

EVALUASI POLA RUANG BERBASIS KERAWANAN BANJIR DI KABUPATEN PIDIE

Spatial Pattern Evaluation Based on Flood Vulnerability
in Pidie District

Achmad Yamani¹, Ernan Rustiadi², Widiatmaka

Diterima: 24 Mei 2015

Disetujui: 19 Agustus 2015

Abstrak : Kabupaten Pidie merupakan salah satu Kabupaten di Provinsi Aceh yang sering dilanda banjir. Banyaknya bencana alam yang terjadi khususnya banjir dengan berbagai faktor penyebab mendorong semakin pentingnya peran pengurangan resiko bencana. Perencanaan penggunaan lahan yang tepat dan sesuai dengan mempertimbangkan aspek bencana khususnya banjir penting untuk dilakukan dan terintegrasi dalam rencana tata ruang. Tujuan penelitian ini adalah untuk menentukan faktor pembentuk rawan banjir, memetakan sebaran wilayah rawan banjir, menganalisis keterkaitan penggunaan lahan terhadap wilayah rawan banjir dan menganalisis keterkaitan rencana pola ruang RTRW terhadap wilayah rawan banjir. Penentuan faktor pembentuk rawan banjir menggunakan analisis multikriteria. Analisis spasial digunakan untuk analisis tingkat kerawanan banjir, keterkaitan penggunaan lahan pada wilayah rawan banjir dan keterkaitan rencana pola ruang pada wilayah rawan banjir. Hasil analisis menunjukkan faktor utama pembentuk potensi rawan banjir adalah tutupan/penggunaan lahan (0,408), curah hujan (0,266), lereng (0,184). Persentase luas wilayah berdasarkan potensi kerawanan banjir adalah 37,75 % mendominasi kelas agak rawan, disusul kelas tidak rawan 30 % dan sedang 22,76 %. Tutupan/penggunaan lahan berdasarkan potensi kerawanan banjir adalah kelas tidak rawan (99,99 %) dan kelas agak rawan (97,57 %) didominasi oleh tutupan/penggunaan lahan berupa hutan, kelas kerawanan sedang (51,07 %) dan 92,65 % kelas rawan didominasi oleh kebun campuran, 97 % kelas kerawanan sangat rawan didominasi oleh permukiman. Rencana pola ruang berdasarkan potensi kerawanan banjir adalah 95,44 % kawasan lindung mendominasi kelas tidak rawan dan agak rawan. Untuk kawasan budidaya 71,20 % mendominasi kelas kerawanan sedang, rawan dan sangat rawan.

Kata kunci : analisis multikriteria, banjir, pola ruang, tutupan/penggunaan lahan

Abstract : Pidie is one of the districts in Aceh Province that has been suffering from flooding. Frequent disasters, especially flooding associated with various causative factors, need mitigation efforts. An appropriate land use planning by considering the risk aspects especially in flood is an important step. Objectives of this study are to determine the factors influencing the flood hazard, to map the areal distribution vulnerable to flood, to analyze the relations of land use in the flood hazard area, and to analyze the relations between the planned spatial pattern and the flood hazard

¹ Program Studi Perencanaan Wilayah (PWL), Sekolah Pascasarjana IPB

² Departemen Ilmu Tanah dan Sumberdaya Lahan, Fakultas Pertanian IPB

area. Multicriteria analysis was used to determine the factors influencing the flood hazard. Spatial analysis was used in mapping the class of flood hazard, the relations of land use in the flood hazard area, and the relations between the planned spatial pattern and the flood hazard area. The results show that the main factors influencing flood vulnerability are land use/cover (0.408), rainfall (0.266), and slope (0.184). Based on the classification of flood vulnerability, the area can be divided into more vulnerable (37.75 %), less vulnerable (30 %), and mildly vulnerable (22.76 %). The vulnerability classes of the land use/cover are: less vulnerable (99.99 %) and more vulnerable (97.57 %) dominated by forest cover; mildly vulnerable (51.07%) and vulnerable (92.65%) dominated by mixed farming; and very vulnerable (97%) dominated by settlement. The flood vulnerability of the planned spatial pattern can be classified as follows: 95.44 % of the conservation area is dominated by less vulnerable and more vulnerable, while 71.20 % of the cultivation area can be categorized into mildly vulnerable, vulnerable and very vulnerable.

Keywords: flood, land cover/use, spatial pattern, multicriteria analysis

Pendahuluan

Indonesia merupakan negara yang memiliki potensi bencana yang sangat tinggi. Frekuensi kejadian bencana terus mengalami peningkatan dari tahun ke tahun terutama yang berkaitan dengan bencana hidrometeorologi seperti banjir, kekeringan, tanah longsor, kebakaran hutan/lahan, puting beliung dan gelombang pasang. Bencana hidrometeorologi terjadi rata-rata hampir 80 % dari total bencana yang terjadi di Indonesia setiap tahunnya (BNPB 2014). Banjir merupakan salah satu dari bencana hidrometeorologi yang sering terjadi di Indonesia.

Kabupaten Pidie merupakan salah satu Kabupaten di Provinsi Aceh yang sering dilanda banjir. Berdasarkan data dari Badan Penanggulangan Bencana Daerah Kabupaten Pidie (BPBD 2014) dalam empat tahun terakhir (2011-2014) sebanyak 39 kali kejadian banjir menggenangi 241 desa di 22 kecamatan telah mengakibatkan 12 orang meninggal, 1.835 rumah, 5.185 ha lahan pertanian dan 50 km jalan serta berbagai fasilitas sarana prasarana infrastruktur pemerintah, publik maupun masyarakat rusak.

Kemunculan berbagai bencana ternyata antara lain dipicu oleh kerusakan ekosistem alam sebagai akibat pengabaian tata ruang (Deviana et al. 2007). Pengelolaan lahan yang kurang tepat, penataan penguasaan lahan yang kurang bijaksana serta penebangan hutan yang tidak terkendali menjadi bagian dari terjadinya banjir, erosi, tanah longsor, hilangnya kesuburan tanah maupun banyaknya lahan tidur yang kontra produktif dan mengganggu keseimbangan ekosistem (Riyadi 2011). Banyaknya bencana alam yang terjadi di Indonesia khususnya banjir dengan berbagai faktor penyebab mendorong semakin pentingnya peran pengurangan resiko bencana. Hyogo Framework for Action (HFA; Kerangka Aksi Hyogo), yang diputuskan pada Konferensi Pengurangan Resiko Bencana Dunia di Kobe pada tahun 2005, juga mengamanatkan perencanaan guna lahan (land use planning) atau perencanaan tata ruang sebagai salah satu alat untuk pengurangan resiko bencana (UNISDR 2005).

Berbagai masalah yang berkaitan dengan banjir dan banyak aplikasi lainnya membuktikan bahwa masalah ini dapat diselesaikan melalui studi perencanaan dan proyek detil tentang daerah rawan banjir. Menentukan wilayah rawan banjir sangat penting bagi pengambil keputusan untuk perencanaan atau pengelolaan kegiatan (Yalcin dan Akyurek GA 2004). Untuk itu perencanaan penggunaan lahan yang tepat dan sesuai dengan mempertimbangkan aspek bencana khususnya banjir penting untuk dilakukan dan terintegrasi dalam rencana tata ruang.

Berangkat dari hal tersebut perlu dilakukan suatu penelitian terkait pola ruang berbasis kerawanan banjir untuk mengetahui faktor-faktor yang mempengaruhi terjadinya banjir dan wilayah yang berpotensi terjadinya rawan banjir di Kabupaten Pidie agar dapat menjadi bahan informasi baik bagi masyarakat maupun bagi pemerintah sebagai bahan

evaluasi dalam kebijakan penyusunan rencana tata ruang (RTRW) dan sebagai upaya pencegahan atau mitigasi dalam penyelenggaraan penanggulangan bencana khususnya banjir.

Tujuan penelitian ini adalah : 1) menentukan faktor pembentuk rawan banjir di Kabupaten Pidie; 2) memetakan sebaran wilayah yang berpotensi terjadinya rawan banjir di Kabupaten Pidie; 3) menganalisis keterkaitan penggunaan lahan (eksisting) terhadap wilayah yang berpotensi terjadinya rawan banjir; dan 4) menganalisis keterkaitan rencana penggunaan ruang pada pola ruang RTRW Kabupaten Pidie terhadap wilayah yang berpotensi terjadinya rawan banjir.

Metode

Waktu dan Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan mulai bulan Juli sampai dengan bulan Desember 2014. Lokasi penelitian di wilayah administrasi Kabupaten Pidie Provinsi Aceh, terletak pada koordinat 04°30' – 04°60' Lintang Utara dan 95°75' – 96°20' Bujur Timur, meliputi 23 Kecamatan dengan luas wilayah 3.562,15 km² (BPS Kabupaten Pidie 2014).

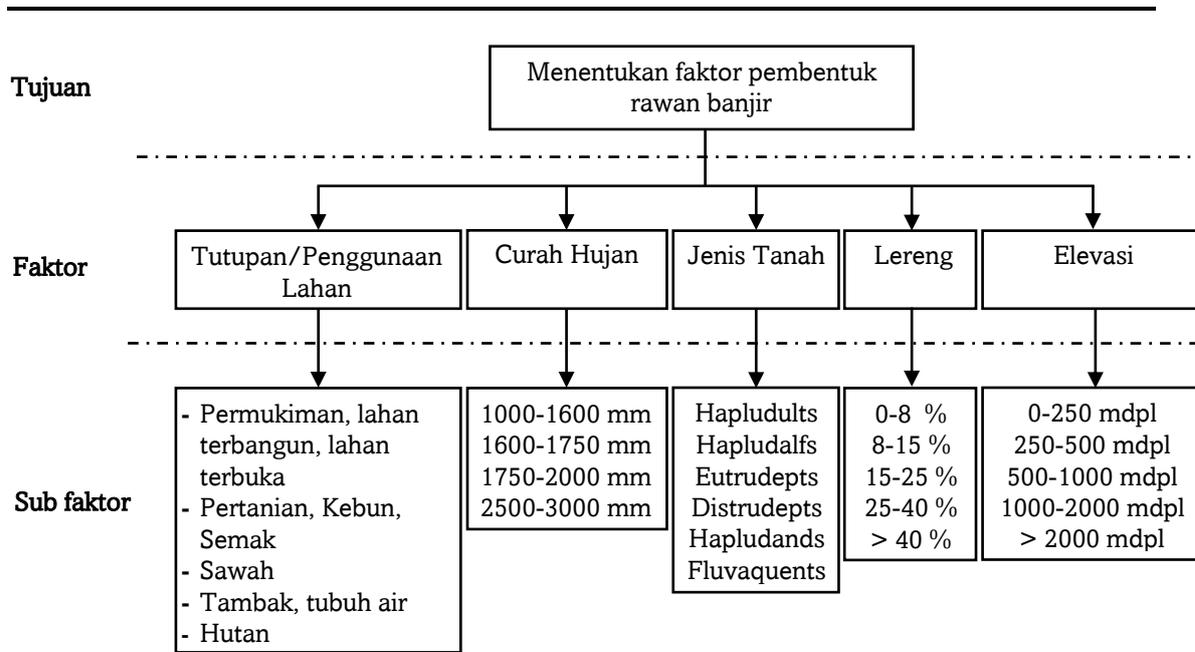
Jenis dan Sumber Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini terdiri atas data primer dan data sekunder. Data primer diperoleh dari wawancara yang dilakukan dengan responden (*expert*) dan survei lapangan untuk pengecekan data kejadian banjir, tutupan/penggunaan lahan, elevasi, kemiringan lereng, jenis tanah serta pengambilan dokumentasi. Sedangkan data sekunder berupa peta tematik, data statistik dan data-data lainnya yang dibutuhkan. Jenis data sekunder yang digunakan dalam penelitian meliputi : Citra Landsat 8 liputan Januari Tahun 2015, Peta kelereng skala 1:50.000 Tahun 2011, Peta ketinggian 1:50.000 Tahun 2011, Peta Satuan Lahan dan Tanah skala 1 : 250.000, Peta Penggunaan Lahan skala 1: 50.000 Tahun 2011, Peta Curah Hujan Tahun 2011, Peta Rencana Pola Ruang RTRW Kabupaten Pidie 2014-2034 skala 1:50.000, Peta Potensi Desa (Podes) skala 1:250.000, Peta Administrasi Wilayah Kabupaten Pidie skala 1:250.000

Metode Analisis Data

Analisis data yang dilakukan meliputi analisis multikriteria, analisis spasial dan analisis deskriptif. Analisis spasial memanfaatkan Sistem Informasi Geografis (SIG), dengan menggunakan *software* GIS 10.1 dan *Microsoft Excel* 2007 untuk data atribut dan data tabulasi. Dari data (peta tematik) yang terkumpul dilakukan proses pemasukan data dalam bentuk digital (dijitasi) untuk selanjutnya dilakukan proses analisis faktor pembentuk rawan banjir, tingkat kerawanan banjir, keterkaitan penggunaan lahan (*eksisting*) pada daerah rawan banjir dan keterkaitan rencana pola ruang pada daerah rawan banjir. Pembobotan faktor pembentuk rawan banjir dalam analisis multikriteria menggunakan metode *Analytical Hierarchy Process* (AHP) dan pengharkatan (skoring). Responden yang terlibat dalam proses AHP ini adalah 6 (enam) orang dengan latar belakang mewakili keahlian di bidang kebencanaan, sumber daya lahan (fisik) dan tata ruang. Pengolahan data kuesioner AHP dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak program *Expert Choice* 2000.

Saaty *dalam* Marimin (2010), AHP banyak digunakan pada pengambilan keputusan untuk sejumlah kriteria perencanaan, alokasi sumberdaya dan penentuan prioritas dari strategi-strategi yang dimiliki dalam situasi konflik. Analisis ini sangat berguna pada situasi masalah yang memerlukan pendapat (*judgement*) maupun pada situasi yang kompleks, dimana terdapat keterbatasan data dan informasi statistik, dan hanya bersifat kualitatif yang didasarkan oleh pendapat, pengalaman atau intuisi.



Gambar 2 Kerangka Analisis *Multicriteria Evaluation* (MCE)

Pembobotan faktor pembentuk rawan banjir untuk faktor curah hujan, kelerengan dan elevasi dilakukan dengan pemberian harkat/skor dengan ketentuan standarisasi skor skala berkebalikan dimana faktor yang sangat berpengaruh akan memiliki nilai harkat/skor yang lebih tinggi dibandingkan dengan faktor yang kurang berpengaruh selanjutnya dilakukan pembobotan dengan menggunakan persamaan yang digunakan oleh Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat (Puslittanak 2004) :

$$W_j = \frac{(n - r_j + 1)}{\sum (n - r_j + 1)}$$

Dimana :

W_j = nilai yang dinormalkan;

n = jumlah subfaktor (k= 1,2,3,...n); r_j = posisi urutan subfaktor

Skoring dan pembobotan faktor pembentuk rawan banjir untuk curah hujan, lereng dan elevasi ditunjukkan pada Tabel 1.

**Tabel 1 Skoring Dan Pembobotan
Faktor Pembentuk Rawan Banjir Untuk Curah Hujan, Lereng Dan Elevasi**

No	Faktor dan subfaktor	Urutan	Nilai Harkat (skor)	Bobot
1	Curah Hujan			
	2500-3000 mm	1	4	0,40
	1750-2000 mm	2	3	0,30
	1600-1750 mm	3	2	0,20
2	1000-1600 mm	4	1	0,10
	Lereng			
	0-8 %	1	5	0,33
	8-15 %	2	4	0,27
	15-25 %	3	3	0,20
3	25-40 %	4	2	0,13
	> 40 %	5	1	0,07
	Elevasi			
	0-250 m dpl	1	5	0,33
	250-500 m dpl	2	4	0,27
	500-1000 m dpl	3	3	0,20
1000-2000 m dpl	4	2	0,13	
> 2000 m dpl	5	1	0,07	

Analisis Tingkat Kerawanan Banjir

Analisis ini bertujuan untuk melihat sebaran lokasi rawan banjir di Kabupaten Pidie dan tingkat kerawannya. Ada 2 tahapan yang dilakukan dalam analisis ini yaitu pembuatan peta rawan banjir dan validasi peta rawan dengan data kejadian. Hasil dari analisis ini adalah peta rawan banjir Kabupaten Pidie. Pembuatan Peta Rawan Banjir didasarkan pada faktor pembentuk rawan banjir yang telah ditentukan dengan analisis MCE kemudian diintegrasikan ke dalam Sistem Informasi Geografis (SIG). Analisis MCE sering diintegrasikan dengan SIG karena merupakan teknik yang sangat baik dalam manajemen dan perencanaan ruang serta memiliki kemampuan dalam menangani masalah-masalah spasial (Lawal *et al.* 2011). Tahapan pertama yang dilakukan dalam pembuatan peta rawan banjir adalah pemasukan data (dijitasi) peta tematik dari masing-masing faktor yang telah ditentukan. Setelah bobot masing-masing faktor dan subfaktor diketahui dari analisis MCE selanjutnya nilai masing-masing bobot faktor dan subfaktor dimasukkan ke dalam persamaan WLC sebagai berikut :

$$WLC = \sum_{i=1}^n X_{ij} \times W_{ij}$$

Dimana : WLC = *Weighted Linear Combination*; X_{ij} = Derajat kesesuaian faktor/subfaktor ke-j di lokasi ke-i; W_{ij} = Bobot faktor/subfaktor ke-j di lokasi ke-i; n = Jumlah faktor.

Dari hasil proses pembobotan kriteria dan indikator, nilai perkalian antara derajat kesesuaian subfaktor (X_{ij}) dengan bobot faktor (W_{ij}) dalam persamaan WLC dimasukkan ke dalam atribut (subfaktor) peta masing-masing faktor untuk dilakukan proses tumpang susun (*overlay*) dengan memanfaatkan *tool* penggabungan (*union*) pada perangkat *ArcGIS 10.1*. Penentuan kelas tingkat kerawanan banjir dilakukan setelah proses penggabungan peta yang telah dikuantifikasi selesai dengan menambahkan kolom pada atribut yang berisi nilai penjumlahan dari hasil penggabungan masing-masing peta faktor. Ada 5 tingkat kelas kerawanan banjir pada penelitian ini, yaitu kelas tidak rawan, agak rawan, sedang, rawan dan sangat rawan. Penentuan kelas kerawanan dilakukan dengan membagi sama banyaknya nilai-nilai kerawanan dengan jumlah interval kelas yang sama (*equal interval*), interval kelas ditentukan dengan persamaan :

$$\text{Nilai interval kelas rawan} = \frac{\text{Nilai tertinggi} - \text{Nilai terendah}}{\text{Jumlah Kelas Rawan}}$$

Setelah Peta Rawan dihasilkan selanjutnya dilakukan validasi peta rawan dengan data kejadian banjir bertujuan untuk melihat sejauh mana kecocokan (*matching*) antara peta rawan hasil analisis dengan sejarah kejadian banjir dilapangan. Proses pencocokan dilakukan dengan proses tumpang susun (*overlay*) antara peta rawan banjir dengan peta kejadian dengan memanfaatkan *tool intersect* pada perangkat *ArcGIS 10.1*.

Analisis Keterkaitan Penggunaan Lahan Pada Wilayah Rawan Banjir

Analisis keterkaitan penggunaan lahan pada kawasan rawan banjir bertujuan untuk melihat potensi kerawanan banjir pada penggunaan lahan *eksisting* di Kabupaten Pidie. Untuk melihat keterkaitan penggunaan lahan *eksisting* ditinjau dari potensi kerawanan banjir dilakukan dengan analisis spasial yaitu dengan mengintegrasikan (*overlay*) peta rawan banjir hasil analisis dengan peta penggunaan lahan. Dari hasil penggabungan antara peta penggunaan lahan dengan peta rawan banjir dapat dilihat wilayah yang berpotensi rawan banjir pada penggunaan lahan *eksisting* untuk selanjutnya dievaluasi sesuai dengan tingkat kerawanannya.

Analisis Keterkaitan Rencana Pola Ruang Pada Wilayah Rawan Banjir

Analisis keterkaitan rencana pola ruang pada kawasan rawan banjir bertujuan untuk melihat potensi kerawanan banjir pada rencana pola ruang RTRW Kabupaten Pidie. Untuk melihat keterkaitan rencana pola ruang ditinjau dari potensi kerawanan banjir dilakukan dengan analisis spasial yaitu dengan mengintegrasikan (*overlay*) peta rawan banjir hasil analisis dengan peta rencana pola ruang. Dari hasil penggabungan antara peta rencana pola ruang dengan peta rawan banjir dapat dilihat wilayah yang berpotensi rawan banjir pada rencana pola ruang yang telah disusun untuk selanjutnya dievaluasi sesuai dengan tingkat kerawanannya.

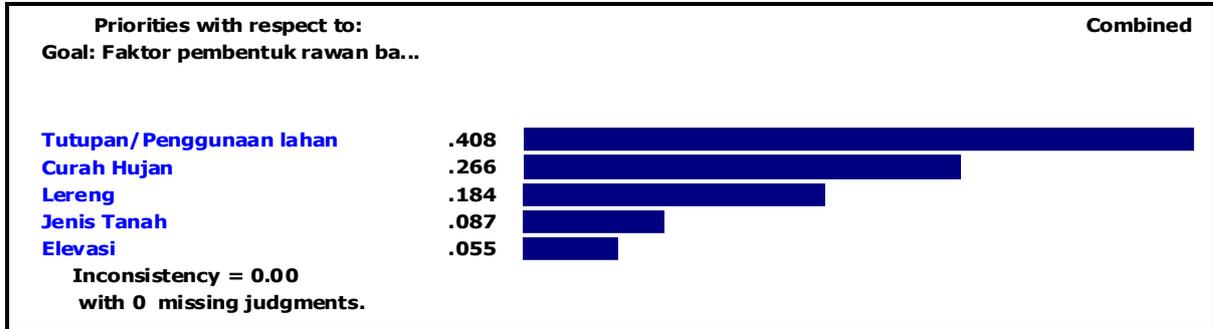
Hasil Dan Pembahasan

Faktor Pembentuk Rawan Banjir

Hasil analisis AHP menunjukkan tingkat pengaruh masing-masing faktor dan subfaktor terhadap parameter pembentuk rawan banjir yang ditunjukkan dalam bentuk bobot. Berdasarkan hasil analisis AHP untuk faktor pembentuk rawan banjir yang ditunjukkan pada Gambar 3, faktor tutupan/penggunaan lahan memiliki nilai bobot tertinggi (0,408) dibandingkan dengan faktor yang lain. Faktor kedua yang memiliki bobot tertinggi adalah curah hujan (0,266), selanjutnya lereng (0,184), jenis tanah (0,087) dan yang terendah adalah elevasi (0,055).

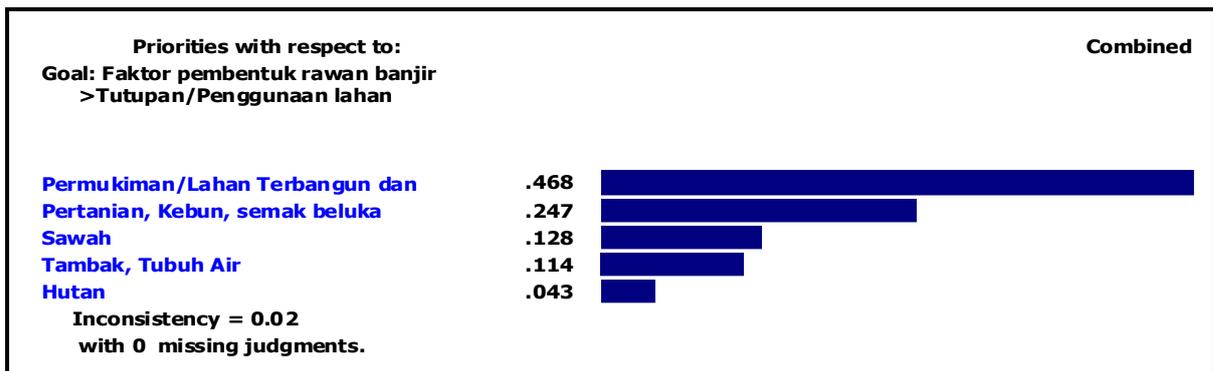
Tingginya nilai bobot tutupan/penggunaan lahan terhadap faktor pembentuk rawan banjir menunjukkan bahwa banjir sangat dipengaruhi oleh kondisi tutupan lahan suatu wilayah, semakin terbuka atau semakin banyak lahan-lahan yang terbangun maka semakin tinggi pengaruhnya terhadap potensi kerawanan banjir sebaliknya semakin rapat dan luas suatu lahan ditutupi oleh vegetasi maka semakin rendah pengaruhnya terhadap potensi kerawanan banjir. Hal ini tentunya tidak terlepas dari aktivitas manusia dalam hal

penggunaan lahan karena pemanfaatan sumberdaya khususnya lahan dapat berakibat kepada perubahan kondisi tutupan suatu lahan. Sedangkan untuk faktor elevasi memiliki nilai bobot terendah menunjukkan bahwa banjir tidak selalu hanya terjadi pada wilayah dataran rendah akan tetapi juga terjadi pada wilayah dataran tinggi.



Gambar 3 Hasil Analisis AHP Untuk Faktor Pembentuk Rawan Banjir

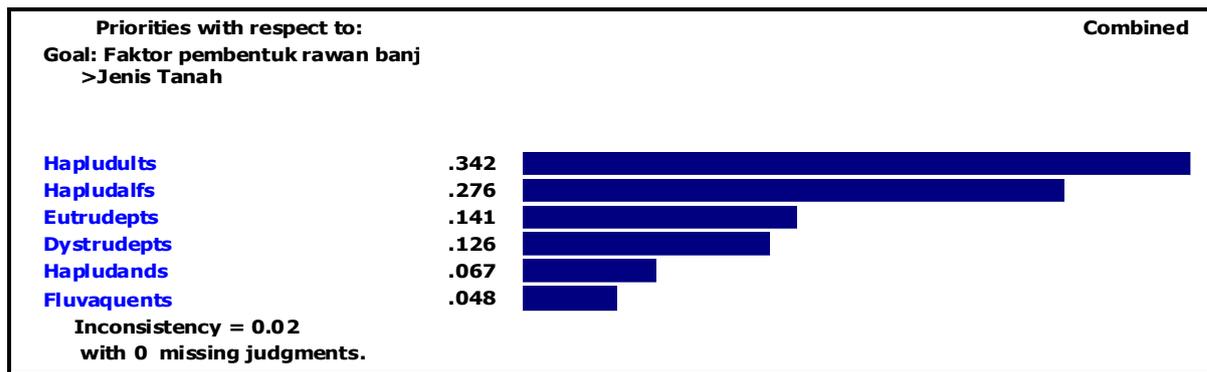
Berdasarkan hasil analisis AHP untuk faktor tutupan/penggunaan lahan (Gambar 4) subfaktor permukiman/lahan terbangun dan lahan terbuka memiliki skor tertinggi (0,468) disusul pertanian, kebun dan semak belukar (0,247), sawah (0,128), tambak dan tubuh air (0,114) dan hutan memiliki skor terendah (0,043).



Gambar 4 Hasil Analisis AHP Pembentuk Rawan Banjir Berdasarkan Faktor Tutupan/Penggunaan Lahan

Permukiman/lahan terbangun dan lahan terbuka memiliki nilai bobot tertinggi menunjukkan bahwa wilayah yang memiliki kerapatan vegetasi yang jarang maupun tidak sama sekali dalam hal ini adalah lahan terbangun (permukiman) dan lahan terbuka sangat berpengaruh terhadap infiltrasi (proses masuknya air ke dalam tanah) sehingga terjadi aliran permukaan yang pada akhirnya dapat menyebabkan terjadinya banjir. Sebaliknya hutan memiliki nilai bobot terendah dikarenakan hutan merupakan tutupan bervegetasi rapat sehingga dapat menahan/mengurangi laju aliran permukaan.

Berdasarkan hasil analisis AHP untuk faktor jenis tanah (Gambar 5) sub faktor jenis tanah hapludults memiliki skor tertinggi (0,342) disusul hapludalfs (0,276), eutrudepts (0,141), dystrudepts (0,126), hapludands (0,067) dan fluvaquents memiliki skor terendah (0,048).



Gambar 5 Hasil Analisis AHP Pembentuk Rawan Banjir Berdasarkan Faktor Jenis Tanah

Dari keseluruhan hasil AHP yang diperoleh nilai indeks konsistensi (CI) masing-masing yaitu 0,00 untuk hasil AHP faktor pembentuk rawan banjir; 0,02 untuk hasil AHP subfaktor dari faktor tutupan/penggunaan lahan; dan 0,02 untuk hasil AHP subfaktor dari faktor jenis tanah. Nilai inkonsistensi (CR) masing-masing masih dibawah 10 % sehingga kriteria yang ditetapkan oleh Saaty < 10 % menunjukkan bahwa inkonsistensi yang terjadi dianggap masih dapat diterima.

Tingkat Kerawanan Banjir

Tingkat kerawanan banjir diperoleh dari integrasi faktor-faktor pembentuk rawan banjir yang telah dikuantifikasi dengan analisis MCE kedalam sistem informasi geografis (SIG) untuk menghasilkan peta rawan banjir dan tingkat kerawanannya. Selanjutnya dari peta rawan banjir yang dihasilkan dilakukan pencocokan (validasi) data kejadian dilapangan. Dari hasil pembobotan pada analisis faktor pembentuk rawan banjir maka persamaan WLC dapat ditulis :

$$WLC = 0,408 X_1 + 0,266 X_2 + 0,184 X_3 + 0,087 X_4 + 0,055 X_5$$

Dimana WLC = *weighted linear combination*; X₁ = Tutupan/penggunaan lahan; X₂ = Curah hujan; X₃ = lereng; X₄ = jenis tanah; X₅ = elevasi

Dari hasil pembobotan pada analisis MCE, nilai perkalian bobot subfaktor dengan faktor (W*X) pada persamaan WLC selanjutnya dimasukkan kedalam atribut peta faktor dalam SIG untuk dilakukan proses penggabungan (*overlay*). Hasil dari proses penggabungan peta faktor menghasilkan poligon baru berikut nilai atribut hasil penggabungan. Berdasarkan hasil proses penggabungan peta faktor selanjutnya dilakukan penjumlahan nilai hasil penggabungan dengan menggunakan *field calculator* pada *ArcGIS 10.1* sesuai dengan persamaan WLC. Dari hasil penjumlahan diperoleh nilai terendah 0,0711 dan nilai tertinggi 0,410. Dari nilai tersebut selanjutnya ditentukan kelas kerawanan dengan menggunakan metode klasifikasi *equal intervals* dengan jumlah kelas 5, maka diperoleh klasifikasi yang ditunjukkan pada Tabel 2 sebagai berikut :

Tabel 2 Simbol Dan Klasifikasi Kelas Kerawanan Banjir

Simbol	Selang	Keterangan
	0,0711 - 0,1370	Tidak Rawan
	0,1371 - 0,2030	Agak Rawan
	0,2031 - 0,2690	Sedang
	0,2691 - 0,3350	Rawan
	0,3351 - 0,4010	Sangat Rawan

Hasil peta rawan berdasarkan klasifikasi kelas kerawanan ditunjukkan pada Gambar 6. Secara spasial sebaran kerawanan banjir di Kabupaten Pidie untuk kelas tidak rawan dan agak rawan mendominasi wilayah bagian tengah sampai bagian selatan Kabupaten Pidie yang sebagian besar merupakan kawasan lindung. Sedangkan untuk kelas kerawanan sedang, rawan dan sangat rawan mendominasi bagian utara dan pesisir yang merupakan kawasan budidaya.

Berdasarkan data luasan (Tabel 3), wilayah Kabupaten Pidie didominasi oleh kelas agak rawan seluas 119.907 ha atau 37,75 % dari luas wilayah, kelas tidak rawan 95.277 ha (30 %), sedang 72.300 ha (22,76 %), rawan 22.206 ha (6,99 %) dan sangat rawan 7.933 ha (2,50 %). Secara keseluruhan dari peta rawan yang dihasilkan 30 % wilayah Kabupaten Pidie tidak rawan dan 70 % masuk ke dalam kelas agak rawan, sedang, rawan dan sangat rawan.

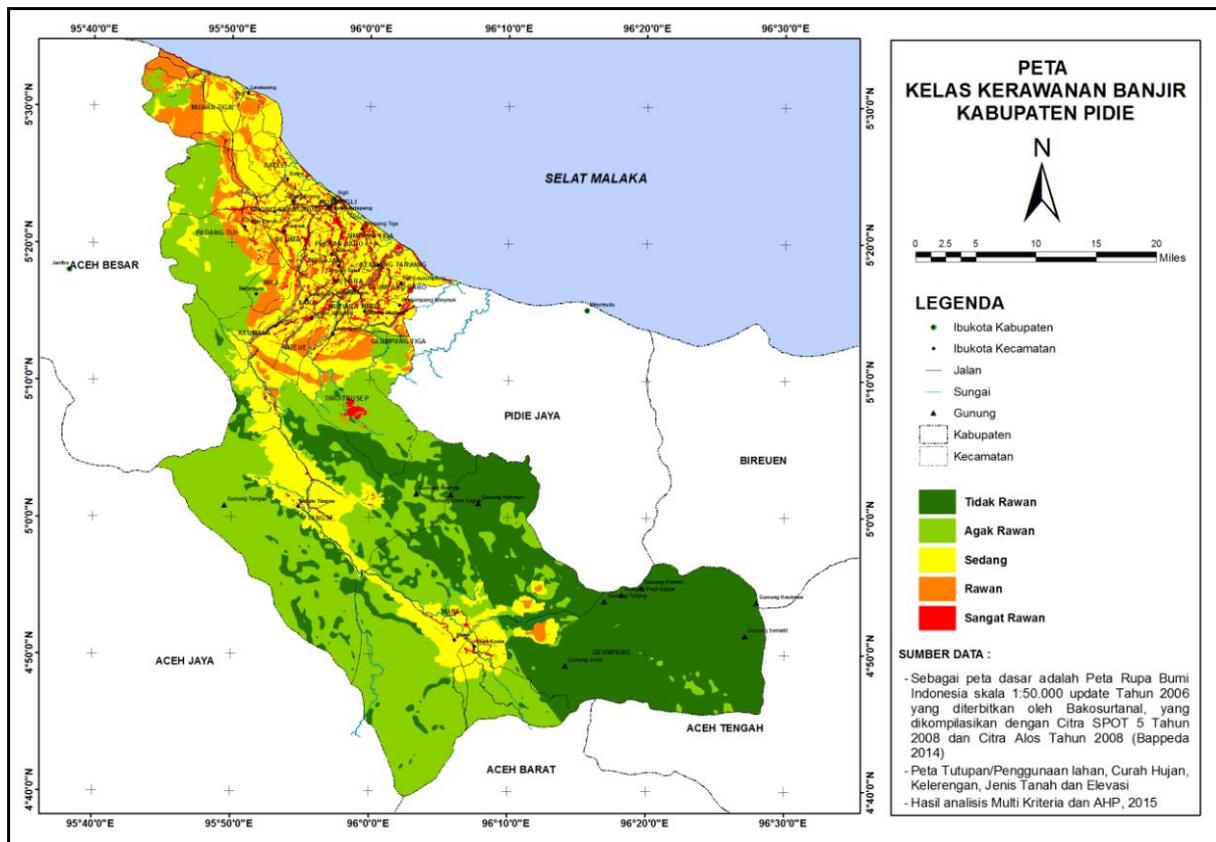
Tabel 3 Proporsi Luas Wilayah Berdasarkan Potensi Kerawanan Banjir

No	Kelas Kerawanan Banjir	Selang	Luas	
			ha	Persentase (%)
1	Tidak Rawan	0,0711 - 0,1370	95.277	30,00
2	Agak Rawan	0,1371 - 0,2030	119.907	37,75
3	Sedang	0,2031 - 0,2690	72.300	22,76
4	Rawan	0,2691 - 0,3350	22.206	6,99
5	Sangat Rawan	0,3351 - 0,4010	7.933	2,50
Total			317.621	100,00

Dari data luasan per kecamatan, semua wilayah memiliki kelas kerawanan untuk kelas sedang dan kelas sangat rawan. Kecamatan Tangse memiliki luasan tertinggi untuk kelas kerawanan sedang, yaitu 14.497 ha atau setara 20,05 % dari total luasan kelas rawan sedang dan Kecamatan Pidie memiliki luasan tertinggi untuk kelas sangat rawan, yaitu 696 ha (8,77 %). Kecamatan Muara Tiga memiliki luasan tertinggi untuk kelas rawan, yaitu 6.741 ha (29,14 %), hanya ada satu kecamatan yang tidak masuk pada kelas rawan yaitu kecamatan Kota Sigli. Untuk kelas tidak rawan didominasi oleh 4 kecamatan saja yaitu Kecamatan Tangse, Mane, Geumpang dan Tiro/trusep. Hal ini dimungkinkan karena kecamatan-kecamatan tersebut terutama Kecamatan Tangse, Mane dan Geumpang masih memiliki tutupan lahan berupa vegetasi yang masih rapat yaitu kawasan hutan yang sangat luas. Kecamatan Geumpang memiliki luasan tertinggi untuk kelas tidak rawan yaitu 49.959 ha (52,44 %) sedangkan untuk kelas agak rawan ada 12 kecamatan yang masuk dengan Kecamatan Tangse memiliki luasan tertinggi yaitu 46.693 ha (38,94 %). Hasil selengkapnya untuk luas kerawanan perkecamatan disajikan dalam Tabel 4.

Berdasarkan data kejadian bencana banjir yang diperoleh dari BPBD Kabupaten Pidie, selama periode Tahun 2011-2014 berdasarkan tanggal kejadian ada 39 kali kejadian banjir dimana banjir genangan sangat mendominasi, yaitu sebanyak 35 kejadian diikuti banjir bandang 3 kali kejadian dan banjir rob (pasang air laut) 1 kali kejadian. Dari 39 kejadian tersebut sebanyak 241 desa dari 22 kecamatan terkena dampak dengan total luasan dampak mencapai 37.437 ha atau setara 11,78 % dari total luas wilayah Kabupaten Pidie. Hasil validasi peta rawan dengan data kejadian menunjukkan (Tabel 5) dari total

37.437 ha luas wilayah yang terkena dampak banjir 33.433 ha atau 89,33 % masuk kedalam kelas agak rawan, sedang, rawan dan sangat rawan.



Gambar 6 Peta Kelas Kerawanan Banjir

Tabel 4 Sebaran Luas Wilayah Masing-Masing Kecamatan Berdasarkan Potensi Kerawanan Banjir

No	Kecamatan	Kelas (ha)					Total (ha)
		Tidak Rawan	Agak Rawan	Sedang	Rawan	Sangat Rawan	
1	Batee	-	12	3.753	452	289	4.506
2	Delima	-	-	1.717	700	302	2.719
3	Geumpang	49.959	8.242	4.325	437	200	63.163
4	Glumpang Baro	-	-	882	105	213	1.201
5	Glumpang Tiga	-	2.110	2.219	698	370	5.398
6	Grong-Grong	-	-	646	91	100	837
7	Indrajaya	-	-	1.750	299	409	2.458
8	Kembang Tanjung	-	-	2.664	195	478	3.337
9	Keumala	-	987	2.801	984	244	5.017
10	Kota Sigli	-	-	272	-	224	496
11	Mane	26.427	35.755	7.068	217	182	69.650
12	Mila	-	568	1.108	1.464	158	3.297
13	Muara Tiga	-	1.833	6.603	6.471	303	15.211
14	Mutiara	-	-	1.101	233	329	1.663
15	Mutiara Timur	-	24	1.972	466	548	3.010
16	Padang Tiji	-	15.109	6.404	3.700	521	25.734
17	Peukan Baro	-	-	1.208	208	429	1.844
18	Pidie	-	-	2.142	99	696	2.937

No	Kecamatan	Kelas (ha)				Sangat Rawan	Total (ha)
		Tidak Rawan	Agak Rawan	Sedang	Rawan		
19	Sakti	-	-	2.233	1.317	458	4.008
20	Simpang Tiga	-	-	1.928	159	403	2.490
21	Tangse	16.407	46.693	14.497	607	303	78.506
22	Tiro/Trusep	2.484	8.569	3.560	2.258	611	17.482
23	Titeue		5	1.445	1.046	163	2.659
Total (ha)		95.277	119.907	72.300	22.206	7.933	317.621

Tabel 5 Validasi Peta Rawan Dengan Data Kejadian Banjir Tahun 2011-2014

No	Kelas	Luas	
		Total	Persentase (%)
1	Tidak Rawan	3.994	10,67
2	Agak Rawan	5.602	14,96
3	Sedang	22.219	59,35
4	Rawan	3.119	8,33
5	Sangat Rawan	2.502	6,68
Total		37.437	100,00

Selebihnya hanya 3.994 ha atau 10,67 % saja yang masuk ke dalam kelas tidak rawan. Dari hasil validasi, kelas kerawanan sedang memiliki luasan terluas dengan 22.219 ha atau 59,35 %. Berdasarkan hasil validasi dapat disimpulkan bahwa peta kerawanan banjir hasil penelitian sudah menunjukkan tingkat validasi yang cukup tinggi jika dikaitkan dengan data luasan dampak kejadian periode Tahun 2011-2014.

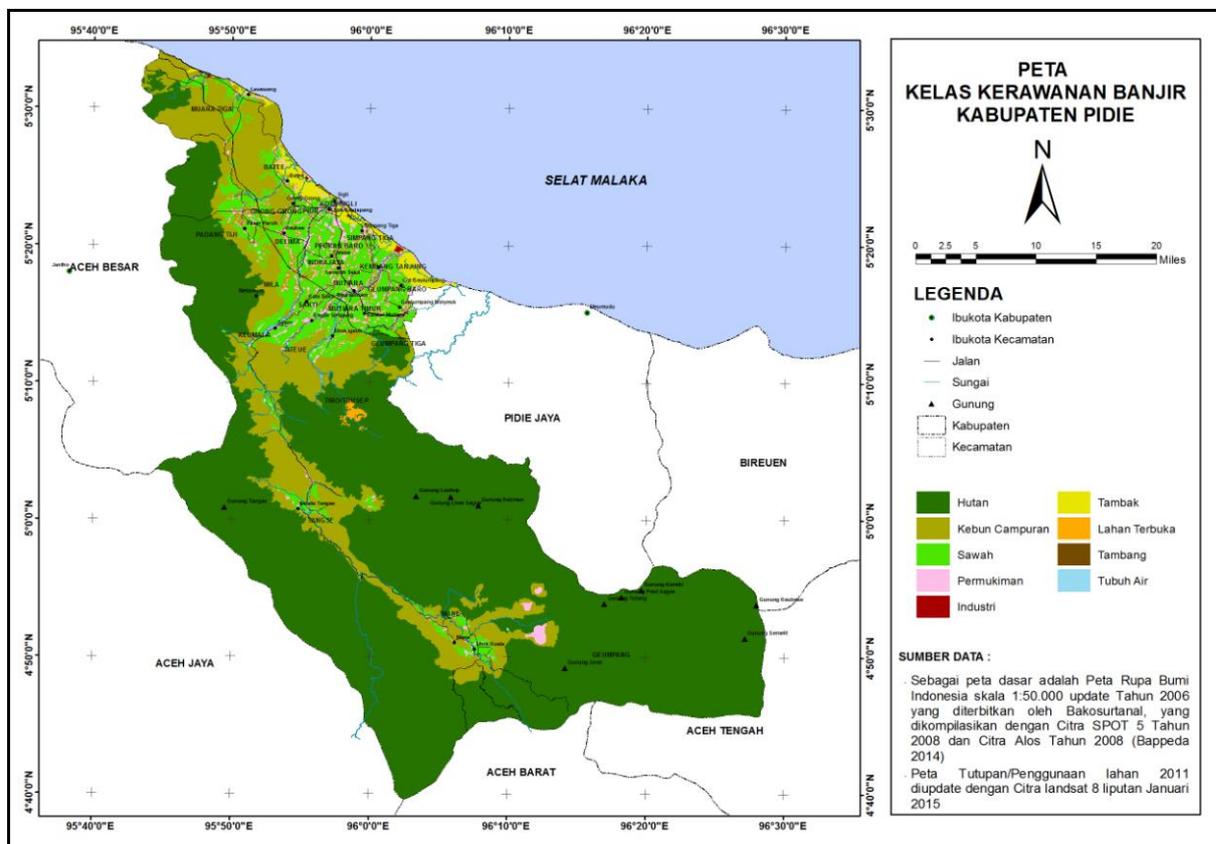
Keterkaitan Penggunaan Lahan Pada Wilayah Rawan Banjir

Kondisi tutupan/penggunaan lahan di Kabupaten Pidie masih sangat didominasi oleh kawasan hutan sedangkan untuk area penggunaan lainnya berupa aktivitas budidaya tipe penggunaan lahan umumnya untuk sawah, tambak dan pertanian lahan kering/kebun campuran. Berdasarkan data tutupan/penggunaan lahan dari bappeda Tahun 2011 diupdate dengan data citra landsat 8 liputan Januari 2015, terdapat 9 kelas tutupan/penggunaan lahan di Kabupaten Pidie, yaitu hutan, industri, kebun campuran, lahan terbuka, permukiman, sawah, tambak, tambang dan tubuh air.

Berdasarkan Peta Tutupan/penggunaan lahan (Gambar 7) 2/3 wilayah Kabupaten Pidie ditutupi hutan. Pola sebaran penggunaan lahan di Kabupaten Pidie dapat dilihat bahwa tutupan hutan masih mendominasi daerah-daerah dataran tinggi terutama di bagian selatan Kabupaten Pidie, daerah tersebut merupakan daerah pegunungan dengan ketinggian diatas 1000 m dpl dan kelerengan diatas 25 %. Aktivitas budidaya terutama sawah dan kebun terpusat di dekat dengan permukiman, pasar dan jalan terutama di wilayah bagian tengah sampai utara sedangkan untuk penggunaan lahan tambak terletak di bagian pesisir (utara) dekat dengan pantai. Luas hutan di Kabupaten Pidie mencapai 215.621 ha atau 67,89 % dari total luas wilayah disusul kebun campuran 59.932 ha (18,87 %), sawah seluas 27.385 ha (8,62 %) dan permukiman seluas 8.014 ha (2,52 %).

Penggunaan lahan hutan di Kabupaten Pidie berupa hutan lindung, hutan produksi dan hutan rakyat (Tahura). Penggunaan lahan kebun campuran adalah berupa pertanian lahan kering, pertanian lahan basah, perkebunan dimana pola sebaran dan luasannya bercampur hal ini dikarenakan skala usaha baik itu pertanian dan perkebunan masih kecil sehingga banyak petani cenderung memanfaatkan luas lahannya disamping untuk budidaya pertanian juga perkebunan. Penggunaan lahan industri hanya berupa industri garam karena

tidak ada industri industri skala besar di Kabupaten Pidie, semua produk baik pertanian maupun perkebunan selain dioalah pada industri skala rumah tangga juga langsung dipasarkan keluar daerah dalam bentuk bahan mentah (baku). Penggunaan lahan untuk tubuh air adalah berupa sungai dan waduk/danau bentukan alam.



Gambar 7 Tutupan/penggunaan lahan di wilayah Kabupaten Pidie

Dalam kaitannya dengan potensi kerwanan banjir, hutan memiliki luasan tertinggi untuk kelas kerawanan tidak rawan yaitu 94.306 ha dan kelas agak rawan 117.064 ha. Kebun campuran memiliki luasan tertinggi untuk kelas kerawanan sedang 36.751 ha dan rawan 22.321 ha. Untuk kelas kerawanan sangat rawan permukiman memiliki luasan tertinggi 7.033 ha. Hasil selengkapnya ditunjukkan pada Tabel 7.

Tabel 6 Proporsi luas tutupan/penggunaan lahan di Kabupaten Pidie Tahun 2015

No	Tutupan/Penggunaan Lahan	Luas	
		ha	Persentase (%)
1	Hutan	215.621	67,89
2	Kebun Campuran	59.932	18,87
3	Sawah	27.385	8,62
4	Permukiman	8.014	2,52
5	Tambak	4.481	1,41
6	Tubuh Air	1.444	0,45
7	Lahan Terbuka	508	0,16
8	Industri	136	0,04
9	Tambang	100	0,03
	Total	317.621	100,00

Tabel 7 Penggunaan Lahan Eksisting Kabupaten Pidie Ditinjau Dari Potensi Kerawanan Banjir

Tutupan/Penggunaan lahan	Tidak Rawan	Agak Rawan	Sedang	Rawan	Sangat Rawan
Hutan	94.306	117.064	4.252	-	-
Industri	-	-	-	-	136
Kebun Campuran	-	860	36.751	22.321	-
Lahan Terbuka	-	-	-	502	5
Permukiman	-	-	31	950	7.033
Sawah	-	1.452	25.657	276	-
Tambak	-	3	4.437	40	-
Tambang	-	-	-	-	100
Tubuh Air	3	607	831	3	-
Total	94.308	119.985	71.961	24.093	7.274

Keterkaitan Rencana Pola Ruang Pada Wilayah Rawan Banjir

Rencana pola ruang wilayah Kabupaten Pidie ditetapkan berdasarkan kondisi *eksisting* penggunaan lahan, kriteria kesesuaian lahan, dan kebijakan strategis daerah Kabupaten Pidie, serta pada pola ruang yang diarahkan menurut Rencana Tata Ruang Wilayah Nasional dan Rencana Tata Ruang Wilayah Aceh.

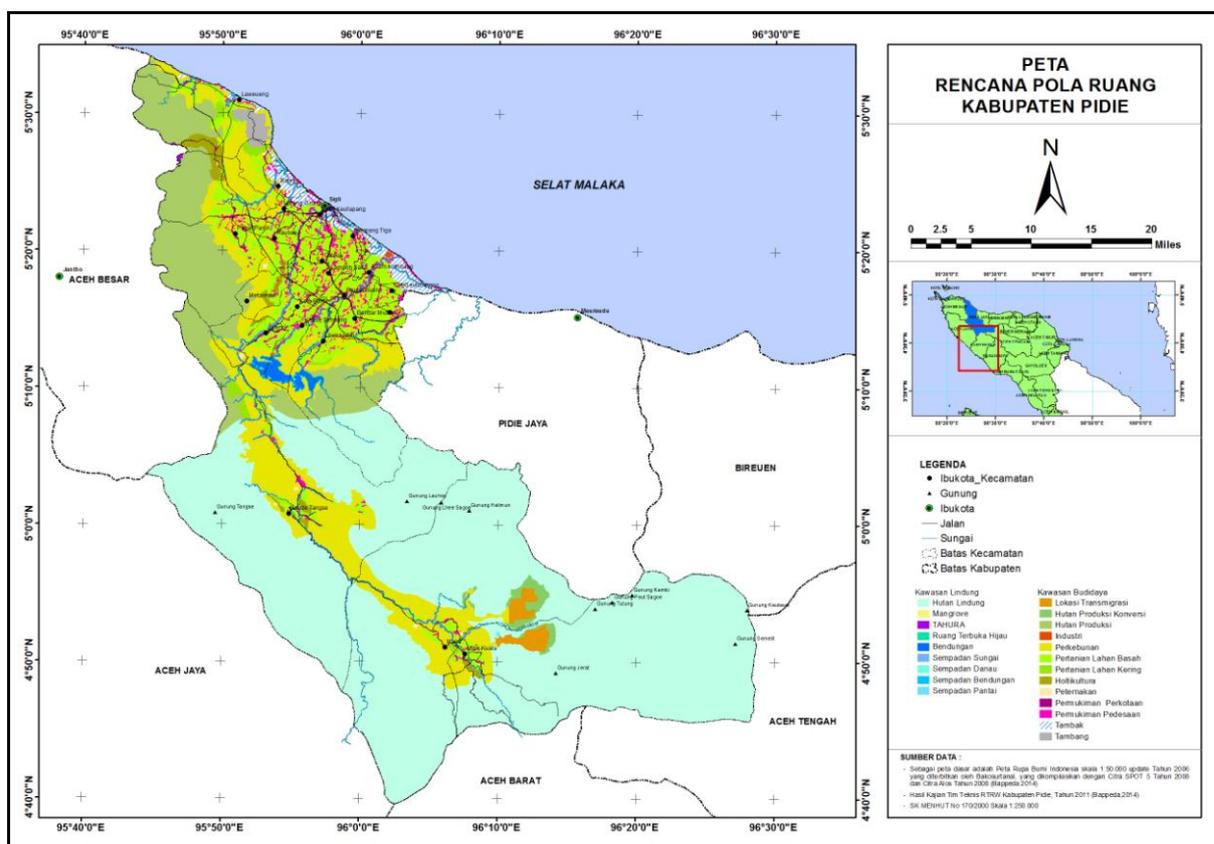
Rencana pola ruang Kabupaten Pidie terdiri dari kawasan lindung dan kawasan budidaya (Tabel 8). Kawasan lindung didefinisikan sebagai kawasan yang ditetapkan dengan fungsi utama melindungi kelestarian lingkungan hidup yang mencakup sumberdaya alam, sumberdaya buatan dan nilai sejarah, serta budaya untuk kepentingan pembangunan berkelanjutan. Hutan lindung merupakan kawasan lindung yang terluas di Kabupaten Pidie yaitu 178.051 ha (56,06 %). Kawasan budidaya adalah kawasan yang ditetapkan dengan fungsi utama untuk dibudidayakan atas dasar kondisi dan potensi sumberdaya alam, sumberdaya buatan, dan sumberdaya manusia. Secara umum rencana kawasan budidaya di Kabupaten Pidie didominasi oleh perkebunan seluas 46.017 ha (14,49%), hutan produksi seluas 36.428 ha (11,47 %) dan pertanian lahan basah seluas 27.843 ha (8,77 %).

Tabel 8 Rencana Pola Ruang kawasan Lindung Kabupaten Pidie 2014-2034

No	Pola Ruang (RTRW)	Luas (ha)	Persentase (%)
I	Kawasan Lindung		
1	Hutan Lindung	178.051	56,06
2	Mangrove	44	0,01
3	TAHURA	74	0,02
4	Ruang Terbuka Hijau	27	0,01
5	Bendungan/Waduk	1.407	0,44
6	Sempadan Sungai	5.158	1,62
7	Sempadan Danau	35	0,01
8	Sempadan Bendungan/waduk	524	0,17
9	Sempadan Pantai	299	0,09
	Total Kawasan Lindung (ha)	185.620	58,44
II	Kawasan Budidaya		
1	Hutan Produksi	36.428	11,47
2	Hutan Produksi Konversi	2.094	0,66
3	Lokasi Transmigrasi	2.468	0,78
4	Industri	112	0,04
5	Perkebunan	46.017	14,49
6	Pertanian Lahan Basah	27.843	8,77
7	Pertanian Lahan Kering	1.557	0,49
8	Holtikultura	2.717	0,86
9	Peternakan	222	0,07

No	Pola Ruang (RTRW)	Luas (ha)	Persentase (%)
10	Permukiman Perkotaan	471	0,15
11	Permukiman Pedesaan	6.699	2,11
12	Tambak	3.722	1,17
13	Tambang	1.652	0,52
Total Kawasan Budidaya (ha)		132.001	41,56
Total (ha)		317.621	100,00

Berdasarkan peta rencana pola ruang (Gambar 8), sebaran kawasan budidaya hampir seluruhnya mendominasi di bagian utara Kabupaten Pidie dari pesisir sampai dengan bagian tengah wilayah Kabupaten Pidie. Sedangkan Bagian tengah sampai dengan selatan didominasi pola ruang kawasan lindung.



Gambar 8 Rencana Pola Ruang Kabupaten Pidie 2012-2032

Dalam kaitannya dengan perencanaan ruang berbasis kebencanaan khususnya banjir secara umum kebijakan alokasi ruang dalam rencana pola ruang untuk kawasan lindung sudah memenuhi ketentuan yang diatur dalam UU nomor 26 Tahun 2007 dimana tersedianya alokasi ruang untuk hutan lindung, kawasan lindung setempat dan ruang terbuka hijau. Akan tetapi proporsi ruang terbuka hijau untuk daerah perkotaan masih belum sesuai (30 %) walaupun secara umum Kabupaten Pidie memiliki luas hutan lindung diatas 50 %, mengingat pentingnya fungsi ruang terbuka hijau baik itu dari aspek ekologi maupun dalam kaitannya dengan potensi banjir di perkotaan maka proporsi ruang terbuka hijau seluas minimal 30 % di daerah perkotaan kiranya dapat dilaksanakan secara maksimal. Sementara itu terkait dengan kawasan perlindungan setempat terutama sempadan sungai yang sudah terbangun permukiman tentunya kebijakan harus diarahkan

pada perencanaan dengan pendekatan yang mengarah kepada pengurangan dampak resiko banjir.

Keterkaitan rencana pola ruang Kabupaten Pidie ditinjau dari potensi kerawanan banjir ditunjukkan oleh hasil integrasi antara peta rawan banjir dengan peta rencana pola ruang RTRW Kabupaten Pidie. Berdasarkan hasil integrasi peta tersebut (Tabel 9) dari total luas kawasan lindung 185.620 ha sebesar 95,44 % atau seluas 177.164 ha masuk kedalam kelas tidak rawan dan agak rawan. Selebihnya hanya 4,56 % atau seluas 8.456 ha saja yang masuk kedalam kelas kerawanan sedang, rawan dan sangat rawan. Untuk kawasan budidaya dari total luas kawasan 132.001 ha sebesar 71,20 % atau seluas 93.982 ha masuk kedalam kelas kerawanan sedang, rawan dan sangat rawan. Selebihnya 28,80 % atau seluas 38.019 ha masuk kedalam kelas tidak rawan dan agak rawan. Hasil ini menunjukkan bahwa dilihat dari rencana pola ruang berdasarkan potensi kerawanan banjir untuk kawasan lindung didominasi oleh kelas tidak rawan dan agak rawan sedangkan untuk kawasan budidaya didominasi oleh kelas kerawanan sedang, rawan dan sangat rawan.

Tabel 9 Proporsi Keterkaitan Rencana Pola Ruang Kawasan Lindung Dan Kawasan Budidaya Ditinjau Dari Potensi Kerawanan Banjir

Kelas Kerawanan Banjir	Lindung (Ha)	Persentase %	Budidaya (Ha)	Persentase %
Tidak Rawan	92.575	49,87	2.702	2,05
Agak Rawan	84.590	45,57	35.317	26,75
Sedang	5.859	3,16	66.441	50,33
Rawan	2.214	1,19	19.992	15,15
Sangat Rawan	383	0,21	7.550	5,72
Jumlah	185.620	100,00	132.001	100,00

Dalam kaitannya dengan potensi rawan banjir pada rencana pola ruang kawasan lindung, hutan lindung memiliki luasan tertinggi untuk kelas kerawanan tidak rawan yaitu seluas 92.551 ha, agak rawan seluas 83.698 ha dan sangat rawan seluas 327 ha. Sedangkan sempadan sungai memiliki luasan tertinggi untuk kelas kerawanan sedang yaitu seluas 3.136 ha dan rawan seluas 1.229 ha. Hal ini dikarenakan secara karakteristik topografi hutan lindung berada pada kelerengan diatas 25 % dan ketinggian diatas 1000 m dpl dengan tutupan/penggunaan lahan berupa hutan bervegetasi rapat sehingga berdasarkan kriteria pembentuk rawan banjir merupakan daerah yang tidak rawan. Sedangkan sempadan sungai secara karakteristik topografi berada pada kelerengan 0 – 8% dengan penggunaan lahan yang lebih terbuka yang berdasarkan kriteria pembentuk rawan banjir merupakan daerah rawan. Hasil selengkapnya rencana pola ruang kawasan lindung ditinjau dari potensi kerawanan banjir disajikan pada tabel 10.

Tabel 10 Rencana Pola Ruang Kawasan Lindung Kabupaten Pidie Ditinjau Dari Potensi Kerawanan Banjir

No	Rencana Pola Ruang (RTRW) Kawasan Lindung	Kelas (ha)				
		Tidak Rawan	Agak Rawan	Sedang	Rawan	Sangat Rawan
1	Hutan Lindung	92.551	83.698	1.403	71	327
2	Mangrove	-	-	44	-	-
3	TAHURA	-	60	-	14	-
4	Ruang Terbuka Hijau	-	-	14	2	11
5	Bendungan/Waduk	-	52	656	699	-
6	Sempadan Sungai	-	751	3.136	1.229	42
7	Sempadan Danau	23	11	1	-	-
8	Sempadan Bendungan	-	16	311	197	-
9	Sempadan Pantai	-	-	294	2	3
	Total (ha)	92.575	84.590	5.859	2.214	383

Untuk kawasan budidaya, hutan produksi konversi memiliki luasan tertinggi untuk kelas kerawanan tidak rawan yaitu seluas 1.146 ha. Hutan produksi memiliki luasan tertinggi untuk kelas kerawanan agak rawan yaitu seluas 26.972 ha. Untuk kelas kerawanan sedang didominasi pertanian lahan basah seluas 26.697 ha dan perkebunan seluas 25.772 ha. Perkebunan juga memiliki luasan tertinggi untuk kelas rawan yaitu seluas 12.629 ha. Permukiman perdesaan memiliki luasan tertinggi untuk kelas sangat rawan yaitu seluas 6.306 ha. Hasil selengkapnya rencana pola ruang kawasan budidaya ditinjau dari potensi kerawanan banjir disajikan pada Tabel 11

Tabel 11 Rencana Pola Ruang Kawasan Budidaya Kabupaten Pidie Ditinjau Dari Potensi Kerawanan Banjir

No	Rencana Pola Ruang (RTRW) Kawasan Budidaya	Kelas (ha)				
		Tidak Rawan	Agak Rawan	Sedang	Rawan	Sangat Rawan
1	Hutan Produksi	630	26.972	4.862	3.860	104
2	Hutan Produksi Konversi	1.146	912	31	5	-
3	Lokasi Transmigrasi	154	143	1.535	627	9
4	Industri	-	-	-	-	112
5	Perkebunan	772	6.744	25.772	12.629	100
6	Pertanian Lahan Basah	-	527	26.697	319	300
7	Pertanian Lahan Kering	-	4	1.299	254	-
8	Holtikultura	-	-	1.059	1.620	38
9	Peternakan	-	-	124	91	7
10	Permukiman Perkotaan	-	-	8	5	458
11	Permukiman Pedesaan	-	12	211	170	6.306
12	Tambak	-	3	3.702	1	16
13	Tambang	-	-	1.142	410	100
Total (ha)		2.702	35.317	66.441	19.992	7.550

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian di Kabupaten Pidie dapat disimpulkan bahwa faktor pembentuk potensi rawan banjir menggunakan pendekatan *analytical hierarchy proses* (AHP) adalah tutupan/penggunaan lahan (0,408), curah hujan (0,266), lereng (0,184), jenis tanah (0,087) dan elevasi (0,055). Luas wilayah berdasarkan potensi kerawanan banjir adalah kelas agak rawan memiliki luasan tertinggi yaitu 119.907 ha atau 37,75 % dari luas wilayah, disusul kelas tidak rawan 95.277 ha (30 %), sedang 72.300 ha (22,76 %), rawan 22.206 ha (6,99 %) dan sangat rawan 7.933 ha (2,50 %). Hasil integrasi peta rawan dengan peta tutupan/penggunaan lahan menunjukkan bahwa hutan memiliki luasan tertinggi untuk kelas kerawanan tidak rawan (94.306 ha) dan kelas agak rawan (117.064 ha), kebun campuran memiliki luasan tertinggi untuk kelas kerawanan sedang (36.751 ha) dan rawan (22.321 ha), permukiman memiliki luasan tertinggi untuk kelas kerawanan sangat rawan (7.033 ha). Hasil integrasi peta rawan banjir dengan peta pola ruang menunjukkan 95,44 % atau seluas 177.164 ha kawasan lindung masuk kedalam kelas tidak rawan dan agak rawan. Untuk kawasan budidaya dari total luas kawasan 132.001 ha sebesar 71,20 % atau seluas 93.982 ha masuk kedalam kelas kerawanan sedang, rawan dan sangat rawan.

Daftar Pustaka

- [BNPB] Badan Nasional Penanggulangan Bencana 2014. Data dan Informasi Bencana Indonesia.[online] Tersedia di : <http://dibi.bnpb.go.id/>, diakses 06 Juni 2014
- Badan Perencanaan Pembangunan Daerah (Bappeda) Kabupaten Pidie. 2014. Rencana Tata Ruang Wilayah Kabupaten Pidie 2014-2032. Kabupaten Pidie (ID) : Bappeda
- Badan Penanggulangan Bencana Daerah (BPBD) Kabupaten Pidie. 2015. Data bencana Kabupaten Pidie 2011-2014. Kabupaten Pidie (ID) : BPBD
- Deviana, A., Kridasantausa, I. dan Suryadi, Y. 2012. Kajian Pemodelan Spasial Banjir Untuk Mendukung Kebijakan Sempadan Sungai dan Tata Ruang Wilayah (Studi Kasus Wilayah Pengembangan Baleendah). [online] Tersedia di : <http://www.ftsl.itb.ac.id/wp-content/uploads/2012/07/95010011-Aninda-Deviana.pdf>, diakses, 07 Juni 2014
- Lawal DU, Matori AN and Balogun AL. 2011. A Geographic Information System and Multi Criteria Decision Analysis in Proposing New Recreational Park Sites in Universiti Teknologi Malaysia. *Modern Applied Science*. 5(3): 39-55.
- Marimin. 2010. Teknik dan Aplikasi Pengambilan Keputusan Kriteria Majemuk. Jakarta (ID): PT Gramedia Widiasarana Indonesia.
- [PUSLITTANAK] Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat. 2004. Laporan Hasil Kegiatan Pengkajian Potensi Bencana Kekeringan, Banjir, dan Longsor di Kawasan Multi DAS, Jawa barat Bagian Barat dengan Sistem Informasi Geografi. Bogor (ID). Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Kementerian Pertanian RI.
- Riyadi, R. 2011. Penataan Penguasaan Tanah Strategi Mereduksi Bahaya Banjir. *Magistra*, 2011, 23.76: 61
- UNISDR. "Hyogo Framework for Action 2005-2015: Building the Resilience of Nations and Communities to Disasters." Extract from the final report of the World Conference on Disaster Reduction 18-22 January 2005, Kobe, Hyogo, Japan. [online]. Tersedia : <http://www.unisdr.org/we/inform/publications/1037>
- Yalcin, G., Akyurek, Z. (2004). Analysing flood vulnerable areas with multicriteria evaluation. [online.] Tersedia di : <http://proceedings.esri.com/library/userconf/proc04/docs/pap1097.pdf>