

IMPLEMENTASI SIG UNTUK PEMETAAN ANCAMAN BENCANA BANJIR KAWASAN TERBANGUN KOTA PEKALONGAN

Akhmad Rizky Fernanda^{*}, L.M. Sabri, Yasser Wahyuddin

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

ABSTRAK

Kota Pekalongan merupakan perkotaan yang sering terjadi bencana banjir. Ini terjadi dikarenakan topografi yang lebih rendah dari laut dan terdapat beberapa sungai sehingga mengakibatkan sering terjadinya luapan banjir. Bencana banjir memiliki dampak kerugian pada berbagai macam aspek contohnya kawasan terbangun. Memetakan suatu kawasan terbangun yang terdampak bencana banjir beserta jumlah penduduk yang terdampak dirasa perlu. Metode yang dipakai dalam penelitian ini ialah SIG dan EBBI. Metode *Enhanced Built-Up and Bareness Index* (EBBI) digunakan untuk memetakan kawasan terbangun sedangkan metode SIG digunakan untuk mendapatkan kelas kerawanan bencana Banjir. Parameter yang dipakai untuk memetakan kawasan ancaman banjir ialah kelerengan, jenis tanah, curah hujan, penggunaan lahan, jarak dari sungai, kerapatan sungai, jarak dari garis pantai dan topografi. Hasil dari penelitian ini adalah peta ancaman banjir di Kota Pekalongan. Tingkat ancaman banjir di Kota Pekalongan diklasifikasikan menjadi tiga kelas yaitu ancaman rendah sebesar 299,984 ha atau 6,67%, ancaman sedang sebesar 1867,978 ha atau 41,28% dan ancaman tinggi sebesar 2357,029 ha atau 52,09%. Adapun jumlah luasan kawasan terbangun yang masuk ke dalam klasifikasi rendah yaitu sebesar 22,257 ha atau 1,58%, ancaman sedang sebesar 784,544 ha atau 55,59% dan ancaman tinggi sebesar 606,620 ha atau 42,84%. Dilakukan proses *overlay* kawasan terbangun terhadap data *shapefile* permukiman dengan asumsi penduduk berada dikawasan permukiman, didapatkan Kecamatan Pekalongan Utara menjadi kecamatan dengan jumlah penduduk terancam Banjir kelas tinggi yaitu sebesar 63.637 jiwa dengan persentase 80,7% dari total penduduk Kecamatan Pekalongan Utara dan Kecamatan Pekalongan Selatan menjadi kecamatan dengan jumlah penduduk terancam Banjir kelas rendah yaitu sebesar 5.679 jiwa dengan persentase 8,68% dari total penduduk Kecamatan Pekalongan Selatan.

Kata Kunci : Banjir, EBBI, Kawasan Terbangun, SIG

ABSTRACT

Pekalongan city is an urban area that often occurs in floods. This happens because the topography is lower than the sea and there are several rivers, resulting in frequent flooding. Flood has a detrimental impact on various aspects, for example, built-up areas. Mapping built-up areas affected by floods along with the number of affected people is deemed necessary. The method used in this research is GIS and EBBI. The Enhanced Built-Up and Bareness Index (EBBI) method is used to map the built-up area, while the GIS method is used to obtain flood hazard classes. The parameters used to map flood threat areas are slope, soil type, rainfall, land use, distance from rivers, river density, distance from shoreline and topography. The result of this study is flood hazard map. The class of flood is classified into three classes there are low hazard is 299.984 ha or 6.63%, medium hazard is 1867.978 ha or 41.28% and high hazard is 2357.029 ha or 52.09% and the total area of the built-up area classified as low hazard is 22.257 ha or 1.58%, medium hazard is 784.544 ha or 55.59% and high hazard is 606.620 ha or 42.84%. A built-up hazard map need to be overlayed to the settlements shapefile data with the assumption that the population is in the residential area, so the North Pekalongan district is found to be the highest district's population affected by high hazard of flood and which is 63.637 people with a percentage of 80.7% of total population of North Pekalongan District and the South Pekalongan District is a lowest with the 5,679 people or 8.68% of the total population affected by low hazard of flood disasters.

Keyword: Built-up Area, EBBI, Flood, GIS

^{*})Penulis Utama, Penanggung Jawab

I. Pendahuluan

I.1 Latar Belakang

Banjir di Kota Pekalongan merupakan bencana yang sering terjadi ketika musim penghujan dan laut sedang pasang. Terdapat dua jenis banjir yang ada di Kota Pekalongan, yaitu banjir sungai dan banjir rob. Berdasarkan data BPBD Kota Pekalongan tahun 2021, tercatat hampir setiap hari terdapat kasus banjir terjadi. Hal ini dikarenakan naiknya muka air laut yang diakibatkan oleh penurunan permukaan tanah serta kondisi geografis Kota Pekalongan yang landai dan memiliki ketinggian 0-1 mdpl dan menjadi penyebab Kota Pekalongan menjadi salah satu daerah perkotaan yang rawan terkena bencana banjir. Bencana banjir membawa dampak negatif bagi masyarakat dan lingkungan yang terpapar bencana ini.

Kawasan terbangun adalah satu contoh objek yang terdampak bencana banjir. Kawasan terbangun yang berada di kawasan rawan bencana merupakan kawasan yang penting untuk diketahui serta dideteksi jumlah luasan dan keberadaannya guna memperkirakan dampak dan kerugian yang akan ditimbulkan. Mengingat keberadaan kawasan terbangun (*built-up area*) di Kota Pekalongan sangat mendominasi di wilayah administrasi Kota Pekalongan. Dilansir dari data DPUPR Kota Pekalongan tahun 2021, kawasan terbangun di Kota Pekalongan sekitar 41,19% dari luasan Kota Pekalongan menjadikan penguatan urgensi untuk dilakukan pemetaan terhadap berapa besar luasan kawasan terbangun yang terdampak terhadap bencana banjir ke dalam beberapa kelas ancaman. Penentuan kawasan terbangun menggunakan algoritma sederhana EBBI (*Enhanced Built-Up and Bareness Index*) dengan citra Landsat-9 dikarenakan dapat memetakan kawasan terbangun secara cepat sehingga dirasa cocok untuk dijadikan *pre-caution* dalam penentuan sebaran kawasan terbangun yang terdampak bencana banjir. Kelebihan *quick assessment* kawasan terbangun dengan menggunakan Landsat ialah data yang mudah diakses juga dapat memetakan sebaran kawasan terbangun dengan cukup baik sebagai langkah awal pemetaan kawasan yang memiliki potensi terkena banjir dapat dijadikan acuan dalam penanggulangan bencana banjir di Kota Pekalongan.

Analisis ancaman bencana Banjir dilakukan menggunakan prinsip Sistem Informasi Geografis. Pengolahan beberapa parameter dilakukan skoring dilakukan proses *overlay* menggunakan metode *Analitycal Hierarchy Process* dalam penyusunan pembobotan parameter ancaman yang mengacu pada PERKA BNPB No. 2 Tahun 2012 dan parameter lain yang dimodifikasi sebagai landasan pembuatan peta ancaman banjir di Kota Pekalongan dengan dilakukan pengkajian dan modifikasi sedemikian rupa. Studi pembuatan peta ancaman bencana banjir pada kawasan terbangun di Kota Pekalongan memiliki urgensi untuk dapat melihat berapa luasan kawasan terbangun yang terancam bencana banjir pada beberapa kelas serta kerapatan penduduk yang terdampak pada kelas bencana Banjir.

I.2 Perumusan Masalah

Rumusan masalah yang akan dibahas pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana hasil peta ancaman bencana banjir di Kota Pekalongan?
2. Berapa besaran luasan kawasan terbangun dari metode *Enhanced Built-Up and Bareness Index (EBBI)* di Kota Pekalongan?
3. Berapa besaran luasan kawasan terbangun beserta jumlah penduduk yang terdampak pada tiap kelas ancaman banjir di Kota Pekalongan?

I.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian yang akan dilakukan adalah :

4. Memperoleh peta ancaman bencana banjir di Kota Pekalongan
5. Memperoleh jumlah luasan kawasan terbangun dari metode *Enhanced Built-Up and Bareness Index (EBBI)* di Kota Pekalongan.
6. Memperoleh luasan kawasan terbangun beserta jumlah penduduk yang terdampak pada tiap kelas ancaman banjir di Kota Pekalongan.

I.4 Batasan Masalah

Batasan permasalahan yang diambil dalam penelitian ini sebagai berikut:

1. Batas cakupan wilayah dari penelitian tugas akhir adalah wilayah Kota Pekalongan dengan unit terkecil wilayah administrasi ialah Kecamatan.
2. Penelitian ini bertujuan untuk pembuatan peta ancaman bencana banjir pada kawasan terbangun dan diklasifikasikan ke dalam beberapa kelas ancaman bencana banjir.
3. Analisis spasial adalah metodologi yang digunakan dalam penelitian ini. Peringkat lunak berbasis SIG, metode *weighting* pada proses AHP dalam penyusunan peta ancaman bencana banjir.
4. Data spasial yang digunakan dalam penelitian ini adalah peta administrasi Kota Pekalongan, data curah hujan dasarian Kota Pekalongan, data DEMNAS, peta jenis tanah, peta jaringan jalan, peta jaringan sungai, peta penggunaan lahan, peta kelerengan
5. Parameter pemetaan daerah ancaman bencana banjir antara lain yaitu kelerengan, curah hujan, jenis tanah, jarak dari sungai, kerapatan sungai, penggunaan lahan, topografi dan jarak dari garis pantai.
6. Analisis kawasan terbangun menggunakan pengolahan yang dilakukan pada citra penginderaan jauh *Landsat-9* dengan dilakukan pengolahan sederhana indeks kawasan terbangun *EBBI*

II. Tinjauan Pustaka

II.1 Gambaran Umum

Kota Pekalongan merupakan suatu kota yang berada wilayah Provinsi Jawa Tengah dan terletak di daerah pantai utara Pulau Jawa dengan ketinggian kurang lebih satu meter di atas permukaan laut dengan posisi geografis antara 6° 50' 42" hingga 6° 55' 44" Lintang Selatan dan antara 109° 37' 55" hingga 109° 42' 19" Bujur Timur. Dengan batas-batas wilayah utara

berbatasan dengan Laut Jawa, sebelah selatan berbatasan dengan Kabupaten Pekalongan, sebelah timur berbatasan dengan Kabupaten Batang serta di sebelah barat berbatasan dengan Kabupaten Pekalongan.

Secara geografis, letak Kota Pekalongan berada tepat pada kawasan pesisir yang memiliki kerentanan terhadap bencana yaitu banjir seperti yang menjadi fokus di Kota Pekalongan sendiri. Kondisi topografi Kota Pekalongan yang hanya berkisar dari 0 hingga 6 meter di atas permukaan air laut dan mengakibatkan air laut saat pasang mudah menggenangi wilayah sekitar, juga dikarenakan 3 sungai yang menjadi penyebab utama terjadinya banjir yaitu Sungai Loji, Sungai Banger dan Sungai Pekalongan.

II.2 Banjir

Banjir adalah suatu bencana alam yang kerap membahayakan daerah yang memiliki dataran rendah. Definisi banjir menurut UU No. 24 Tahun 2007 tentang Penanggulangan Bencana adalah peristiwa atau keadaan di mana terendahnya suatu daerah atau daratan karena volume air yang meningkat. Banjir dapat dijelaskan sebagai suatu keadaan di mana air menutupi sebagian dari permukaan bumi. Secara luas, definisi banjir jika dilihat dari siklus hidrologi yaitu ketika bagian air di permukaan bumi menuju ke laut. Terdapat jenis banjir yang sering dijumpai yaitu :

1. Banjir air sungai merupakan suatu banjir yang kerap terjadi yang disebabkan oleh meluapnya air sungai yang disebabkan curah hujan yang intens.
2. Banjir rob merupakan banjir yang penyebabnya adalah pasang susut air laut. Banjir rob merupakan genangan air di dataran pantai yang terjadi pada saat air pasang, biasanya membanjiri daratan pantai atau tempat-tempat di bawah permukaan laut pada saat air pasang (*high water level*) (Syihab, 2008).

Terdapat bermacam faktor yang dapat mempengaruhi terjadinya banjir. Faktor tersebut dijadikan parameter ancaman bencana banjir. Adapun parameter peta ancaman banjir yang akan digunakan dalam pembuatan peta ancaman banjir dapat dilihat pada **Tabel 1**

Tabel 1 Parameter Peta Ancaman

Bencana	Parameter
Banjir	Kelerengan
	Jenis Tanah
	Curah Hujan
	Kerapatan Sungai
	Jarak dari Sungai
	Penggunaan Lahan
	Jarak dari Garis Pantai
	Topografi

II.3 Kota

Kota adalah kawasan di mana terdapat atau menjadi pusat aktivitas penduduk dengan kegiatannya dan merupakan tempat konsentrasi penduduk dan pusat perekonomian industri (Irwan, 2004). Kota juga merupakan kawasan yang kegiatan utamanya bukan

bidang pertanian yang digunakan sebagai fungsi utama kawasannya, melainkan sebagai tempat pelayanan jasa pemerintahan dan sosial serta kegiatan ekonomi sehingga memiliki dampak pada transformasi fungsi ruang terbuka hijau perkotaan menjadi kawasan perkotaan yang dapat digunakan sebagai kawasan permukiman atau industry. Oleh karena itu, kota secara cepat atau lambat akan mengalami defisisit ruang terbuka hijau.

II.4 Kawasan Terbangun

Kawasan terbangun (*built up area*) merupakan lahan yang sudah mengalami proses pembangunan atau perkerasan yang terjadi di atas lahan tersebut (Bartuska, 1994). Penyebutan lain lahan terbangun adalah sebagai segala sesuatu yang diciptakan, disusun dan dipelihara oleh manusia untuk memenuhi kebutuhan manusia, yaitu segala sesuatu yang memediasi lingkungan sebagai akibat dari pengaruh konteks ekologisnya. Kawasan terbangun tersebut meliputi bangunan, jalan, fasilitas umum dan sarana lainnya. Menurut (As-Syakur, 2012), kawasan terbangun merupakan penampakan wilayah perkotaan berdasarkan data pengindraan jauh menunjukkan bahwa wilayah pedesaan dan perkotaan sangat berbeda, dan secara umum penampakan objek di desa masih didominasi oleh berbagai jenis vegetasi, sedangkan seperti rumah, kantor pemerintahan, rumah sakit, jalan mendominasi wilayah perkotaan.

II.5 Ancaman Bencana

Ancaman adalah suatu situasi yang mengilustrasikan rentan atau tidaknya suatu daerah terjadi bencana dengan beracuan pada faktor alam yang menjadi pengaruh suatu bencana terjadi. Menurut UU No. 24 Tahun 2007, ancaman bencana adalah kondisi atau karakteristik geologis, biologis, hidrologi, klimatologi, geografis, sosial, budaya, politik, ekonomi, dan teknologi pada suatu wilayah untuk jangka waktu tertentu yang mengurangi kemampuan mencegah, meredam, mencapai kesiapan, dan mengurangi kemampuan untuk menanggapi dampak buruk bahaya tertentu.

II.6 Enhanced Built-Up and Bareness Index (EBBI)

Enhanced Built-Up and Bareness Index (EBBI) dapat memetakan dan membedakan antara Kawasan terbangun dan lahan kosong, Indeks EBBI menggunakan panjang gelombang 0,83 µm, 1,65 µm, dan 11,45 µm (NIR, SWIR, dan TIRS) pada citra Landsat 9 OLI/TIRS. Panjang gelombang ini dipilih berdasarkan rentang pantulan kontras dan penyerapan di kawasan terbangun dan lahan kosong (As-Syakur, 2012). Diambil dari (As-Syakur, 2012) persamaan dalam algoritma EBBI adalah sebagai berikut pada persamaan 1

$$EBBI = \frac{SWIR - NIR}{10\sqrt{SWIR + TIRS}} \tag{1}$$

keterangan:

- NIR = Nilai spektral *Near Infrared*
- SWIR = Nilai spektral *Short Wave Infrared*
- TIRS = Nilai spektral *Thermal Infrared Sensor*

II.7 Sistem Informasi Geografis

Sistem informasi geografis adalah kumpulan komponen berupa perangkat keras, perangkat lunak, sumber daya manusia, dan data yang berkolaborasi secara efektif untuk mengumpulkan, menyimpan, meningkatkan, memperbarui, mengelola, dan memanipulasi, mengintegrasikan, menganalisis, dan menampilkan data dalam informasi geografis. Data yang diolah dalam SIG adalah data spasial, yaitu data geografis dan berorientasi tempat yang memiliki sistem koordinat tertentu, sebagai dasar acuan. Untuk aplikasi GIS untuk menjawab beberapa pertanyaan seperti; posisi, status, tren, pola dan pola. Kemampuan inilah yang membedakan SIG dengan sistem informasi lainnya. (Harsa, 2015). SIG memiliki peran yang penting dikarenakan dapat membantu dalam pengidentifikasian dan penyelesaian suatu masalah lingkungan berbasis spasial dengan membantu menyediakan informasi, memetakan suatu permasalahan dan dapat membantu dalam penyelesaiannya dikarenakan dapat memfasilitasi *input* data, analisis data dan penyajian data terutama pada data yang ber-georeferensi.

III. Metodologi Penelitian

III.1 Alat dan Data Penelitian

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Laptop seri MSi GF63 9RCX-622ID *gaming laptop* dengan spesifikasi :
 - a. Sistem Operasi : *Microsoft Windows 10 Home*
 - b. CPU (*Central Processing Unit*) : *64-bit OS, Intel-Core i7-9750H,*
 - c. GPU (*Graphic Processing Unit*): *NVIDIA GeForce GTX 1050Ti 4GB*
 - d. RAM : *RAM 8GB DDR 4*
 - e. *Storage* : *256 GB SSD, 1 TB HDD*
2. Perangkat lunak ArcMap 10.7.1 untuk mengolah data-data spasial, analisis dan pemberian bobot (*scoring*).
3. Perangkat lunak ENVI 5.3 untuk mengolah citra satelit.
4. Perangkat lunak Microsoft Word 2019 untuk pengolahan kata.
5. Perangkat lunak Microsoft Excel 2019 untuk mengolah data tabular.
6. Perangkat lunak Microsoft Visio 2019 untuk pembuatan diagram alir.

Data yang digunakan pada penelitian ini adalah :

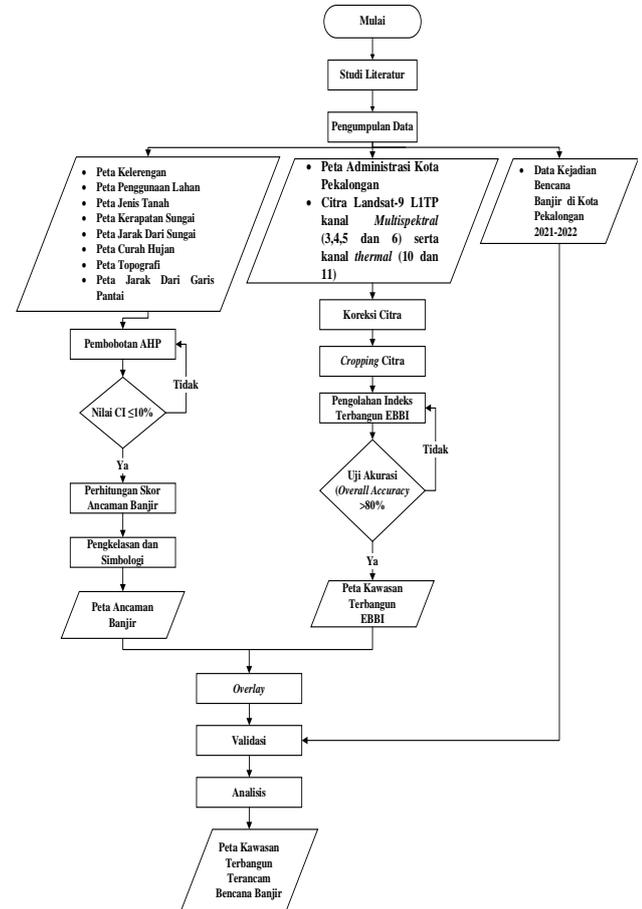
Tabel 2 Data dan Sumber Data Penelitian

No	Data	Sumber
1.	Peta Administrasi Kota Pekalongan	DPUPR Kota Pekalongan
2.	Peta Penggunaan Lahan Kota Pekalongan tahun 2017	BAPPEDA Kota Pekalongan
3.	DEMNAS Kota Pekalongan	INA-GEOPORTAL
4.	Peta Jenis Tanah	DPUPR Kota Pekalongan
5.	Peta Jaringan Sungai	DPUPR Kota Pekalongan
6.	Peta Garis Pantai	DPUPR Kota Pekalongan
7.	Peta Topografi	DPUPR Kota Pekalongan
8.	Data Curah Hujan Kota Pekalongan Tahun 2021	BMKG Jawa Tengah
9.	Data <i>Shape file</i> bangunan Kota Pekalongan	Dinas Perumahan dan Kawasan Permukiman Kota Pekalongan

10.	Data Kejadian Bencana Banjir Kota Pekalongan Tahun 2020- Juni 2022	BPBD Kota Pekalongan
11.	Kecamatan dalam Angka Kota Pekalongan Tahun 2018-2020	Badan Pusat Statistik Kota Pekalongan
12.	Wawancara AHP	BPBD dan DPUPR Kota Pekalongan
13.	Jumlah Penduduk	BPS Kota Pekalongan

III.2 Diagram Alir Penelitian

Diagram alir pelaksanaan penelitian dapat dilihat pada **Gambar 1**.



Gambar 1 Diagram Alir Penelitian

III.3 Tahap Pengolahan

III.3.1 Pengolahan Indeks Kawasan Terbangun

Pengolahan indeks kawasan terbangun menggunakan data citra satelit *Landsat-9* dengan akuisisi data tanggal 24 Mei 2022 dan tipe L1TP menggunakan algoritma indeks *Enhanced Built-Up and Bareness Index* (EBBI). Dengan proses awal yaitu dilakukan proses kalibrasi radiometrik pada *band 5*, *band 6* dan menghasilkan reflektansi ToA pada *band 5* dan *band 6* serta *radiance* pada *band 10*.

Pengolahan selanjutnya dilakukan dengan pemrosesan EBBI menggunakan *software* ENVI 5.1 dengan bantuan *bandmath*. Pada algoritma EBBI menggunakan *band 5* sebagai *Near Infrared* (NIR), *band 6* sebagai *Short-Wavelength Infrared* (SWIR), dan *band 10* sebagai kanal *thermal* untuk pengolahan kawasan terbangun. Klasifikasi kawasan terbangun ini dilakukan dengan proses *threshold* dengan rentang di atas nilai 0 (Sekertekin et al., 2018).

III.3.2 Pengolahan Ancaman Banjir

Pengolahan acaman banjir dilakukan pada software ArcMap 10.7.1 dengan dilakukan klasifikasi parameter ancaman banjir. Klasifikasi tiap parameter dilakukan dengan proses *scoring* dan pembobotan. Bobot diperoleh melalui proses wawancara dengan *stakeholders* pemerintahan Kota Pekalongan dan diolah dengan metode AHP. Penentuan kelas ancaman hasil pengolahan mengacu pada Perka BNPB No.2 Tahun 2012 yaitu ada 3 kelas antara lain rendah, sedang dan tinggi yang dibagi berdasarkan metode *Equal Interval*.

Untuk penentuan interval kelas masing-masing ancaman, dilakukan dengan membagi nilai yang diperoleh dengan jumlah interval yang ditentukan dalam persamaan untuk menentukan lebar kelas untuk setiap peringkat kerentanan yang dapat dilihat pada persamaan 2

$$i = R/n \quad 2$$

keterangan:

- i* = Lebar Interval
- n* = Jumlah kelas ancaman
- R* = Selisih skor maksimum

Interval atau lebar kelas tiap ancaman disajikan pada **Tabel 3** dibawah ini:

Tabel 3 Hasil Interval Kelas Ancaman

No	Kelas Ancaman Banjir	Interval
1	Rendah	1,057-3,841
2	Sedang	3,841-6,623
3	Tinggi	6,623-9,406

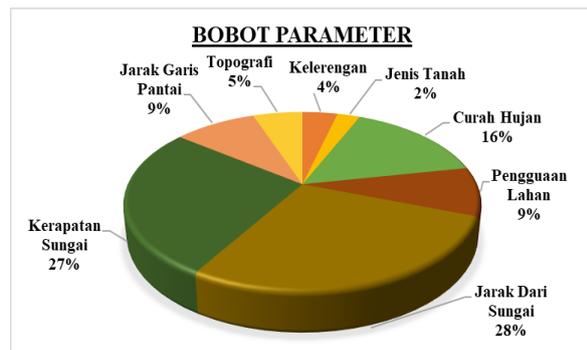
III.4 Hasil Peta Ancaman Banjir

Ancaman banjir didapatkan melalui pembobotan dan *scoring* pada parameter ancaman banjir. Hasil AHP pada setiap parameter dapat dilihat pada **Tabel 4**

Tabel 4 Hasil Bobot Parameter

Bobot	
Kelerengan	0,038
Jenis Tanah	0,025
Curah Hujan	0,155
Penggunaan Lahan	0,088
Jarak Dari Sungai	0,279
Kerapatan Sungai	0,270
Jarak Garis Pantai	0,090
Topografi	0,054

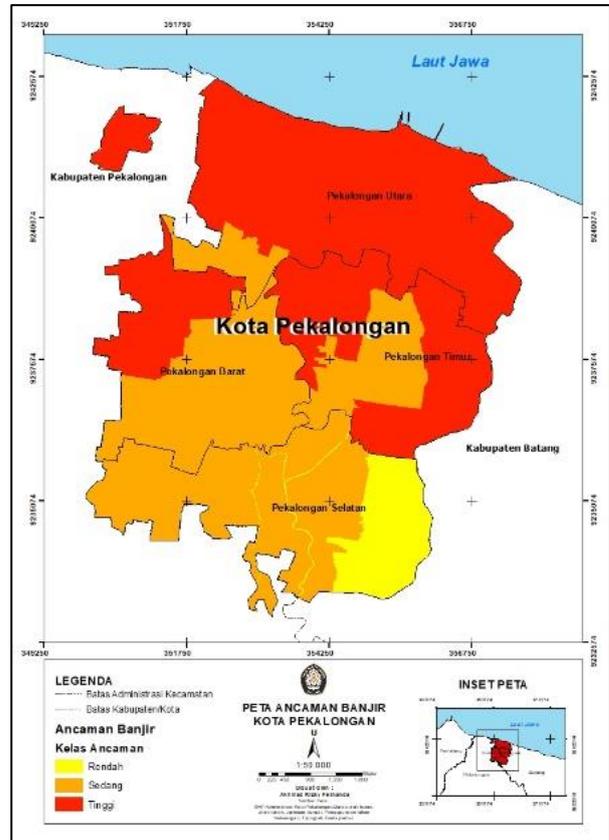
Untuk mempermudah pembacaan, dapat dilihat persentase pembobotan tiap parameter pada **Gambar 2**:



Gambar 2 Grafik Persentase Bobot Parameter

Dari hasil visualisasi diagram yang tersaji pada **Gambar 2** di atas, parameter yang memiliki bobot tertinggi ialah jarak dari sungai sebesar 28% terhadap keseluruhan parameter diikuti dengan parameter kerapatan sungai sebesar 27%. Dilansir dari hasil wawancara dan diskusi dengan Kepala Seksi Pencegahan dan Kesiapsiagaan Bencana BPBD Kota Pekalongan, penyebab terbesar banjir di Kota Pekalongan selain dari kondisi topografi yang memang landai sebesar 0-8%, ialah jaringan sungai. Terdapat tiga sungai yaitu Sungai Loji, Sungai Banger dan Sungai Pekalongan yang memiliki peran cukup aktif terhadap penyumbang bencana banjir yang melanda Kota Pekalongan. Oleh karena itu, parameter kerapatan sungai dan jarak dari sungai menjadi penyumbang terbesar terhadap bobot yang diberikan.

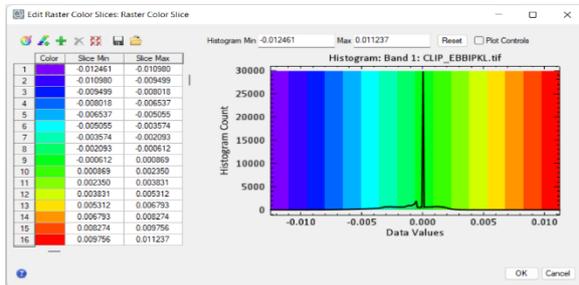
Parameter kelerengan yang memiliki bobot sebesar 4% dianggap tidak terlalu memiliki pengaruh yang besar terhadap bencana banjir dikarenakan morfologi Kota Pekalongan yang memang hampir sepenuhnya merupakan daerah yang relatif datar juga parameter jenis tanah yang memiliki bobot sebesar 2% dirasa tidak terlalu menjadi penyebab banjir di Kota Pekalongan dikarenakan, sebagian besar jenis tanah di Kota Pekalongan merupakan jenis tanah aluvial di mana tidak terdapat variasi jenis tanah sehingga parameter ini tidak terlalu memberikan kontribusi yang lebih terhadap terjadinya bencana banjir di Kota Pekalongan. Berdasarkan hasil penggabungan parameter, diperoleh hasil peta ancaman banjir pada **Gambar 3**:



Gambar 3 Peta Ancaman Banjir

III.5 Hasil Kawasan Terbangun

Pengolahan kawasan terbangun dengan indeks EBBI diperoleh hasil histogram citra seperti pada Gambar 4.



Gambar 4 Statistik EBBI

Dari histogram di atas, bahwa hasil minimum dari indeks EBBI adalah sebesar -0,012461 dan nilai maksimal sebesar 0,011237. Namun menurut (Sekertekin et al., 2018) klasifikasi indeks terbangun dapat dibagi menjadi dua kelas yaitu *non-impervious surface* dan *impervious surface* dengan dibedakan pada rentang nilai *threshold* jika nilai histogram <0 , maka termasuk pada jenis *non-impervious surface* dan jika ≥ 0 termasuk pada jenis *impervious surface*. *Impervious surface* adalah permukaan yang tidak tembus oleh air dan dihasilkan oleh campur tangan buatan manusia (Sekertekin et al., 2018).

Kawasan terbangun termasuk ke dalam klasifikasi *impervious surface*. Jenis tutupan lahan yang termasuk ke dalam kelas kawasan terbangun yaitu permukiman, gedung-gedung perkantoran dan kawasan industrial. Pada penelitian ini digunakan *threshold* ≥ 0 dikarenakan pada rentang ini cocok jika menggunakan citra Landsat-9 dan menghasilkan kawasan terbangun yang cukup sesuai dengan keadaan di lapangan dengan dibuktikan menggunakan uji akurasi menggunakan *confusion matrix* dengan data yang digunakan dalam matriks konfusi berupa titik-titik sampel yang didapatkan pada saat validasi lapangan juga interpretasi melalui citra SPOT-7 yang memiliki resolusi spasial 1,5 meter sebagai citra pembanding dikarenakan memiliki resolusi lebih tinggi dibandingkan citra utama dalam pengolahan EBBI yaitu citra Landsat-9 resolusi spasial 30 meter dan diharapkan dapat memudahkan dalam proses interpretasi *on screen*.

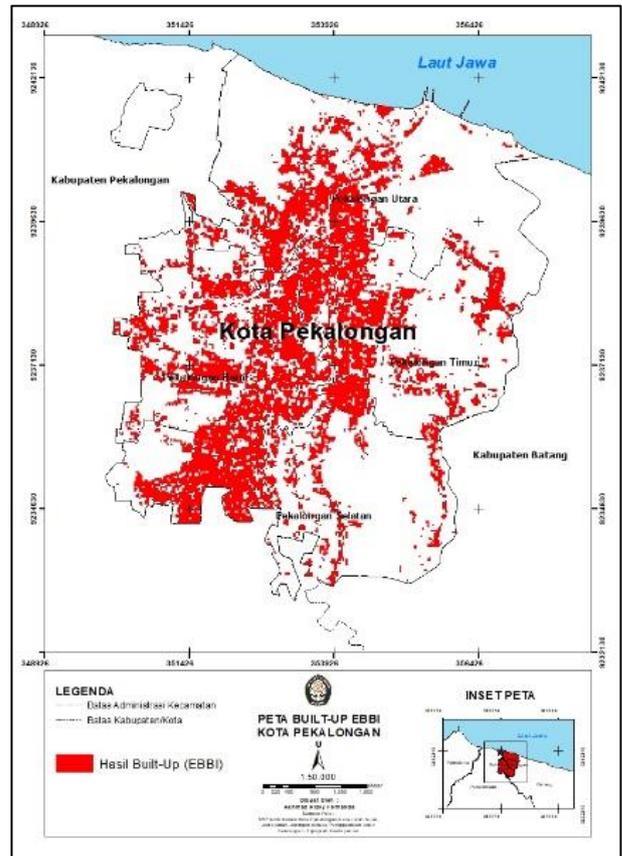
Dalam tahapan tersebut, diperoleh hasil sebagai berikut pada Tabel 5

Tabel 5 Hasil Uji Akurasi

Kelas	User's Accuracy	Producer's Accuracy	Overall Accuracy	Kappa Coefficient
Built-Up Area	32/35*100% = 91,43%	32/37*100% = 86,49%	88,57%	85,79%
Bare-land Area	30/35*100% = 85,71%	30/33*100% = 90,91%		

Terlihat pada Tabel 4 di atas, pengolahan dari indeks EBBI ini menunjukkan bahwa *producer's accuracy* sudah baik dan dapat diterima dikarenakan sudah memenuhi syarat $\geq 70\%$ yaitu sebesar 91,34% untuk kawasan terbangun dan 85,71% untuk lahan kosong. Dan untuk akurasi secara keseluruhan (*overall*

accuracy) untuk indeks yang digunakan pada penelitian ini sebesar 88,57% di mana dapat dikatakan baik dikarenakan sudah memenuhi syarat $\geq 80\%$. Sedangkan untuk nilai *kappa* menunjukkan kesesuaian hasil pengolahan terhadap kondisi riil di lapangan. Hasil perhitungan *kappa coefficient* dihasilkan nilai 85,79% di mana tergolong pada klasifikasi sangat kuat di mana dapat ditarik kesimpulan bahwa hasil pengolahan EBBI dapat merepresentasikan hasil kawasan terbangun dengan lahan kosong seperti keadaan riil di lapangan. Berikut hasil pengolahan kawasan terbangun menggunakan indeks EBBI pada Gambar 5 dibawah ini:



Gambar 5 Hasil EBBI

Dari hasil pengolahan kawasan terbangun, menggunakan EBBI, dihasilkan 15.830 pixels dengan 1 pixel merepresentasikan resolusi spasial Landsat-9 sebesar 30 meter, maka luasan total kawasan terbangun sebesar 1.411,421 ha yang terbagi berdasarkan kecamatan adalah sebagai berikut pada Tabel 6

Tabel 6 Luas Kawasan Terbangun Per Kecamatan

No	Kecamatan	Luas (Ha)	Persentase
1	Kecamatan Pekalongan Barat	437,168	30,97%
2	Kecamatan Pekalongan Selatan	297,804	21,10%
3	Kecamatan Pekalongan Timur	335,142	23,75%
4	Kecamatan Pekalongan Utara	341,307	24,18%
Total		1411,421	100,00%

III.6 Analisis Ancaman Banjir

Klasifikasi terhadap kelas ancaman dibagi menjadi 3 kelas yaitu ancaman rendah, sedang dan

tinggi. Dari hasil tersebut didapatkan hasil klasifikasi ancaman banjir di Kota Pekalongan sebagai berikut pada **Tabel 7**:

Tabel 7 Klasifikasi Ancaman Banjir

No	Kelas	Luas (Ha)	Persentase (%)
1	Rendah	299,984	6,63%
2	Sedang	1867,978	41,28%
3	Tinggi	2357,029	52,09%
Jumlah		4525	100 %

Dapat dilihat pada **Tabel 6** di atas, sebaran kawasan yang memiliki tingkat ancaman bencana banjir di Kota Pekalongan menurut luasannya dibagi menjadi tiga kelas yaitu kelas rendah sebesar 299,984 Ha dengan persentase sebesar 6,63%, kelas sedang sebesar 1867,978 Ha dengan persentase sebesar 41,28% serta kelas tinggi sebesar 2357,029 Ha dengan persentase 52,09%. Berdasarkan hasil klasifikasi di atas, hampir setengah dari luasan administrasi Kota Pekalongan memiliki ancaman tinggi terhadap terjadinya bencana banjir. Persebaran tingkat ancaman banjir pada tiap kecamatan yang ada di Kota Pekalongan, dapat dilihat pada **Tabel 8** dibawah ini:

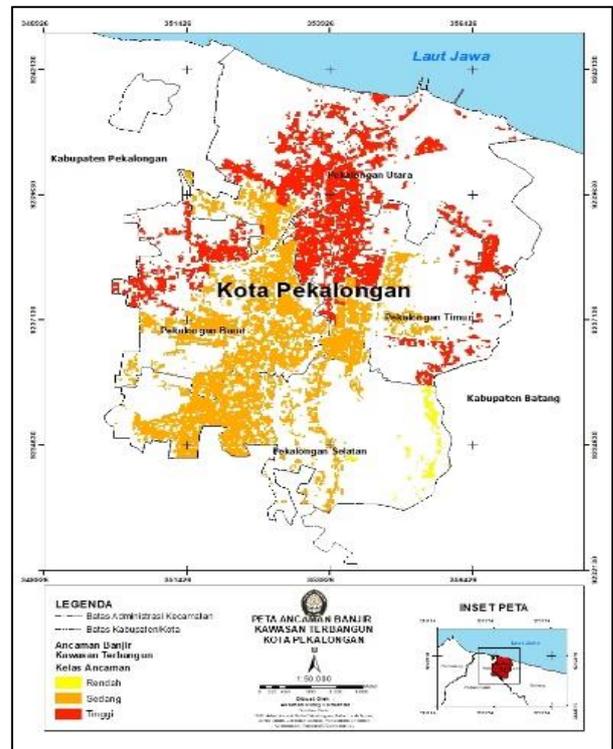
Tabel 8 Klasifikasi Ancaman Per Kecamatan

No	Kecamatan	Kriteria	Luas (Ha)	Persentase (%)
1	Pekalongan Barat	Rendah	0,043	0,00%
		Sedang	668,125	66,48%
		Tinggi	336,832	33,52%
		Jumlah	1005	100,00%
2	Pekalongan Timur	Sedang	297,016	31,20%
		Tinggi	654,984	68,80%
		Jumlah	952	100,00%
3	Pekalongan Utara	Sedang	135,141	9,08%
		Tinggi	1352,859	90,92%
		Jumlah	1488	100,00%
4	Pekalongan Selatan	Sedang	292,733	27,10%
		Tinggi	787,266	72,90%
		Jumlah	1080	100,00%
Jumlah Keseluruhan			4525	100,00%

III.7 Analisis Ancaman Banjir Kawasan Terbangun

Setelah diperoleh hasil pengolahan peta ancaman banjir serta luasan kawasan terbangun, perlu dilakukan proses *union* terhadap data hasil pengolahan agar diketahui jumlah luasan kawasan terbangun yang diklasifikasikan terhadap kelas ancaman rendah, sedang dan tinggi terhadap bencana banjir sehingga didapatkan

peta ancaman banjir pada kawasan terbangun yang disajikan pada **Gambar 6**



Gambar 6 Peta Ancaman Kawasan Terbangun

Dari hasil tersebut, diperoleh klasifikasi ancaman banjir pada tiap kawasan terbangun di Kota Pekalongan yang dibagi menjadi 3 kelas yaitu rendah, sedang dan tinggi.

Tabel 9 Klasifikasi Ancaman Kawasan Terbangun

No	Kelas Ancaman	Luas Kawasan Terbangun (Ha)	Persentase
1	Rendah	22,257	1,58%
2	Sedang	784,544	55,59%
3	Tinggi	604,620	42,84%
Total		1411,421	100,00%

Tabel **Tabel 9** di atas menunjukkan luas kawasan terbangun dengan tingkat ancaman banjir yang berbeda. Hasil kelas ancaman rendah dihasilkan sebesar 22,257 ha dengan persentase 1,58%. Untuk kelas ancaman sedang dihasilkan sebesar 784,544 ha dengan persentase 55,59% sedangkan untuk kelas ancaman tinggi dihasilkan sebesar 604,620 ha dengan persentase 42,84%. Adapun klasifikasi ancaman banjir kawasan terbangun pada tiap kecamatan disajikan pada tabel **Tabel 10** dibawah ini :

Tabel 10 Klasifikasi Ancaman Kawasan Terbangun Per Kecamatan

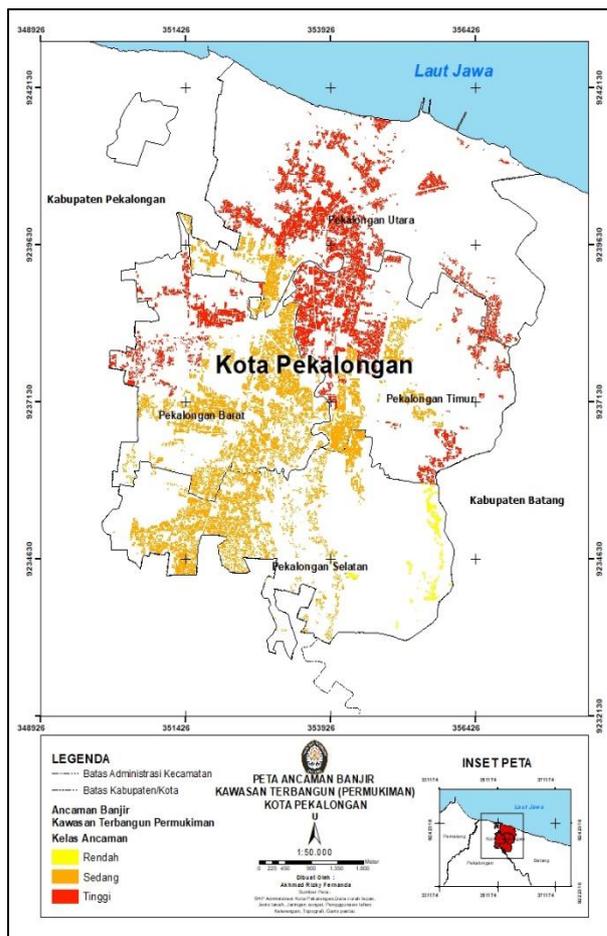
No	Kecamatan	Kriteria	Luas (Ha)	Persentase (%)
1	Pekalongan Barat	Rendah	0,002	0,00%
		Sedang	336,142	23,82%
		Tinggi	101,024	7,16%
		Jumlah	437,168	30,97%
2	Pekalongan Timur	Sedang	108,948	7,72%
		Tinggi	226,195	16,03%
		Jumlah	335,142	23,75%
3	Pekalongan Utara	Sedang	63,906	4,53%
		Tinggi	277,402	19,65%
		Jumlah	341,307	24,18%

4	Pekalongan Selatan	Sedang	22,255	1,58%
		Tinggi	275,549	19,52%
		Jumlah	297,804	21,10%
Jumlah Keseluruhan			1411,421	100,00%

Kawasan terbangun dapat dikaitkan dengan jumlah populasi atau penduduk yang menempati suatu kawasan terbangun. Perhitungan jumlah penduduk yang terdampak ancaman bencana banjir dapat dilakukan sehingga dapat dilihat jumlah penduduk yang terdampak terhadap bencana banjir di Kota Pekalongan. Jumlah data jumlah penduduk per kecamatan diperoleh dari data Badan Pusat Statistik (BPS) Kota Pekalongan yang tertuang dalam Kota Pekalongan dalam Angka Tahun 2022.

Tahapan analisis jumlah penduduk yang terdampak, perlu menggunakan bantuan data *shapefile* bangunan Kota Pekalongan. Hal ini dilakukan karena pengolahan indeks EBBI tidak dapat mengklasifikasikan *impervious surface* yang lebih detail seperti bangunan perkantoran, permukiman, pabrik industri dan sebagainya. Oleh karena itu, diperlukan data tambahan untuk menentukan kawasan terbangun yang lebih detail. Untuk menentukan jumlah populasi yang terdampak disetiap kelas ancaman, diperlukan asumsi bahwa hanya kawasan permukiman saja yang dilakukan perhitungan kawasan terbangunnya. Asumsi ini dimaksudkan karena penduduk hanya bermukim di kawasan permukiman. Sehingga didapatkan hasil perhitungan yang mendetail dan bisa dilanjutkan untuk proses perhitungan jumlah populasi yang terdampak pada tiap kelas ancaman di tiap kecamatan yang ada di Kota Pekalongan. Hasil *overlay* data *shapefile* bangunan kawasan permukiman dengan *shapefile* indeks EBBI dapat dilihat pada **Gambar 7**:

Hasil *overlay* dari dua data hasil EBBI dan data pendukung berupa *shapefile* digitasi kawasan terbangun yang terfokus pada permukiman menunjukkan hasil yang cukup berbeda dengan hasil EBBI yang dihasilkan. Dikarenakan, hasil EBBI tidak



Gambar 7 Peta Ancaman Kawasan Permukiman

dapat mengklasifikasikan detail jenis tutupan lahan terbangun. Dari hasil ini, dihitung jumlah populasi terancam bencana banjir pada tiap kelas parameter di setiap Kecamatan di Kota Pekalongan dapat dilihat pada **Tabel 11**

Tabel 11 Klasifikasi Ancaman Penduduk Kawasan Pemukiman

No	Kecamatan	Kriteria	Luas (Ha)	Persentase (%)	Jumlah Penduduk (jiwa)	Jumlah Penduduk Terancam (jiwa)	
1	Pekalongan Barat	Sedang	202,081	78,31%	95.187	Sedang	74.543
		Tinggi	55,965	21,69%		Tinggi	20.644
		Jumlah	258,047	100,00%		Jumlah	95.187
2	Pekalongan Timur	Sedang	63,266	30,80%	69.010	Sedang	21.253
		Tinggi	142,167	69,20%		Tinggi	47.757
		Jumlah	205,433	100,00%		Jumlah	69.010
3	Pekalongan Utara	Sedang	39,980	19,13%	78.691	Sedang	15.054
		Tinggi	169,012	80,87%		Tinggi	63.637
		Jumlah	208,993	100,00%		Jumlah	78.691
4	Pekalongan Selatan	Rendah	15,548	8,68%	65.422	Rendah	5.679
		Sedang	163,565	91,32%		Sedang	59.743
		Jumlah	179,113	100,00%		Jumlah	65.422

III.8 Validasi Lapangan

Tahap Validasi lapangan dilakukan dua tahap, yaitu validasi kawasan terbangun dan validasi kawasan terbangun yang terancam banjir. Validasi lapangan kawasan terbangun hasil pengolahan dilakukan pada 69 titik yang telah ditentukan sebelumnya menggunakan metode *Slovin*. Rumus slovin adalah sebagai berikut pada persamaan 3

$$n = \frac{N}{1+Ne^2} \quad 3$$

Keterangan :

- n = Jumlah sampel minimal
- N = Jumlah populasi
- e = probabilitas dugaan

Yang dimaksud jumlah populasi ialah hasil ROI (*Region of Interest*) dari pengolahan kawasan terbangun sebesar 15.830. Dan nilai e dari penelitian adalah 0,12 dari hasil tingkat kepercayaan pengolahan penelitian terdahulu sebesar 88%. Maka dapat diperoleh jumlah titik sampel dari penelitian ini ialah sebesar 69,14 atau dapat dilakukan pembulatan menjadi 69 titik sampel. Penentuan titik sampel dilakukan dengan metode *proportionate random sampling* pada lokasi penelitian.

Dari 69 titik tersebut, sebanyak 58 titik sesuai dengan hasil pengolahan indeks kawasan terbangun menggunakan metode EBBI dan 11 titik tidak sesuai dengan hasil pengolahan pengolahan indeks kawasan terbangun menggunakan metode EBBI seperti yang tersaji pada **Tabel 12**

Tabel 12 Validasi Lapangan

No	Kecamatan	Kesesuaian Kawasan Terbangun Pengolahan dan Validasi		Ket
		Pengolahan	Validasi	
1	Pekalongan Utara	Terbangun	Terbangun	Sesuai
2	Pekalongan Utara	Terbangun	Terbangun	Sesuai
3	Pekalongan Utara	Terbangun	Terbangun	Sesuai
4	Pekalongan Utara	Terbangun	Terbangun	Sesuai
5	Pekalongan Timur	Terbangun	Terbangun	Sesuai
6
17
18	Pekalongan Utara	Terbangun	Terbangun	Sesuai
67	Pekalongan Timur	Terbangun	Tak Terbangun	Tak Sesuai
68	Pekalongan Utara	Terbangun	Tak Terbangun	Tak Sesuai
69	Pekalongan Timur	Terbangun	Tak Terbangun	Tak Sesuai

Dari **Tabel 12** di atas terdapat beberapa titik yang diklasifikasikan tidak sesuai dengan validasi lapangan terhadap hasil pengolahan. Hal tersebut diperoleh dikarenakan indeks yang dipakai masih terdapat beberapa kelemahan. Kawasan terbangun yang dikelilingi oleh vegetasi yang padat, akan diklasifikasikan terhadap kawasan terbangun. Jika

dilihat dari hasil indeks pengolahan EBBI, maka akan diklasifikasikan sebagai indeks terbangun.

Indeks EBBI dapat digunakan untuk memetakan kawasan terbangun suatu kawasan dan memiliki kelemahan jika disuatu kawasan terbangun memiliki vegetasi yang cukup mendominasi karena nanti akan menyebabkan *misclassification* dan *misidentification*. Selain itu, indeks EBBI cocok digunakan di daerah kawasan perkotaan dengan tingkat *impervious surface* yang tinggi dengan dominasi vegetasi yang minim.

IV. Kesimpulan dan Saran

IV.1 Kesimpulan

Dari hasil pengolahan ancaman banjir pada kawasan terbangun di Kota Pekalongan, maka dapat diperoleh simpulan sebagai berikut :

1. Tingkat ancaman banjir di Kota Pekalongan diklasifikasikan menjadi 3 kelas ancaman, yaitu ancaman rendah, sedang dan tinggi. Area luasan ancaman banjir pada kelas rendah sebesar 299,984 ha dengan persentase 6,67%. Pada kelas sedang sebesar 1867,978 ha dengan persentase 41,28% dan pada kelas tinggi sebesar 2357,029 ha dengan persentase 52,09%.
2. Kawasan terbangun yang diperoleh dari hasil pengolahan indeks terbangun EBBI berjumlah 15.830 *pixels* atau sebesar 1.411,421 ha. Jumlah kawasan terbangun paling banyak terdapat di Kecamatan Pekalongan Barat dengan luas sebesar 437,138 ha dengan persentase sebesar 30,97%. Sedangkan jumlah kawasan terbangun paling sedikit terdapat di Kecamatan Pekalongan Selatan dengan luas sebesar 297,804 ha dengan persentase sebesar 21,10%.
3. Hasil *overlay* pengolahan kawasan terbangun peta ancaman menunjukkan hasil bahwa sebanyak 22,257 ha kawasan terbangun dikategorikan ke dalam kelas ancaman rendah dengan persentase 1,58%, kelas ancaman sedang sebesar 784,544 ha kawasan terbangun atau sebesar 55,59%. kelas ancaman tinggi dihasilkan sebanyak 606,620 ha kawasan terbangun dengan persentase 42,84%. Adapun dilakukan proses *overlay* antara indeks kawasan terbangun dengan data *shapefile* kawasan permukiman, diperoleh jumlah penduduk kelas ancaman tinggi berada di Kecamatan Pekalongan Utara sebanyak 63.637 jiwa atau sebesar 80,87% dari total penduduk di Kecamatan Pekalongan Utara dan jumlah penduduk yang termasuk kelas ancaman rendah berada di Kecamatan Pekalongan Selatan sebanyak 5.679 jiwa dengan persentase sebesar 8,68%.

IV.2 Saran

Berdasarkan penelitian yang dilakukan dari tahap awal hingga tahap akhir, didapatkan beberapa saran-saran yang bisa disampaikan untuk penelitian selanjutnya:

1. Dalam penyusunan kuisisioner AHP, dilakukan *briefing* awal dan dilakukan pendampingan pada saat proses pengisian kuisisioner AHP untuk

- mempermudah pengolahan pembobotan agar dapat menghasilkan indeks konsistensi (CI) yang baik. Serta wawancara AHP sebaiknya dilakukan dalam *Focus Group Discussion* pada beberapa *stakeholder* untuk memperdalam pemilihan parameternya.
2. Pengolahan kawasan terbangun dengan metode EBBI menghasilkan data secara makro sehingga diperlukan data sekunder untuk dilakukan proses analisis lebih lanjut sesuai peruntukannya.
 3. Diperlukan parameter lanjutan untuk dapat memperoleh analisis lainnya seperti data sosio-ekonomi kawasan terdampak, tingkat keparahan suatu wilayah dan juga bisa ditambahkan parameter penanganan kemiskinan ekstrem untuk memperkaya analisis lanjutan sehingga lebih dapat diimplementasikan kedepannya.
 4. Data *shapefile* yang diperoleh dari instansi perlu dilakukan uji validasi keabsahan data penelitian, baik dari tahun data dibuat, siapa yang membuat dan peruntukannya agar dapat sinkron terhadap tujuan dilakukan penelitian yang akan dilakukan.

DAFTAR PUSTAKA

- Asdak, C. (2004). *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*. Yogyakarta: UGM Press.
- As-Syakur, d. (2012). Enhanced Built-Up and Bareness Index (EBBI) Untuk Pemetaan Kawasan Terbangun dan Lahan Kosong Pada Daerah Perkotaan. *Universitas Udayana*.
- Bartuska, T. d. (1994). *The Built Environment Definition and Scope in the Built Environment*. New York: Crisp Publications, Inc.
- BNPB. (2012). *Peraturan Kepala Badan Nasional Penanggulangan Bencana Nomor 2 Tahun 2012 tentang Pedoman Umum Pengkajian Risiko Bencana*. Jakarta: BNPB.
- Harsa, R. d. (2015). Sistem Informasi Geografi Batas Wilayah Kampus Universitas Mulawarman Menggunakan Google Maps API. *Jurnal Informatika Mulawarman*, 38-46.
- Ilhami, F. (2014). Pemetaan tingkat kerawanan rob untuk evaluasi tata ruang pemukiman daerah pesisir kabupaten pekalongan jawa tengah. *Journal of Marine Research*.
- Irwan, Z. D. (2004). *Tantangan Lingkungan dan Lansekap Hutan Kota*. Jakarta: PT Bumi Aksara.
- Linsley, d. (1975). *Hydrography for Engineers*. New York: Mc Graw Hill-Book Company.
- Theml, S. (2008). *Katalog Metodologi Penyusunan Peta Geo-Hazard dengan GIS*. Banda Aceh: Badan Rehabilitasi dan Rekonstruksi (BRR).