kepentingan merupakan nilai yang merepresentasikan seberapa besar kontribusi kriteria tersebut sebagai faktor penyebab banjir wilayah. Bobot kriteria ditentukan oleh pemangku keputusan.

Metode AHP TOPSIS berbeda dengan metode TOPSIS yang bekerja langsung berdasarkan nilai bobot kepentingan yang subjektif dari penilaian ahli (Jozaghi et al., 2018). Kombinasi AHP dalam metode TOPSIS memberikan analisa perhitungan rasio konsistensi (CR) dari bobot kriteria yang telah ditentukan ahli, sehingga didapatkan nilai bobot kriteria yang lebih objektif.

Tahap pertama dalam analisa tingkat risiko banjir adalah menentukan bobot kepentingan masing-masing kriteria menggunakan metode AHP TOPSIS. Dalam perhitungan bobot kepentingan, pemangku keputusan atau ahli menentukan perbandingan kepentingan antar dua kriteria. Nilai perbandingan kepentingan kriteria ditentukan berdasarkan skala 1 sampai dengan 9 seperti terlihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Skala kepentingan matriks berpasangan

Nilai	Keterangan
1	Sama pentingnya dengan
3	Sedikit lebih penting dibandingkan
5	Penting dibandingkan
7	Sangat penting dibandingkan
9	Ekstrim pentingnya dibandingkan

Kemudian hasil keputusan ahli dituangkan dalam matriks keputusan *pairwise comparison* seperti pada Persamaan 1 berikut. Dimana c_{mn} adalah skala kepentingan kriteria m dibandingkan kriteria n.

$$C = \begin{bmatrix} 1 & c_{12} & \dots & c_{1n} \\ 1/c_{12} & 1 & \dots & c_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 1/c_{1n} & 1/c_{2n} & \dots & 1 \end{bmatrix} \quad (1)$$

Tahap selanjutnya dilakukan normalisasi pada matriks persamaan 1 tersebut dengan membagi setiap nilai pada kolom dengan nilai penjumlahan semua nilai pada kolom tersebut. Bobot kepentingan dihitung dengan menghitung nilai rata-rata setiap baris kriteria.

Setelah didapatkan bobot kepentingan masing-masing kriteria maka perlu dilakukan uji konsistensi. Uji konsistensi dihitung menggunakan persamaan 2 berikut.

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

Dimana CI adalah indeks konsistensi dan RI adalah indeks random. Nilai RI didapatkan berdasarkan ordo matriks. Dalam penelitian ini orde matriks yang digunakan adalah 4, sehingga nilai RI adalah sebesar 0,9 (Saaty, 2008). Nilai CI dapat dihitung menggunakan persamaan 3 berikut.

$$CI = \frac{\lambda_{maks}}{n-1} \quad (3)$$

Dimana λ_{maks} adalah nilai eigen dan n adalah banyaknya kriteria.

Selanjutnya nilai bobot kepentingan dapat digunakan pada perhitungan metode TOPSIS apabila lolos uji konsistensi dengan nilai CR kurang dari 10%. Apabila hasil perhitungan nilai CR lebih besar dari 10%, maka pengambilan keputusan pada skala kepentingan matriks berpasangan harus dilakukan ulang.

Tahap selanjutnya adalah perhitungan analisa tingkat risiko banjir menggunakan metode TOPSIS. Langkah pertama dalam perhitungan ini adalah menentukan atau mengkonversi kategori kriteria masing-masing alternatif menjadi nilai rangking seperti yang telah ditentukan pada Tabel 2. Kemudian dibuat matriks perbandingan alternatif dan kriteria seperti pada persamaan 4 berikut.

$$\tilde{D} = \begin{bmatrix} \tilde{x}_{11} & \tilde{x}_{12} & \dots & \tilde{x}_{1n} \\ \tilde{x}_{21} & \tilde{x}_{22} & \dots & \tilde{x}_{2n} \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ \tilde{x}_{m1} & \tilde{x}_{m2} & \dots & \tilde{x}_{mn} \end{bmatrix} \tag{4}$$

Dimana m adalah nomor alternatif sedangkan n adalah nomor kriteria. Sehingga \tilde{x}_{mn} adalah nilai kriteria Cn pada alternati Am.

Bobot kepentingan yang telah didapatkan pada perhitungan AHP kemudian diubah menjadi persamaan 5 berikut.

$$\tilde{W} = (\tilde{w}_1, \tilde{w}_2, \dots, \tilde{w}_n) \tag{5}$$

Dimana \tilde{w}_n adalah bobot kepentingan kriteria Cn

Kemudian matriks dinormalisasi menggunakan transformasi skala linier. Metode ini digunakan untuk mengubah nilai kriteria yang beragam menjadi skala pembanding yang memiliki nilai dengan rentang [0,1]. Matriks ternormalisasi (\tilde{R}) dapat direpresentasikan dengan persamaan 6 berikut.

$$\tilde{R} = [\tilde{r}_{ij}]_{m \times n} \tag{6}$$

Kemudian, dilakukan perhitungan matriks ternormalisasi berbobot. Metode ini digunakan untuk merepresentasikan perbedaan kepentingan masing-masing kriteria. Matriks ternormalisasi berbobot dapat dinyatakan dengan persamaan 7 berikut.

$$\tilde{V} = [\tilde{v}_{ij}]_{m \times n} \tag{7}$$

dimana

$$\tilde{v}_{ij} = \tilde{r}_{ij}(\cdot) \tilde{w}_j \tag{8}$$

Kemudian, kita dapat mendefinisikan nilai solusi ideal positif (A^*) dan nilai solusi ideal negatif (A^-). Nilai solusi ideal positif merupakan nilai yang merepresentasikan solusi yang paling direkomendasikan, dalam penelitian ini berarti tingkat risiko paling tinggi. Sedangkan nilai solusi ideal negatif merupakan nilai yang merepresentasikan solusi paling kurang direkomendasikan, atau memiliki tingkat risiko banjir paling rendah. Matriks nilai solusi ideal dapat direpresentasikan dengan persamaan 9 sampai 14 berikut.

$$A^* = (\tilde{v}_1^*, \tilde{v}_2^*, \dots, \tilde{v}_n^*) \tag{9}$$

dimana

$$\tilde{v}_j^* = \max_i \{c''_{ij}\}; j \in B \tag{10}$$

$$\tilde{v}_j^* = \min_i \{a''_{ij}\}; j \in C \tag{11}$$

dan

$$A^- = (\tilde{v}_1^-, \tilde{v}_2^-, \dots, \tilde{v}_n^-) \tag{12}$$

dimana

$$\tilde{v}_j^- = \max_i \{c''_{ij}\}; j \in C \tag{13}$$

$$\tilde{v}_j^- = \min_i \{a''_{ij}\}; j \in B \tag{14}$$

Kemudian dihitung jarak antara alternatif dengan nilai solusi ideal positif dan negatif dengan menggunakan persamaan jarak antara dua titik koordinat seperti pada persamaan 15 dan 16.

$$d_i^* = \sum_{j=1}^n d(\tilde{v}_{ij}, \tilde{v}_j^*); i = 1, 2, \dots, m \tag{15}$$

$$d_i^- = \sum_{j=1}^n d(\tilde{v}_{ij}, \tilde{v}_j^-); i = 1, 2, \dots, m \tag{16}$$

Langkah terakhir adalah menghitung nilai koefisien kedekatan (CCi) menggunakan persamaan 17 berikut.

$$CC_i = \frac{d_i^-}{d_i^- + d_i^*}, i = 1, 2, \dots, m \tag{17}$$

Nilai CCi mewakili jarak dari setiap alternatif ke solusi yang paling direkomendasikan dan solusi yang paling tidak direkomendasikan. Nilai CCi ini digunakan untuk menentukan urutan ranking dari semua alternatif. Semakin besar nilai CCi dari suatu alternatif menunjukkan bahwa alternatif tersebut adalah solusi yang paling direkomendasikan atau dalam hal ini memiliki tingkat risiko banjir terbesar.

3. Hasil dan Pembahasan

Berdasarkan hasil analisa, ditentukan bahwa terdapat empat kriteria yang berpengaruh dalam menentukan tingkat risiko banjir di kawasan pesisir pantai Kota Semarang yaitu curah

hujan, tata guna lahan, kelerengan lahan, dan ketinggian. Empat kriteria tersebut kemudian dilakukan penilaian skala perbandingan kepentingan oleh ahli. Hasil keputusan skala kepentingan kemudian dibuat matriks keputusan *pairwise comparison* seperti terlihat pada Tabel 4. Skala kepentingan perbandingan kriteria ditentukan oleh pendapat ahli hidrologi dan ahli perencanaan wilayah kota, sehingga objektivitas dalam penilaian meningkat. Matriks tersebut kemudian dinormalisasi untuk mendapatkan nilai bobot kepentingan. Hasil normalisasi matriks dan perhitungan bobot kepentingan dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 4. Matriks keputusan *pairwise comparison*

Kriteria	C1	C2	C3	C4
C1	1,00	5,00	7,00	0,33
C2	0,20	1,00	3,00	0,20
C3	0,14	0,33	1,00	0,14
C4	3,00	5,00	7,00	1,00
Total	4,34	11,33	18,00	1,68

Tabel 5. Matriks normalisasi dan perhitungan bobot kriteria

Kriteria	C1	C2	C3	C4	Total	Bobot kriteria
C1	0,23	0,44	0,39	0,20	1,26	0,31
C2	0,05	0,09	0,17	0,12	0,42	0,11
C3	0,03	0,03	0,06	0,09	0,20	0,05
C4	0,69	0,44	0,39	0,60	2,12	0,53

Berdasarkan hasil perhitungan tersebut, didapatkan bahwa kriteria yang memiliki bobot kepentingan terbesar adalah kriteria C4 atau ketinggian. Hasil perhitungan bobot kepentingan yang telah didapatkan kemudian dilakukan uji konsistensi dengan menghitung nilai eigen matriks. Hasil perhitungan nilai eigen dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Perhitungan nilai eigen

Kriteria	C1	C2	C3	C4	Total	Bobot kriteria	Hasil
C1	0,31	0,53	0,36	0,18	1,37	0,31	4,36
C2	0,06	0,11	0,15	0,11	0,43	0,11	4,06
C3	0,04	0,04	0,05	0,08	0,21	0,05	4,06
C4	0,94	0,53	0,36	0,53	2,35	0,53	4,45
Nilai eigen (λ_{maks})							4,23

Berdasarkan hasil perhitungan uji konsistensi menggunakan persamaan 2 dan 3, didapatkan nilai rasio konsistensi matriks *pairwise comparison* ini adalah sebesar 9%. Maka hasil perhitungan bobot kepentingan kriteria dapat digunakan dalam perhitungan tahap selanjutnya.

Berdasarkan hasil perhitungan bobot kepentingan, didapatkan bahwa ketinggian merupakan kriteria yang paling penting dalam menentukan tingkat risiko banjir di kawasan pesisir pantai Kota Semarang. Sedangkan kelerengan lahan merupakan kriteria paling tidak penting dibandingkan kriteria lainnya dalam menentukan tingkat risiko banjir di kawasan pesisir pantai Kota Semarang.

Berdasarkan data-data kriteria masing-masing alternatif yang diperoleh pada Tabel 1 kemudian dibuat matriks dengan memasukkan nilai kriteria sesuai Tabel 2. Matriks hasil penilaian kriteria setiap alternatif dapat dilihat pada Tabel 7. Matriks tersebut kemudian dinormalisasi dengan nilai pembagi sehingga nilai setiap elemen berada pada rentang nilai 0 sampai dengan 1. Hal ini dilakukan untuk memudahkan analisa hasil perhitungan karena semua kriteria sudah berada pada rentang nilai yang sama. Matriks yang sudah dinormalisasi dapat dilihat pada Tabel 8.

Tabel 7. Penentuan nilai kriteria masing-masing kecamatan dan perhitungan nilai pembagi

Kecamatan	Kode	C1	C2	C3	C4
Genuk	A1	3	5	1	1
Semarang Utara	A2	4	5	1	1
Semarang Barat	A3	4	5	1	1
Tugu	A4	3	4	1	1
Nilai pembagi		7,071	9,539	2,000	2,000

Tabel 8. Matriks normalisasi

	C1	C2	C3	C4
A1	0,424	0,524	0,500	0,500
A2	0,566	0,524	0,500	0,500
A3	0,566	0,524	0,500	0,500
A4	0,424	0,419	0,500	0,500

Setelah matriks dinormalisasi, kemudian nilai setiap kriteria dikalikan dengan nilai bobot kepentingan masing-masing kriteria yang telah dihitung menggunakan metode AHP. Hal ini dilakukan untuk memasukkan elemen keberpentingan antara satu kriteria dengan kriteria lainnya sehingga hasil yang didapatkan sesuai dengan karakteristik kawasan pesisir pantai Kota Semarang. Hasil perhitungan matriks normalisasi terbobot dapat dilihat pada Tabel 9.

Tabel 9. Matriks normalisasi terbobot

	C1	C2	C3	C4
A1	0,134	0,055	0,025	0,265
A2	0,178	0,055	0,025	0,265
A3	0,178	0,055	0,025	0,265
A4	0,134	0,044	0,025	0,265

Berdasarkan hasil perhitungan matriks normalisasi terbobot tersebut, dapat dilihat bahwa kriteria C4 atau ketinggian memiliki nilai tertinggi pada semua alternatif dengan nilai 0,265. Kemudian secara berurutan curah hujan, tata guna lahan, dan kelerengan lahan.

Setelah didapatkan matriks normalisasi terbobot, maka dapat dihitung nilai solusi ideal positif dan negatif dari masing-masing kriteria. Nilai solusi ideal positif menunjukkan nilai yang memiliki tingkat risiko banjir paling tinggi, sedangkan nilai solusi ideal negatif menunjukkan nilai yang memiliki tingkat risiko paling rendah. Hasil perhitungan nilai solusi ideal positif dan negatif dapat dilihat pada Tabel 10.

Tabel 10. Nilai solusi ideal positif dan negatif

Solusi ideal	C1	C2	C3	C4
Positif (A ⁺)	0,178	0,055	0,025	0,265
Negatif (A ⁻)	0,134	0,044	0,025	0,265

Tabel 11. Perhitungan nilai koefisien C_{Ci}

Kecamatan	Kode	d ⁺	d ⁻	C _{Ci}	No Urut
Genuk	A1	0,045	0,000	0,0027	2
Semarang Utara	A2	0,000	0,002	1,0000	1
Semarang Barat	A3	0,000	0,002	1,0000	1
Tugu	A4	0,046	0,000	0,0000	3

Tahap terakhir dalam analisa tingkat risiko banjir menggunakan metode AHP TOPSIS ini adalah menentukan nilai C_{Ci} dengan menghitung jarak masing-masing alternatif ke solusi ideal positif dan solusi ideal negatif. Hasil perhitungan C_{Ci} dapat dilihat pada Tabel 11.

Berdasarkan hasil perhitungan CCI, didapatkan bahwa Semarang Utara dan Semarang Barat memiliki nilai CCI terbesar yaitu 1,00. Hal ini menunjukkan bahwa dua kecamatan tersebut merupakan kecamatan yang paling dekat dengan solusi ideal positif. Secara berurutan kemudian adalah Kecamatan Genuk dengan nilai CCI sebesar 0,0027 dan Kecamatan Tugu dengan nilai CCI sebesar 0,00. Hal ini menunjukkan bahwa Kecamatan Tugu adalah kecamatan yang paling jauh dengan solusi ideal positif.

Berdasarkan hasil analisa tingkat risiko banjir menggunakan metode AHP TOPSIS, didapatkan bahwa Semarang Utara dan Semarang Barat memiliki tingkat risiko banjir paling besar dibandingkan dua kecamatan lainnya di kawasan pesisir pantai Kota Semarang. Sedangkan kecamatan yang memiliki tingkat risiko paling rendah terhadap bencana banjir di kawasan pesisir pantai Kota Semarang adalah Kecamatan Tugu. Hal ini selaras dengan hasil penelitian mengenai analisa spasial pemodelan banjir di Kota Semarang menggunakan sistem informasi geografis dan metode logika fuzzy yang dilakukan oleh Nugraha, dimana Semarang Barat dan Semarang Utara memiliki tingkat ancaman tinggi terhadap banjir sedangkan Kecamatan Tugu memiliki tingkat ancaman yang rendah (Nugraha, 2018).

Berdasarkan hasil analisa didapatkan bahwa kriteria yang memiliki nilai matriks terbobot terbesar adalah ketinggian. Hal ini menunjukkan bahwa ketinggian merupakan faktor utama penyebab banjir di kawasan pesisir pantai Kota Semarang. Kawasan pesisir pantai Kota Semarang memiliki ketinggian yang rendah. Sedangkan yang menyebabkan Kecamatan Semarang Utara dan Semarang Barat memiliki tingkat risiko lebih dibandingkan kecamatan lain di kawasan pesisir pantai ini adalah curah hujan. Kondisi ini sesuai dengan hasil penelitian yang dilakukan oleh Lian et al. (2013) bahwa penyebab utama banjir di kawasan pesisir pantai adalah curah hujan yang tinggi. Lian et al (2013) juga menyatakan bahwa ketinggian kawasan pesisir pantai yang rendah menyebabkan kawasan ini dipengaruhi oleh tinggi pasang surut air laut, sehingga resiko terjadinya banjir meningkat.

Hasil analisa tingkat risiko banjir dan faktor penyebab banjir di kawasan pesisir pantai Kota Semarang ini diharapkan dapat digunakan sebagai dasar perencanaan pembangunan berkelanjutan di kawasan ini, sehingga penanganan permasalahan banjir dapat diatasi secara tepat sasaran.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisa tingkat risiko banjir menggunakan metode AHP TOPSIS, dapat disimpulkan bahwa empat kriteria yang mempengaruhi terjadinya bencana banjir di kawasan pesisir pantai Kota Semarang adalah curah hujan, tata guna lahan, kelerengan lahan dan ketinggian. Dari keempat kriteria tersebut yang merupakan faktor utama atau bisa dikatakan memberikan kontribusi terbesar terhadap terjadinya banjir di kawasan ini adalah ketinggian. Kecamatan Semarang Utara dan Semarang Barat merupakan kecamatan di kawasan pesisir pantai Kota Semarang yang memiliki risiko paling tinggi terhadap terjadinya bencana banjir. Faktor yang menyebabkan dua kecamatan ini memiliki tingkat risiko lebih tinggi dibandingkan dua kecamatan lainnya adalah curah hujan.

Ucapan terima kasih

Ucapan terimakasih penulis berikan kepada Departemen Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro atas dukungannya sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian ini.

Referensi

- Badan Pusat Statistik Kota Semarang. (2020). *Kota Semarang dalam Angka 2020*. BPS Kota Semarang.
- Balica, S. F., Douben, N., & Wright, N. G. (2009). Flood vulnerability indices at varying spatial scales. *Water Science and Technology*. <https://doi.org/10.2166/wst.2009.183>
- Balica, S. F., Wright, N. G., & van der Meulen, F. (2012). A flood vulnerability index for coastal cities and its use in assessing climate change impacts. *Natural Hazards*, 64(1), 73–105. <https://doi.org/10.1007/s11069-012-0234-1>
- BPBD Jawa Tengah. (2015). *Kajian Risiko Bencana Jawa Tengah 2016-2020*.

- Dandapat, K., & Panda, G. K. (2017). Flood vulnerability analysis and risk assessment using analytical hierarchy process. *Modeling Earth Systems and Environment*, 3(4), 1627–1646. <https://doi.org/10.1007/s40808-017-0388-7>
- Indrianawati, D., Muhally Hakim, A. D. (2013). Penyusunan Basis Data untuk Identifikasi Daerah Rawan Banjir Dikaitkan dengan Infrastruktur Data Spasial. *Jurnal Itenas Rekayasa*, XVII(1), 22–31. <https://doi.org/1410-3125>
- Jozaghi, A., Alizadeh, B., Hatami, M., Flood, I., Khorrami, M., Khodaei, N., & Ghasemi Tousi, E. (2018). A Comparative Study of the AHP and TOPSIS Techniques for Dam Site Selection Using GIS: A Case Study of Sistan and Baluchestan Province, Iran. *Geosciences*, 8(12), 494. <https://doi.org/10.3390/geosciences8120494>
- Karmakar, S., Simonovic, S. P., Peck, A., & Black, J. (2010). An Information System for Risk-Vulnerability Assessment to Flood. *Journal of Geographic Information System*. <https://doi.org/10.4236/jgis.2010.23020>
- Kodoatie, R. J., & Sjarief, R. (2006). *Pengelolaan bencana terpadu*. Yayasan Watampone. <https://books.google.co.id/books?id=gXTaAAAAMAAJ>
- Lee, G., Jun, K.-S., & Chung, E.-S. (2013). Integrated multi-criteria flood vulnerability approach using fuzzy TOPSIS and Delphi technique. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 13(5), 1293–1312. <https://doi.org/10.5194/nhess-13-1293-2013>
- Levy, J. K. (2005). Multiple criteria decision making and decision support systems for flood risk management. *Stochastic Environmental Research and Risk Assessment*, 19(6), 438–447. <https://doi.org/10.1007/s00477-005-0009-2>
- Lian, J. J., Xu, K., & Ma, C. (2013). Joint impact of rainfall and tidal level on flood risk in a coastal city with a complex river network: A case study of Fuzhou City, China. *Hydrology and Earth System Sciences*. <https://doi.org/10.5194/hess-17-679-2013>
- Nugraha, A. L. (2018). PEMETAAN ANCAMAN BANJIR KOTA SEMARANG MENGGUNAKAN FUZZY LOGIC DAN SIG. *TEKNIK*, 39(1), 16. <https://doi.org/10.14710/teknik.v39i1.16524>
- Ouma, Y., & Tateishi, R. (2014). Urban Flood Vulnerability and Risk Mapping Using Integrated Multi-Parametric AHP and GIS: Methodological Overview and Case Study Assessment. *Water*, 6(6), 1515–1545. <https://doi.org/10.3390/w6061515>
- Rahim, R., Supiyandi, S., Siahaan, A. P. U., Listyorini, T., Utomo, A. P., Triyanto, W. A., Irawan, Y., Aisyah, S., Khairani, M., Sundari, S., & Khairunnisa, K. (2018). TOPSIS Method Application for Decision Support System in Internal Control for Selecting Best Employees. *Journal of Physics: Conference Series*, 1028, 12052. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1028/1/012052>
- Saaty, T. L. (2008). Decision making with the analytic hierarchy process. *International Journal of Services Sciences*, 1(1), 83. <https://doi.org/10.1504/IJSSCI.2008.017590>
- Sari, U. C., & Dananjaya, R. H. (2020). Analysis of Flood Vulnerability Assessment in Urban Area (Case Study: North Semarang District). *JACEE (Journal of Advanced Civil and Environmental Engineering)*, 3(1), 36–43.
- Suripin, S., & Kurniani, D. (2016). Pengaruh Perubahan Iklim terhadap Hidrograf Banjir di Kanal Banjir Timur Kota Semarang. *MEDIA KOMUNIKASI TEKNIK SIPIL*. <https://doi.org/10.14710/mkts.v22i2.12881>
- Yang, W., Xu, K., Lian, J., Ma, C., & Bin, L. (2018). Integrated flood vulnerability assessment approach based on TOPSIS and Shannon entropy methods. *Ecological Indicators*, 89, 269–280. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2018.02.015>
- Yoon, K., & Hwang, C.-L. (2011). Multiple Attribute Decision Making. In *Multiple Attribute Decision Making*. <https://doi.org/10.4135/9781412985161>
- Zou, Q., Zhou, J., Zhou, C., Song, L., & Guo, J. (2013). Comprehensive flood risk assessment based on set pair analysis-variable fuzzy sets model and fuzzy AHP. *Stochastic Environmental Research and Risk Assessment*, 27(2), 525–546. <https://doi.org/10.1007/s00477-012-0598-5>