

PEMANFAATAN SISTEM INFORMASI GEOGRAFIS DENGAN METODE ANALYTICAL HIERARCHY PROCESS (AHP) UNTUK PREDIKSI DAERAH RAWAN BANJIR DI KOTA SEMARANG

Abdhika Resqy Imanda, DR Pulung Nurtantio Andono S.T, M.Kom²

Mahasiswa Universitas Dian Nuswantoro Semarang¹, Dosen Universitas Dian Nuswantoro Semarang²

^{1,2}Teknik Informatika, Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Dian Nuswantoro Semarang

Jl. Nakula I, No. 5-11, Semarang, Kode Pos 50131, Telp. (024) 3515261, 3520165 Fax: 3569684

E-mail : 111201207176@mhs.dinus.ac.id¹, abdhikaresqy@gmail.com²

Abstrak

Perkembangan teknologi Sistem Informasi Geografis sekarang ini telah memberikan manfaat pada berbagai bidang diantaranya pariwisata, pendidikan, transportasi bahkan pengawasan bencana. Sistem informasi geografis sebagai pengawasan bencana dilakukan guna meminimalisir dampak dari bencana tersebut. Banjir merupakan bencana yang sering terjadi di Indonesia, salah satu contohnya adalah Kota Semarang. Dikarenakan faktor kemiringan lereng relatif datar, penggunaan lahan, hidrologi, jenis tanah, dan curah hujan di Kota Semarang menjadi faktor-faktor terjadinya banjir. Sistem Informasi Geografis yang dihasilkan dalam penelitian ini digunakan untuk menyajikan informasi tentang pemetaan prediksi daerah rawan banjir Kota Semarang, sehingga informasi daerah banjir dan indikator banjirnya dapat digunakan oleh dinas pemerintah dan masyarakat untuk mengantisipasi dampak bencana banjir. Informasi spasial direpresentasikan dalam bentuk gambar peta dari hasil perhitungan skoring dan pembobotan dengan metode Analytical Hierarchy Process (AHP). Dalam penelitian ini, lebih mengutamakan penerapan metode AHP sebagai metode pembobotan pada data atribut informasi spasial didalam Sistem Informasi Geografis. Pengolahan data dilakukan secara digital menggunakan ArcGIS 10.3.

Kata kunci : *Banjir, Sistem Informasi Geografis, AHP, ArcGIS*

Abstract

Nowdays the technology development of Geographic Information System gives many advantages in some sectors. They are tourism, education, transportation, even in disaster supervision. The Geographic Information System as a disaster supervision can be used to minimize the impacts by the disaster. Flood is a disaster always happens in Indonesia, in Semarang for instance, it is caused by some factors like the slope that is flat, the land use, hidrology, types of soil, rain fall. The Geographic Information System as a result in the research, can be used to present information about the mapping of flood prone area prediction in Semarang. So that the information of the flooded area with the information of the insecurity level can be used by the Government and the society to anticipate the impact of the flood. The spatial information was represented in the map form by using the scoring of the result of calculation and the weight of Analytical Hierarchy Process (AHP) method. In this research more accentuated the implementation of AHP method on the attributes of the spatial data in Geographic Information System. The data processing was done digitally by using ArcGIS 10.3.

Keywords : *Flood, Geographic Information System, AHP, ArcGIS*

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kota Semarang merupakan salah satu contoh kota besar di Indonesia yang memiliki kawasan banjir tersebar dan meluas dari tahun ke tahun. Hal ini dikarenakan kemiringan lereng relatif landai dan aliran air yang lambat. Disamping itu penggunaan lahan kawasan tersebut merupakan daerah pengembangan kota. Potensi banjir akan lebih besar jika terjadi hujan dikawasan tersebut[3]. Kurangnya informasi daerah rawan banjir Kota Semarang, menyebabkan masyarakat tidak dapat menghindari dampak dari bencana banjir yang mengganggu stabilitas ekonomi masyarakat.

Banjir Kota Semarang dapat dipetakan melalui Sistem Informasi Geografis. Sistem Informasi Geografis ini dapat membantu dalam mengurangi dan meminimalisir bencana banjir. Sistem Informasi Geografis memungkinkan untuk prediksi daerah rawan banjir di Kota Semarang dengan menggunakan metode pengambil keputusan.

Salah satu metode pengambil keputusan yaitu metode *Analytical Hierarchy Process* (AHP). Metode AHP merupakan salah satu metode pengambilan keputusan kriteria majemuk dengan terlebih dulu mendekomposisinya ke dalam struktur hierarki yang berperingkat majemuk[7].

Dalam menentukan kriteria-kriteria yang ada, metode AHP dapat mengelola nilai inputan sesuai dengan kriteria-kriteria yang mempunyai bobot nilai tertentu, menjadikan metode AHP dapat digunakan sebagai pembobotan untuk prediksi rawan banjir Kota Semarang dengan menggunakan data dari Pemerintah Kota Semarang tahun 2010 hingga 2014 yang diterapkan melalui Sistem Informasi Geografis.

1.2 Rumusan Masalah

Dari uraian diatas adapun rumusan masalah yang dapat dibentuk yaitu bagaimana hasil dari metode *Analytical Hierarchy Process* (AHP) sebagai metode pembobotan yang diterapkan pada Sistem Informasi Geografis guna prediksi daerah rawan banjir di Kota Semarang ?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin dicapai dalam mengerjakan tugas akhir ini berdasarkan perumusan masalah diatas adalah memanfaatkan Sistem Informasi Geografis berupa ArcGIS dengan menerapkan metode *Analytical Hierarchy Process* (AHP) sebagai metode pembobotan untuk prediksi daerah rawan banjir di Kota Semarang dengan membandingkan hasil perhitungan metode AHP dan data asli yang diperoleh dari Badan Perencanaan Pembangunan Daerah Kota Semarang, sehingga hasil dari penelitian dapat dijadikan referensi oleh Badan Perencanaan Pembangunan Daerah.

2. LANDASAN TEORI

2.1 Kota Semarang

Kota Semarang merupakan kota di Provinsi Jawa Tengah yang berbatasan wilayah sebelah utara Laut Jawa dengan panjang garis pantai 13,6 kilometer, sebelah selatan Kabupaten Semarang, sebelah timur Kabupaten Demak, sebelah barat Kabupaten Kendal.

Kota Semarang sangat dipengaruhi oleh keadaan alamnya yang membentuk suatu kota dengan ciri khas yaitu terdiri dari daerah dataran tinggi, dataran rendah dan daerah pantai. Dengan demikian topografi Kota Semarang menunjukkan adanya berbagai kemiringan tanah berkisar antara 0% - 40% (curam) dan

ketinggian antara 0,75 – 348,00 mdpl. Sebagian besar tanah Kota Bawah terdiri dari pasir dan lempung. Untuk Pemanfaatan lahan, Kota Semarang lebih banyak digunakan untuk bangunan, jalan, perumahan atau permukiman, kawasan industri, halaman, tambak, empang dan persawahan, pusat kegiatan pemerintahan, perindustrian, perdagangan, angkutan atau transportasi, pendidikan dan kebudayaan, serta perikanan.

2.1.1 Wilayah Rawan Bencana

Kota Semarang memiliki potensi terjadinya bencana banjir. Kawasan yang terletak disebelah kiri dan kanan alur sungai yang memiliki kemiringan muka tanah sangat landai dan relatif datar. Kawasan yang merupakan daerah pengembangan kota, kemungkinan bencana banjir menjadi lebih besar apabila terjadi hujan pada daerah tersebut.

2.2 Sistem Informasi Geografis

Sistem Informasi Geografis merupakan sistem yang berbasis komputer digunakan untuk mengelola dan menyimpan data atau informasi berupa referensi geografis. Kemampuan Sistem Informasi Geografis adalah untuk penghubung berbagai data pada suatu titik tertentu di bumi, penggabungan, menganalisis dan akhirnya dipetakan hasil, atau ditampilkan dalam format grafik dan tabel.

2.3 Analytical Hierarchy Process (AHP)

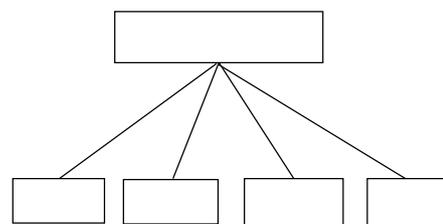
AHP merupakan metode pemecahan suatu masalah yang kompleks dan tidak terstruktur pada kelompoknya, mengatur kelompok-kelompok tersebut menjadi suatu susunan hierarki, memasukkan nilai numerik guna menggantikan

persepsi manusia dengan melakukan perbandingan relatif dan akhirnya suatu sintesis ditentukan menjadi elemen yang memiliki prioritas tinggi. Pada umumnya AHP bertujuan untuk menyusun prioritas dari berbagai alternatif pilihan dan pilihan-pilihan tersebut bersifat kompleks maupun multikriteria[11].

2.3.1 Prosedur metode AHP

Prosedur metode AHP sebagai berikut :

1. Penyusunan hierarki dari permasalahan yang akan dipecahkan



Gambar 1 Struktur Hierarki metode AHP

2. Penilaian untuk kriteria-kriteria
Penilaian kriteria dilakukan melalui berbagai perbandingan berpasangan. Skala yang digunakan adalah skala 1 sampai 9 yang merupakan skala terbaik dalam pengekspresian pendapat.

Tabel 1 Skala Penilaian Perbandingan Berpasangan

Intensitas Kepentingan	Keterangan
1	Kedua elemen memiliki nilai yang sama.
3	Elemen yang satu sedikit lebih penting dari elemen yang lainnya
5	Elemen yang satu lebih penting dari elemen lainnya
7	Satu elemen sangat penting dari elemen lainnya.
9	Elemen satu mutlak penting dari elemen lainnya.
2,4,6,8	Nilai Elemen yang memiliki nilai saling berdekatan (nilai hampir sama)

Proses dimulainya perbandingan berpasangan yaitu dari level hierarki

paling atas yang ditujukan guna memilih kriteria, selanjutnya pengambilan elemen yang dibandingkan. Sehingga susunan beberapa elemen yang dibandingkan akan terlihat seperti tabel matriks berikut :

Tabel 2 Contoh matriks perbandingan berpasangan

	A	B	C
A	1		
B		1	
C			1

3. Penentuan Prioritas

Perbandingan berpasangan (*pairwise comparisons*) dilakukan pada setiap kriteria. Nilai-nilai perbandingan relatif selanjutnya diolah guna menentukan peringkat kriteria.

4. Konsistensi Logis

Pengelompokkan seluruh elemen secara logis dan diperingkatkan secara konsisten sesuai dengan kriteria yang logis. Langkah-langkah perhitungan konsistensi logis :

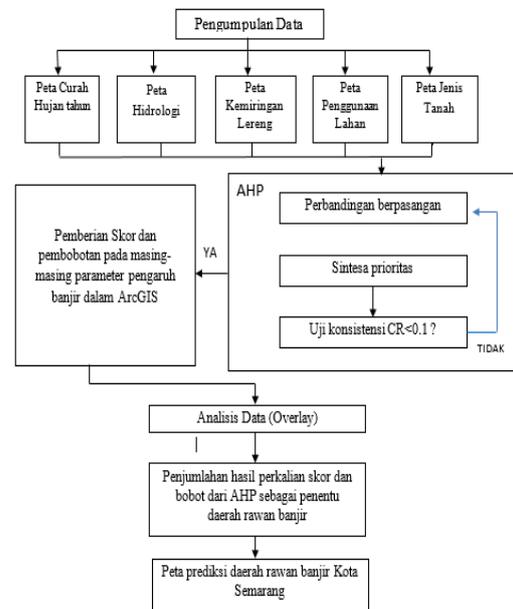
- Perkalian matriks dan prioritas bersesuaian.
- Penjumlahan hasil perkalian perbaris.
- Pembagian hasil penjumlahan tiap baris dengan prioritas bersangkutan dan hasilnya dijumlahkan.
- Pembagian hasil c dengan jumlah elemen, akan diperoleh eigen value (λ maks).
- Indeks Konsistensi (CI) = $(\lambda \text{ maks} - n) / (n - 1)$.
- Rasio konsistensi = CI/ RI, dimana RI merupakan indeks random konsistensi. Apabila rasio konsistensi ≤ 0.1 , maka hasil perhitungan data dapat dibenarkan [13].

2.4 ArcGIS

ArcGIS merupakan kompilasi beberapa fungsi dari berbagai macam perangkat GIS seperti GIS desktop, server, dan GIS berbasis web. Perangkat lunak ini dirilis ESRI Pada tahun 2000. ArcGIS mempunyai kemampuan guna visualisasi, pembangunan database spasial, editing, memilih (*query*), menciptakan desain peta, dan analisa terhadap data geografis.

3. METODE PENELITIAN

3.1 Metode Penelitian



Gambar 3 Metode Penelitian

3.2 Analisa Faktor Pengaruh Banjir

3.2.1 Skoring dan pembobotan

Skoring adalah teknik pengambilan keputusan pada proses yang melibatkan faktor secara bersama dengan cara memberi nilai pada masing-masing faktor. Faktor-faktor tersebut berdasarkan pengaruh banjir Kota Semarang yaitu curah hujan, hidrologi, kemiringan lereng, penggunaan lahan,

dan jenis tanah. Sedangkan pembobotan merupakan pemberian bobot pada setiap parameter peta terhadap pengaruh banjir. Pembobotan dilakukan dengan metode AHP.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

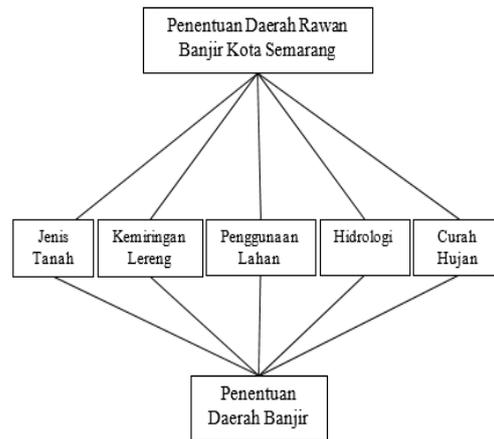
4.1 Perhitungan Metode AHP

Dari permasalahan yang ada dalam menentukan daerah rawan banjir Kota Semarang, berdasarkan tingkat kepentingan parameter atau kriteria-kriteria yang ditentukan oleh tenaga ahli dari Badan Perencanaan Pembangunan Daerah guna menentukan daerah rawan banjir Kota Semarang sebagai berikut :

Tabel 4.1 Tingkat Kepentingan Kriteria-Kriteria Banjir Kota Semarang

Kriteria	Keterangan
Curah Hujan	Lebih berpengaruh dari kriteria-kriteria lain
Hidrologi	Berdekatan dengan kemiringan tanah tetapi lebih penting dari Penggunaan lahan dan jenis tanah
Kemiringan Lereng	Berdekatan dengan hidrologi tetapi lebih penting dari Penggunaan lahan dan jenis tanah
Penggunaan Lahan	Berpengaruh dari jenis tanah
Jenis Tanah	Berpengaruh terhadap banjir

1. Menyusun hierarki



Gambar 4.1 Struktur Hierarki Penentuan Daerah Banjir

2. Penentuan prioritas

Dalam menggantikan asumsi, penilaian kriteria dilakukan melalui perbandingan berpasangan. Skala yang digunakan adalah skala 1 sampai 9. Berdasarkan asumsi, berikut matriks perbandingan berpasangan tiap kriteria banjir :

Tabel 4.2 Matriks Keputusan Ternormalisasi

Kriteria	Curah Hujan	Hidrologi	Kemiringan Lereng	Penggunaan Lahan	Jenis Tanah
Curah Hujan	0.50	0.60	0.46	0.41	0.33
Hidrologi	0.17	0.20	0.52	0.24	0.24
Kemiringan Lereng	0.17	0.10	0.26	0.24	0.24
Penggunaan Lahan	0.10	0.07	0.09	0.08	0.14
Jenis Tanah	0.07	0.04	0.05	0.03	0.05
Total	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

3. Menghitung bobot tiap kriteria

Pada perhitungan untuk memperoleh bobot kriteria-kriteria yaitu dengan cara menjumlahkan hasil dari perhitungan matriks ternormalisasi. Kemudian hasil tersebut dibagi dengan jumlah kriteria-kriteria yang ada.

Tabel 4.3 Menghitung Bobot

Kriteria	Curah Hujan	Hidrologi	Kemiringan Lereng	Penggunaan Lahan	Jenis Tanah	Total	Bobot
Curah Hujan	0.50	0.60	0.46	0.41	0.33	2.29	0.46
Hidrologi	0.17	0.20	0.52	0.24	0.24	1.15	0.23
Kemiringan Lereng	0.17	0.10	0.26	0.24	0.24	0.90	0.18
Penggunaan Lahan	0.10	0.07	0.09	0.08	0.14	0.44	0.09
Jenis Tanah	0.07	0.04	0.05	0.03	0.05	0.22	0.04
Total	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	5.00	1.00

4. Perkalian tiap nilai perbandingan kriteria dengan bobot

Setelah mendapatkan nilai bobot, perkalian tiap nilai perbandingan kriteria dengan bobot dilakukan untuk memperoleh nilai total dari kriteria-kriteria.

5. Uji Konsistensi

Hasil perkalian tiap nilai perbandingan dengan bobot dijumlahkan. Setelah selesai melakukan penjumlahan, pembagian dengan bobot dilakukan guna mendapatkan nilai λ_{max} .

6. Mengukur konsistensi prioritas sebagai nilai bobot dari masing-masing kriteria

Consistency Index (CI) dan nilai yang didapat, dimasukkan untuk menghitung *Consistency Ratio*(CR). CR digunakan untuk mengukur konsistensi prioritas. Untuk menghitung CI dibutuhkan nilai λ_{max} , yaitu dengan menjumlahkan hasil kali antara total nilai pada setiap kolom dari tabel diatas dengan nilai prioritas pada setiap baris dari kolom diatas. Sehingga didapatkan nilai λ_{max} sebesar 5.19. Kemudian dihitung CI dan CR sebagai berikut :

$$CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1} = \frac{5.19 - 5}{5 - 1} = 0.05$$

$$CR = \frac{CI}{RI} = \frac{0.05}{1.12} = 0.04$$

Dari nilai CR diatas didapat 0.04. Dengan nilai dari CR ≤ 0.1 , maka prioritas diatas sudah konsisten.

4.2 Membuat Peta Prediksi Daerah Rawan Banjir

Data yang didapatkan dari pemerintah Kota Semarang berupa peta dasar Kota Semarang, peta kemiringan lereng, peta jenis tanah, peta penggunaan lahan, peta hidrologi dan peta curah hujan.

Peta masing-masing tiap parameter tersebut dalam format shp, kemudian dilakukan skoring pada masing-masing data atribut parameter. Proses pengisian skor seperti pada tabel yang telah ditentukan berdasarkan pengaruh terhadap banjir, dimana skor 5 diberikan kepada data atribut parameter yang memiliki pengaruh besar terhadap banjir di Kota Semarang. selanjutnya, setelah proses skoring dilakukan, parameter diberi bobot berdasarkan perhitungan dari metode AHP. Proses skoring dan pembobotan dilakukan didalam perangkat lunak ArcGIS.

4.2.1 Skoring

1. Pemberian skor data atribut parameter curah hujan

Tabel 4.4 Skor Parameter Curah Hujan

No	Besar Curah Hujan	Harkat
1	>3000mm	5
2	2500mm-<3000mm	4
3	2000mm-<2500mm	3
4	1500mm-<2000mm	2
5	<1500mm	1

2. Pemberian Skor Parameter Hidrologi

Tabel 4.5 Skor Parameter Hidrologi

Data Atribut Hidrologi Kota Semarang	Skor
Daerah air tanah langka	1
Aquifer Produktifitas sedang	3
Tambak Air Payau	5
Aquifer Produktif	4
Akuifer prod.sedang sebaran luas	2

3. Pemberian Skor Parameter Kemiringan Lereng

Tabel 4.6 Skor Parameter Kemiringan Lereng

Data Atribut Kemiringan Lereng Kota Semarang(%)	Skor
>40	1
15-25	3
0-2	5
25-40	2
2-15	4

4. Pemberian Skor Parameter Penggunaan Lahan

Tabel 4.7 Skor Parameter Penggunaan Lahan

Data Atribut Penggunaan Lahan Kota Semarang	Skor
Permukiman	4
Kuburan	2
Tambak	5
Tegalan	3
Hutan produksi tetap	1

5. Pemberian Skor Parameter Jenis Tanah

Tabel 4.8 Skor Parameter Jenis Tanah

Data Atribut Jenis Tanah Kota Semarang	Skor
Aluvial	2
Grumosol	5
Regosol	1
Latosol Coklat Kemerahan	3
Mediteran Coklat Tua	4

4.2.2 Pembobotan

Pembobotan adalah pemberian bobot pada masing-masing parameter yang berpengaruh terhadap banjir. Pembobotan berdasarkan perhitungan menggunakan metode AHP.

Tabel 4.9 Pembobotan Parameter

Kriteria	Bobot
Curah Hujan	0.46
Hidrologi	0.23
Kemiringan Tanah	0.18
Penggunaan Lahan	0.09
Jenis Tanah	0.04

4.2.3 Perkalian Skor dengan bobot

Untuk menentukan nilai dari parameter yang baru, maka diperlukan persamaan matematis dengan cara menggabungkan antara skoring dan pembobotan. Persamaannya yaitu :

$$X = W_i * V_i$$

Keterangan :

X = Nilai Kerawanan

W = Bobot parameter-i

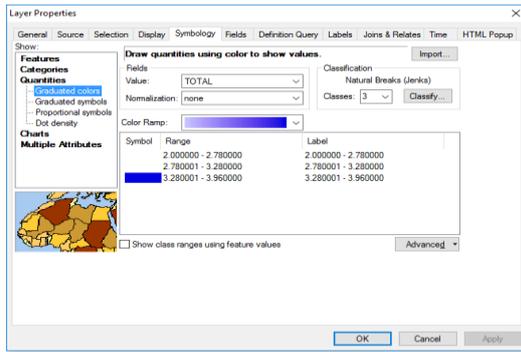
V = Skor tiap data atribut parameter ke-i
Sehingga nilai tersebut dapat diklasifikasikan berdasarkan tingkat kerawanannya dengan menganalisa menggunakan teknik overlay.

4.2.4 Analisa Kerawanan

Overlay berguna untuk menampilkan suatu peta parameter pada peta parameter lain beserta atribut-atributnya dan menghasilkan peta gabungan yang memiliki informasi atribut dari ke lima peta parameter. Didalam *overlay*, penjumlahan hasil gabungan skoring dan pembobotan dilakukan guna mendapatkan nilai kerawanan.

4.2.5 Klasifikasi Peta Banjir Kota Semarang

Hasil dari penjumlahan gabungan skoring dan pembobotan diklasifikasikan berdasarkan tingkat kerawanannya. Klasifikasi dilakukan dengan membagi 3, yaitu kelas tidak rawan, rawan rendah, rawan tinggi.

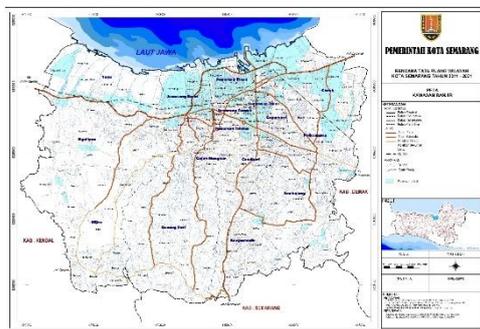


Gambar 4.2 Klasifikasi dengan Quantities

4.3 Analisa Hasil Penelitian

Peta prediksi banjir Kota Semarang dengan metode *Analytical Hierarchy Process* (AHP) dihitung berdasarkan data tahun-tahun sebelumnya dari tahun 2010-2014 yang diperoleh dari Badan Perencanaan Pembangunan Daerah Kota Semarang. Perbandingan hasil peta prediksi yaitu dengan membandingkan peta yang sudah ada dari Pemerintah Kota Semarang dibandingkan dengan peta prediksi daerah rawan banjir Kota Semarang menggunakan metode AHP.

1. Peta Daerah Banjir dari Pemerintah Kota Semarang



Gambar 4.3 Peta Daerah Banjir Kota Semarang dari Pemerintah

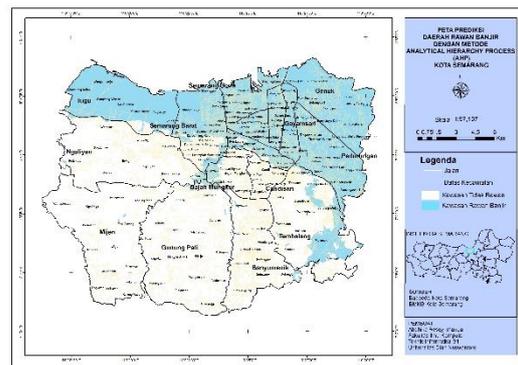
Tabel 4.10 Kawasan Banjir Pemerintah

Kawasan Banjir	56.68837 Km ²	15%
----------------	--------------------------	-----

Area Semarang	384.49936 Km ²	100%
---------------	---------------------------	------

Tabel tersebut dihitung berdasarkan luas area Kota Semarang dalam ArcGIS. Dengan memasukkan koordinat dan geometry, didapatkan luas area Kota Semarang dan luas area daerah banjir.

2. Peta Hasil Perhitungan dengan metode AHP



Gambar 4.4 Peta Prediksi Daerah Rawan Banjir dengan metode AHP Kota Semarang

Tabel 4.11 Kawasan Dengan Metode AHP

Kawasan Banjir	141.40375 Km ²	37%
Area Semarang	384.49936 Km ²	100%

Tabel tersebut dihitung berdasarkan luas area Kota Semarang dalam ArcGIS. Dengan memasukkan koordinat dan geometry, didapatkan luas area Kota Semarang dan luas area daerah banjir dengan perhitungan metode AHP.

4.4 Hasil

Perbandingan antara daerah banjir dari Badan Perencanaan Pembangunan

Daerah Kota Semarang dengan daerah banjir hasil penerapan dari metode AHP adalah sebagai berikut :

Luas daerah banjir dari Badan Perencanaan Pembangunan Daerah dengan kawasan banjir sebesar 56.7 Km². Luas kawasan banjir Kota Semarang dengan kawasan banjir yaitu sebesar 141.4 Km².

Tabel 4.12 Perbandingan Hasil

Kawasan	Pemerintah	Dengan metode AHP
Kawasan Banjir	15%	37%
Area Semarang	100%	100%

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan bahwa Sistem Informasi Geografis berupa ArcGIS dapat dimanfaatkan sebagai prediksi daerah rawan banjir Kota Semarang menggunakan metode *Analytical Hierarchy Process* (AHP) sebagai metode analisis. Luas daerah rawan banjir dengan menerapkan metode AHP yaitu sebesar 37%, sedangkan luas peta daerah banjir dari Bappeda sebesar 15%, sehingga selisihnya 22%. Maka dari itu, Penggunaan Sistem Informasi Geografis berupa ArcGIS dengan metode AHP sebagai prediksi banjir di Kota Semarang dapat dijadikan referensi oleh Badan Perencanaan Pembangunan Daerah.

5.2 Saran

1. Penelitian ini dapat ditindak lanjuti dengan menampilkan informasi prediksi banjir berdasarkan faktor-faktornya, serta resiko bahaya banjir sehingga kerugian yang terjadi dapat diprediksi dan dikurangi.
2. Pengembangan ide dari berbagai ilmu pengetahuan lain dibutuhkan dalam menyempurnakan metode analisis prediksi daerah rawan banjir.
3. Dapat ditambahkan fungsi metode AHP pada ArcGIS untuk penelitian berikutnya.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Prahasta Eddy. *Sistem Informasi Geografis Konsep-konsep Dasar (Perspektif Geodesi & Geomatika)*. Informatika. Bandung. 2009.
- [2] Definisi dan jenis bencana. Badan nasional penanggulangan bencana. <http://www.bnpb.go.id/pengetahuan-bencana>. (Diakses 05-10-2015)
- [3] Pemerintah Kota Semarang. *Rancangan Awal Rencana Kerja Pembangunan Daerah (RKPD) Kota Semarang Tahun 2016*. Jawa Tengah. 2015.
- [4] Action Contre la Faim – Indonesia Mission. *Early Warning System, Sistem Peringatan Dini Banjir: Dokumentasi Pengembangan EWS bersama Masyarakat*. Jakarta. 2010.
- [5] Saaty, Thomas L. *Decision Making with the Analytical Hierarchy Process*. Int. J. Services Sciences, Vol. 1, No. 1. 1980.
- [6] Joerin, Florent, Marius Thelieurt, Andre Mussy. *Using GIS and Outranking Multicriteria Analysis for Land-Use Suitability*. Int. J. Geographical Information Science, vol. 15, no. 2, 15-174, Taylor & Francis Ltd. 2001.

- [7] Ergott, Mathias, Jose Rui Figuera, Salvatore Greco (Editor). *Trends in Multiple-Criteria Decision Analysis*. Springer Science Business Media, New York. 2010.
- [8] Tim Laboratorium Perencanaan dan Sistem Informasi Kehutanan. *Buku Ajar Sistem Informasi Geografis*. Fakultas Kehutanan Universitas Hasanuddin, Makassar. 2009.
- [9] Aini Anisah. *Sistem Informasi Geografis Pengertian dan Aplikasinya*. Staff Pengajar STMIK AMIKOM Yogyakarta, Yogyakarta. 2008.
- [10] Hartoyo Manjela Eko., Nugroho Yuli., dkk. *Modul Pelatihan Sistem Informasi Geografis (SIG) Tingkat Dasar*. Tropenbos International Indonesia Programme, Bogor. 2010.
- [11] Bourgeois R. *Analytical Hierarchy Process*. UNCAPSAUNESCAP. Bogor. 2005.
- [12] Marimin. *Teknik Aplikasi Pengambilan Keputusan Kriteria Majemuk*. Grasindo. 2008.
- [13] Chaisura Naiyana, Inta Suman Auschariya. *Analytic Hierarchy Process (AHP) for the Selection of Wastle Landfill sites using GIS*. UDINUS. Semarang. 2015.
- [14] Sholahuddin DS Muhamad. *SIG Untuk Memetakan Daerah Banjir Dengan Metode Skoring Dan Pembobotan*. Fakultas Ilmu Komputer. UDINUS. Semarang. 2014.
- [15] Wahana Komputer. *Pemodelan SIG Untuk Mitigasi Bencana*. Elex Media Komputindo, Jakarta. 2015.
- [16] Rosmarkam Afandie, Yuwono Widya Nasih. *Ilmu Kesuburan Tanah*. Kanisius, Yogyakarta. 2002.