

PENILAIAN BAHAYA DAN ARAHAN MITIGASI BANJIR DI CEKUNGAN BANDUNG***Hazard Assessment and Mitigation Directives of Flood Disaster in Cekungan Bandung Area*****Muhammad Fitrah Irawan^{1)*}, Yayat Hidayat²⁾ dan Boedi Tjahjono²⁾**

¹⁾ Program Studi Mitigasi Bencana dan Kerusakan Lahan, Sekolah Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor, Kampus IPB Darmaga, Bogor, 16680

²⁾ Departemen Ilmu Tanah dan Sumberdaya Lahan, Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor, Jl. Meranti Kampus IPB Dramaga, Bogor 16680

ABSTRACT

Floods in Bandung Basin occur every year in the lowest basin areas such as Majalaya, Ciparay, Deyeuhkolot, Rancaekek, Bojongsoang and Baleendah Sub-Districts, Bandung Regency. Hazard analysis and flood mitigation assessment is an important effort to reduce the risks of the disaster. This paper analyzes the hazards and flood mitigation direction in the region of Bandung Basin. The study was conducted by utilizing topographic and flood history data in analyzing hazards, then prepares mitigation directives based on the results of hazard analysis and land use in the area. Flood hazard was identified by analyzing the hazard area using Modification Topography Wetness Index (MTWI), while flood mitigation direction was analyzed descriptively by comparing the results of hazard analysis with land use data. Result of the study shows that 2.36% of the basin area is classified as high hazard which is flood prone area, 7.15% is moderately dangerous and 90.49% is low hazard area. The low public awareness to environment is one factor that cause flood in Bandung Basin. At the priority zones it is recommended to build additional drainage to flow water from the lowest basins. In addition, the mitigation efforts in area is conducted by law enforcement on land use that does not match the spatial pattern of Spatial Plan (RTRW) and forest and land rehabilitation in the Citarum Hulu watershed.

Keywords: Critical land, landuse, MTWI, spatial plan

ABSTRAK

Banjir di Cekungan Bandung terjadi setiap tahun di wilayah cekungan terendah seperti di Kecamatan Majalaya, Ciparay, Deyeuhkolot, Rancaekek, Bojongsoang, dan Baleendah, Kab. Bandung. Kajian analisis bahaya dan arahan mitigasi banjir merupakan salah satu upaya untuk mengurangi risiko dari bencana tersebut. Tulisan ini bertujuan untuk menganalisis bahaya dan menyusun arahan mitigasi banjir di wilayah Cekungan Bandung. Bahaya banjir diidentifikasi dengan menganalisis daerah bahaya banjir menggunakan *Modification Topography Wetness Index (MTWI)*, sedangkan arahan mitigasi banjir dianalisis secara deskriptif dengan membandingkan hasil analisis bahaya dengan data penggunaan lahan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa 2.36% daerah Cekungan Bandung termasuk kelas bahaya tinggi, 7.15% termasuk bahaya sedang, dan 90.49% termasuk daerah bahaya rendah. Kesadaran masyarakat terhadap pengelolaan lingkungan yang rendah juga menjadi salah satu faktor penyebab banjir di Cekungan Bandung. Pada zona prioritas arahan mitigasi banjir dilakukan dengan pembuatan saluran drainase tambahan untuk mengalirkan air dari cekungan terendah. Selain itu, perlu dilakukan pengendalian penggunaan lahan dengan cara penegakan hukum terhadap penggunaan lahan yang tidak sesuai Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW) dan dilakukan rehabilitasi hutan dan lahan pada lahan kritis di DAS Citarum Hulu.

Kata kunci: Lahan kritis, penggunaan lahan, MTWI, rencana tata ruang wilayah

PENDAHULUAN

Banjir merupakan salah satu bencana hidrometeorologi yang jumlah kejadiannya tertinggi di Indonesia. Berdasarkan data dari Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB), dalam kurun waktu 17 tahun dari tahun 2000-2016 di seluruh provinsi di Indonesia tercatat 7,106 kejadian banjir, 38% dari total kejadian bencana hidrometeorologi (BNPB, 2016).

Provinsi Jawa Barat merupakan salah satu Provinsi dengan jumlah kejadian banjir yang tinggi, yaitu sebesar 863 jumlah kejadian banjir, dan jumlah kejadian banjir terbesar berada di Kabupaten Bandung yang tercatat 228 kejadian. Kejadian banjir yang tinggi di Kabupaten Bandung dipengaruhi oleh kondisi morfologi lahan berupa

cekungan, dan faktor antropogenik diantaranya perubahan penggunaan lahan hutan menjadi lahan pertanian (Dasanto *et al.*, 2014). Berdasarkan kondisi morfologinya wilayah tersebut disebut sebagai Cekungan Bandung. Kondisi wilayah cekungan mempunyai potensi banjir yang cukup tinggi, dimana di bagian terendah cekungan tersebut air berkumpul dan menyebabkan banjir. Banjir-banjir besar akibat luapan Sungai Citarum yang pernah terjadi di Cekungan Bandung tercatat pada tahun 1986, 1998, 2005, dan 2010 (BBWSC, 2011).

Cekungan Bandung merupakan bagian dari DAS Citarum Hulu. Secara hidrologis DAS Citarum Hulu mengalami degradasi yang cukup parah dan dikategorikan sebagai DAS kritis di Indonesia. Pada musim hujan debit air di DAS Citarum sangat tinggi sehingga menyebabkan banjir

tahunan yang melanda beberapa kecamatan yang ada di wilayah Cekungan Bandung. Berdasarkan uraian di atas maka dipandang perlu untuk melakukan kajian tentang analisis bahaya dan arahan mitigasi bencana banjir di wilayah Cekungan Bandung.

Beberapa peneliti telah memperlihatkan perkembangan dalam teknik pendeteksian daerah bahaya banjir, diantaranya Grimaldi *et al.* (2013), Dasanto *et al.* (2014), Shrestha dan Lohpaisankrit (2016), Kourgialas dan Karatzas (2017). Grimaldi *et al.* (2013) melakukan pemetaan banjir di cekungan yang terhalang menggunakan hidrologi berkelanjutan dan model hidrolis. Dasanto *et al.* (2014) melakukan penelitian tentang pengaruh perubahan tutupan lahan hutan terhadap karakteristik banjir di Daerah Aliran Sungai (DAS) Citarum Hulu dengan mengidentifikasi daerah bahaya dengan pemodelan hidrolis HEC-RAS. Shrestha dan Lohpaisankrit (2016) melakukan penilaian bahaya banjir dengan skenario perubahan iklim dengan menggunakan model hidrologi dan HEC-RAS untuk memprediksi banjir dengan skenario perubahan iklim di masa yang akan datang. Kourgialas dan Karatzas (2017) melakukan penelitian tentang penilaian metode bahaya banjir dengan analisis multi kriteria dan *artificial neural networks (ANNs) techniques*.

Penelitian tersebut mampu menggambarkan hidrodinamika genangan, yang memungkinkan pemetaan kedalaman aliran dan luasnya pada skala yang detail. Model banjir ini membutuhkan data dan parameter nilai untuk menggambarkan dasar sungai, curah hujan, dan morfologi banjir, serta kekasaran permukaan. Namun terdapat kendala pada penelitian tersebut yaitu ketersediaan, kalibrasi, dan validasi.

Di sisi lain, morfologi aliran sungai menggambarkan sebagian besar informasi tentang banjir yang dapat diketahui melalui fenomena erosi dan pengendapan, yang merupakan indikator penting dari paparan banjir suatu wilayah (Manfreda *et al.*, 2014). Informasi ini dapat digunakan untuk mengidentifikasi bagian dari cekungan sungai yang sering terendam. Faktanya, bentuk lahan atau morfologi lahan memainkan peran penting saat banjir (Tucker dan Whipple, 2002).

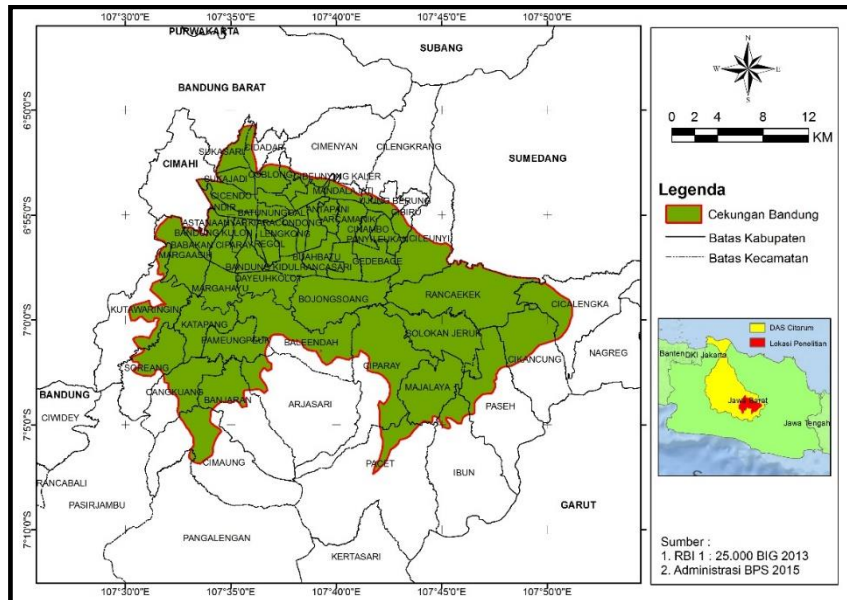
Berdasarkan teori ini, beberapa penulis telah menunjukkan bahwa deliniasi daerah rawan banjir pada skala besar bisa dilakukan dengan metode yang disederhanakan mengandalkan karakteristik geomorfologi suatu DAS. Pada awalnya metode ini terhambat oleh kelangkaan data topografi, namun dengan kemunculan teknologi baru dalam mengukur elevasi permukaan topografi (misalnya, GPS, SAR, *interferometri SAR*, dan *laser altimetry*), dikombinasikan dengan pengembangan *Geographic Information System (GIS)*, telah memberikan dorongan kuat untuk identifikasi daerah rawan banjir dengan *Digital Elevation Model (DEM)* sebagai sumber data utama (Manfreda *et al.*, 2014).

Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi daerah rawan banjir dengan metode penilaian indeks topografi berbasis DEM yang telah dimodifikasi (Manfreda *et al.*, 2011). Selain itu juga dianalisa daerah bahaya berdasarkan data sejarah kejadian banjir. Berdasarkan data dan informasi tersebut dilakukan penyusunan arahan mitigasi bencana secara deskriptif sesuai dengan karakteristik daerah bahaya. Penelitian ini bertujuan menganalisis bahaya banjir di wilayah Cekungan Bandung dan menyusun arahan mitigasi banjir di wilayah Cekungan Bandung.

BAHAN DAN METODE

Penelitian dilakukan di wilayah Cekungan Bandung khususnya pada daerah dengan cekungan terendah yang setiap tahunnya menjadi langganan banjir yaitu di wilayah Kabupaten Bandung dan Kota Bandung. Lokasi penelitian disajikan pada Gambar 1.

Data yang dikumpulkan pada penelitian ini terdiri dari data primer dan data sekunder. Data primer berupa data yang diperoleh melalui survei dan wawancara penduduk menggunakan kuisioner. Data sekunder terdiri dari data spasial dan data tabular. Data utama yang digunakan dalam penelitian ini yaitu Peta Kontur RBI 1: 10,000 dan citra satelit SPOT 6 tahun 2015.



Gambar 1. Lokasi penelitian

Pengolahan Data

Pembuatan Digital Elevation Model (DEM)

Dalam penelitian ini dibutuhkan data DEM yang memiliki tingkat akurasi tinggi dan informasi yang lebih detil khususnya untuk menggambarkan kondisi topografi, oleh karena itu perlu dilakukan pembuatan DEM yang dibuat dari peta kontur (BIG) skala 1:10,000 yang diubah ke dalam bentuk raster dengan memanfaatkan *tools topo to raster* yang ada pada *software* Arcmap dengan ukuran piksel 30 x 30 meter. *Tools* tersebut bekerja dengan metode interpolasi berulang terbatas yang merupakan optimalisasi dari metode interpolasi sederhana, seperti *Inverse Distance Weighted* (IDW), tanpa kehilangan bentuk permukaan. Metode ini telah dimodifikasi untuk memungkinkan DEM yang dihasilkan dapat mengikuti perubahan mendadak pada medan, seperti sungai, pegunungan, dan tebing (Yulianto *et al.*, 2009).

Klasifikasi Penggunaan Lahan

Klasifikasi yang digunakan untuk memperoleh informasi mengenai penutupan/penggunaan lahan pada lokasi penelitian ini menggunakan metode visual dengan teknik *digitasi on screen* untuk pengolahan citra SPOT 6 tahun 2015. Karakteristik citra dapat diinterpretasikan berdasarkan tekstur, pola, warna/rona, ukuran, bentuk, bayangan, asosiasi spasial (Lillesand and Kiefer, 1997) dan hubungan objek dengan interpreter (Munibah, 2008). Penggunaan lahan pada lokasi penelitian dikelaskan menjadi 8 kelas yaitu pemukiman, sawah, tanah ladang, kebun campuran, semak belukar, empang, hutan, dan taman/rumput. Validasi dilakukan secara statistik (*random sampling*) dengan pendekatan '*point sampling accuracy*' untuk menguji kebenaran hasil klasifikasi pada citra dan kondisi dilapang yang didasarkan pada nilai kappa (Jansen, 1996). Informasi mengenai penggunaan lahan digunakan untuk menganalisis arahan mitigasi banjir.

$$Kappa Accuracy = \frac{N \sum_{i=1}^r x_{ii} - \sum_{i=1}^r (x_{i+} \times x_{+i})}{N^2 - \sum_{i=1}^r (x_{i+} \times x_{+i})} \dots (1)$$

Dimana:

- x+i : Jumlah titik hasil interpretasi kelas ke-i
- xi+ : Jumlah titik hasil validasi kelas ke-i
- xii : Jumlah jenis penggunaan lahan ke-i hasil interpretasi yang bersesuaian dengan penggunaan lahan hasil validasi
- i : Baris atau kolom
- r : Jumlah tipe penggunaan lahan
- N : Jumlah titik penggunaan lahan yang dilakukan validasi

Analisis Bahaya

Analisis bahaya banjir merupakan upaya untuk mengetahui seberapa besar atau luas ancaman bencana banjir yang dihadapi masyarakat pada suatu wilayah. Pada penelitian ini indeks bahaya banjir dianalisis dengan memanfaatkan data DEM yang digunakan untuk menghitung indeks kebasahan topografi yang telah dimodifikasi (Manfreda *et al.*, 2011). Modifikasi Topografi Wetness Indeks (MTWI) dibandingkan dengan hasil

simulasi hidrolik dengan nilai $R^2 = 0.822$. Adapun persamaan MTWI adalah sebagai berikut :

$$MTWI = \frac{\alpha_d^n}{\tan(\beta)} \dots \dots \dots (2)$$

Dimana:

- MTWI : modifikasi topografi wetness indeks,
- Ad : nilai akumulasi aliran berdasarkan analisis data DEM,
- tan (β) : merupakan tingkat perubahan elevasi yang dinyatakan dalam derajat, dan
- n : nilai eksponensial.

Dengan menggunakan formula tersebut, (Manfreda *et al.*, 2011) membuat sebuah script dalam bentuk format python yang dapat dijalankan pada *software* GRASS GIS. Namun pada penelitian ini format python diterapkan dengan menggunakan *software* ArcGis 10 dengan memanfaatkan *tools raster calculator*. Melalui *script* tersebut nilai n dihitung dengan formula $n = 0.016 \times 0.46$, dimana x adalah resolusi DEM. Setelah dihasilkan peta indeks topografi, daerah rawan banjir dapat diidentifikasi melalui penggunaan nilai ambang batas (τ) dimana daerah rawan banjir adalah area yang mempunyai nilai indeks topografi lebih besar dari nilai ambang batas ($MTI > \tau$). Adapun nilai dari τ , yaitu $\tau = 10.89n + 2.282$.

Analisis MTWI hanya menghasilkan informasi daerah rawan banjir (*Flood Prone Area*), sehingga masih diperlukan analisis tambahan untuk menentukan indeks bahaya banjir. Indeks bahaya banjir dianalisis dengan pendekatan elevasi dengan asumsi bahwa elevasi yang lebih rendah dari tinggi muka air sungai maka akan menjadikan indeks bahaya banjir semakin tinggi. Berdasarkan data kejadian banjir sepuluh tahun terakhir dari BPBD Kabupaten Bandung, tinggi muka air saat banjir dapat mengalami kenaikan setinggi 7-10 meter dari tinggi muka air normal, hal ini yang dijadikan dasar dalam penentuan kelas bahaya banjir.

Tinggi muka air normal sungai utama berdasarkan data DEM yaitu berkisar antara 655 – 660 meter di atas permukaan laut (mdpl) dan elevasi terendah pada daerah penelitian yaitu 645 mdpl sehingga dapat ditentukan bahwa kelas bahaya tinggi berada pada rentang elevasi 645 – 655 mdpl; bahaya sedang berada pada rentang > 655 – 660 mdpl; dan bahaya rendah > 660 mdpl. Pemeriksaan lapang dilakukan untuk melihat kesesuaian kondisi lapang dan hasil indentifikasi tingkat bahaya. Hal ini dilakukan untuk melihat apakah peta bahaya yang dihasilkan mampu mendekati kondisi realitas berdasarkan sejarah banjir.

Arahan Mitigasi Bencana

Arahan mitigasi bencana disusun berdasarkan hasil evaluasi peta bahaya banjir dengan peta penggunaan lahan yang digunakan sebagai zonasi wilayah dalam menentukan kebijakan arahan mitigasi. Kebijakan arahan mitigasi disusun dengan menggunakan metode analisis deskriptif kualitatif (Sari, 2016).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Bahaya Banjir

Nilai indeks kelembapan topografi pada lokasi penelitian berkisar antara -0.03 sampai 7.85. Nilai indeks kelembapan topografi dapat menentukan kondisi kebasahan dalam suatu DAS dengan mengasumsikan bahwa tinggi muka air tanah mengikuti gradien permukaan. Model indeks kelembapan topografi telah banyak digunakan untuk memahami pola aliran dari topografi yang ada. Tingginya nilai indeks kelembapan topografi suatu wilayah menunjukkan bahwa wilayah tersebut merupakan areal-areal jenuh air yang memiliki potensi banjir yang tinggi. Sejalan dengan pendapat Grabs *et al.* (2009) yang menyatakan bahwa indeks kelembapan topografi berperan penting dalam menentukan pola spasial terhadap areal-areal jenuh air.

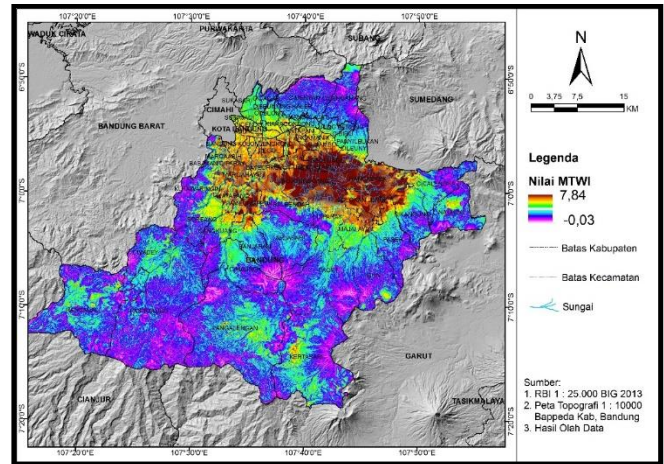
Berdasarkan hasil analisis, wilayah Cekungan Bandung memiliki indeks kelembapan topografi yang tinggi. Hal ini menunjukkan bahwa wilayah tersebut berpotensi terhadap bencana banjir, dimana air akan berkumpul pada wilayah cekungan terendah. Pada penelitian ini daerah rawan banjir (*flood prone area*) didapatkan melalui penggunaan nilai ambang batas. Daerah rawan banjir adalah daerah yang mempunyai nilai indeks kelembapan topografi lebih besar dari nilai ambang batas (Manfreda *et al.*, 2011). Nilai ambang batas untuk DEM dengan resolusi spasial 30 x 30 m adalah 3.114959. Daerah rawan banjir digunakan sebagai acuan dalam menentukan indeks kelas bahaya. Hasil MTWI dan daerah rawan banjir disajikan pada Gambar 2 dan 3.

Berdasarkan hasil analisis tingkat bahaya banjir (Gambar 4), luas kelas bahaya tinggi di lokasi penelitian mencakup luasan sebesar 1,293.73 ha atau 2.36 % dari total luas daerah rawan banjir, bahaya sedang seluas 3,916.14 ha (7.15%), bahaya rendah seluas 49,587.12 ha (90.49%). Secara administrasi Kecamatan Baleendah, Ciparay, Katapang, Dayeuhkolot, dan Bojongsoang merupakan lokasi dengan bahaya tinggi yang cukup luas.

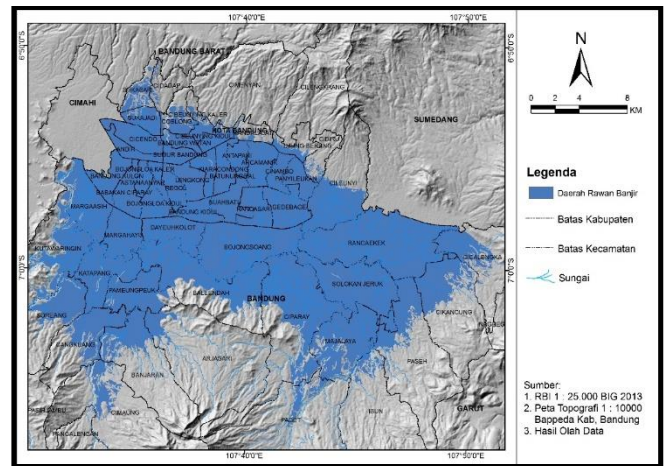
Hasil pemeriksaan lapang peta bahaya dengan data riwayat banjir memberikan nilai akurasi sebesar 80.39%, hal ini menunjukkan peta bahaya yang dihasilkan mampu mendekati kondisi sebenarnya. Matriks kesalahan (*confusion matrix*) kelas bahaya banjir dengan riwayat kejadian banjir disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Matriks kesalahan (*confusion matrix*) kelas bahaya banjir dengan riwayat kejadian banjir

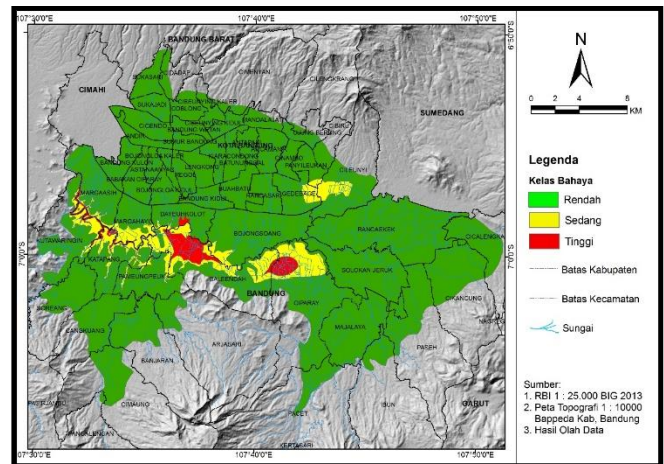
Frekuensi Banjir	Kelas Bahaya			Accuracy (%)
	Rendah	Sedang	Tinggi	
Aman	16			80.39
Sering (1 kali setahun)	3	13		
Sangat Sering (≥ 3 kali setahun)		2	17	



Gambar 2. Peta indeks kelembapan topografi



Gambar 3. Peta daerah rawan banjir



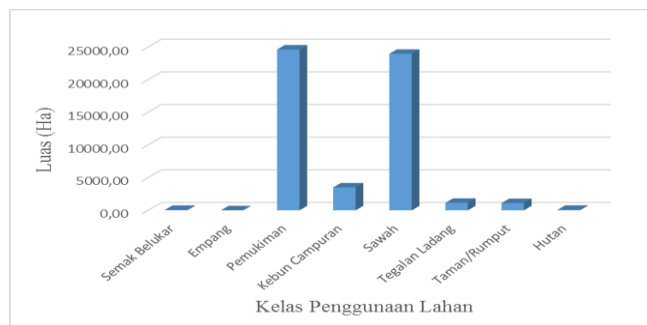
Gambar 4. Peta bahaya banjir

Penggunaan Lahan

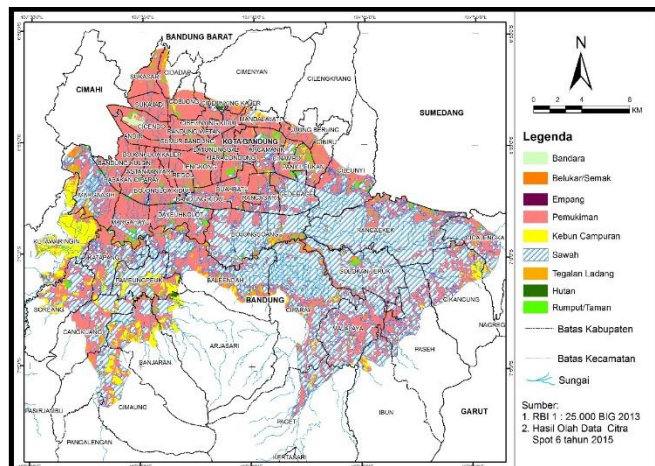
Hasil interpretasi citra SPOT 6 tahun 2015 menggambarkan distribusi penggunaan lahan di wilayah Cekungan Bandung. Penggunaan lahan terdiri dari 8 kelas yaitu pemukiman, sawah, tanah ladang, kebun campuran, semak belukar, empang, hutan, dan taman/rumput. Luas penggunaan seluruhnya dalam penelitian yaitu 54,797 ha.

Penggunaan lahan Pemukiman merupakan penggunaan lahan yang mendominasi diikuti oleh Sawah di wilayah Cekungan Bandung. Banyaknya penggunaan lahan pemukiman di wilayah Cekungan Bandung menandakan banyaknya penduduk yang bermukim dan banyaknya infrastruktur yang terbangun. Penggunaan lahan pemukiman terluas berada pada bagian utara Cekungan Bandung yang merupakan pusat Kota Bandung. Luas masing-masing kelas penggunaan lahan disajikan secara grafik pada Gambar 5.

Hasil validasi memberikan nilai kappa akurasi sebesar 89%. Nilai tersebut sudah memenuhi persyaratan validasi hasil interpretasi sehingga peta penggunaan lahan dapat digunakan dalam penelitian. Sebuah peta hasil interpretasi dapat dikatakan baik jika memiliki akurasi lebih dari 85% (Jensen, 1996). Sebaran penggunaan lahan di di wilayah Cekungan Bandung pada tahun 2015 disajikan pada Gambar 6.



Gambar 5. Penggunaan lahan di lokasi penelitian



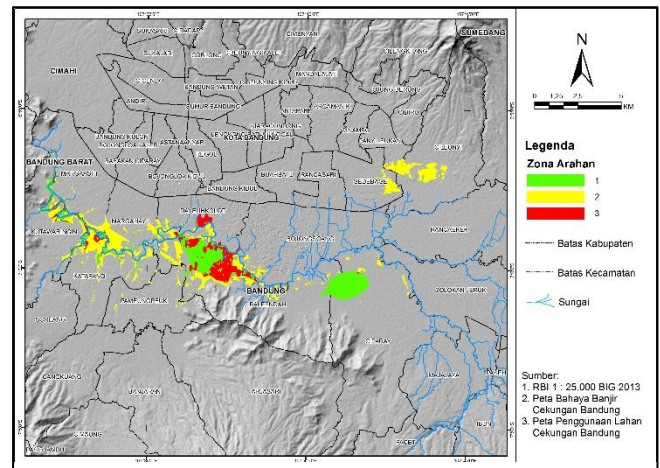
Gambar 6. Peta penggunaan lahan

Arahan Mitigasi Bencana Banjir

Mitigasi Banjir di Cekungan Bandung

Arahan mitigasi banjir di Cekungan Bandung disusun secara deskriptif pada wilayah risiko sedang dan tinggi yang kemudian dibagi ke dalam 3 zona (Gambar 7). Zona 1 merupakan daerah bahaya tinggi dengan penggunaan lahan yang didominasi sawah. Zona 2 merupakan daerah bahaya sedang dengan penggunaan lahan pemukiman. Zona 3 merupakan daerah bahaya tinggi dengan penggunaan lahan yang didominasi pemukiman. Berdasarkan karakteristik wilayahnya, zona 3 merupakan zona prioritas dalam penanggulangan banjir di wilayah Cekungan Bandung. Pembuatan saluran drainase tambahan

sebagai saluran pengendali banjir di zona ini diharapkan mampu untuk mengurangi tingkat bahaya.



Gambar 7. Peta arahan mitigasi banjir

Saluran drainase yang ada pada zona tersebut belum mampu untuk mengalirkan air sehingga dibutuhkan saluran yang lebih besar dan dibuat dengan rekayasa teknik sipil untuk mengalirkan air dari cekungan terendah ke alur sungai di bawahnya. Selain itu, peningkatan kapasitas masyarakat melalui program penyuluhan pengelolaan lingkungan dan sampah, serta kemampuan tanggap bencana perlu dilakukan untuk mengurangi risiko dari bencana banjir.

Mitigasi Banjir di DAS Citarum Hulu

Permasalahan utama pada bagian hulu wilayah Sungai Citarum adalah degradasi fungsi sumber daya air seperti luas lahan kritis mencapai 26,022.47 ha yang mengakibatkan aliran permukaan sebesar 3,632.50 juta m³ tahun⁻¹ dan sedimentasi 7,898.59 ton ha⁻¹ (BBWSC, 2011). Mitigasi banjir di DAS Citarum Hulu bertujuan untuk mengurangi debit aliran yang masuk ke Cekungan Bandung. Upaya yang dapat dilakukan dapat berupa:

1. Pengendalian pemanfaatan ruang di daerah hulu melalui penerapan pola penggunaan lahan yang sesuai dengan Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW) Provinsi Jawa Barat tahun 2009-2029. Pengendalian pemanfaatan ruang Das Citarum Hulu melalui penerapan pola penggunaan lahan yang sesuai dengan RTRW Provinsi Jawa Barat tahun 2009-2029 mampu menurunkan debit aliran sebesar 29% dari total debit aliran pada penggunaan lahan tahun 2015 (Listyarini, 2017).
2. Rehabilitasi hutan dan lahan terutama pada lahan kritis. Penghijauan pada lahan terbuka dan penggunaan teknik konservasi seperti pembuatan rorak pada lahan-lahan kritis. Berdasarkan hasil simulasi yang dilakukan (Listyarini, 2017), pembuatan rorak pada lahan kritis di DAS Citarum Hulu mampu menurunkan debit aliran sebesar 56% dari total debit aliran tanpa pembuatan rorak.
3. Penegakan hukum pada penggunaan lahan yang tidak sesuai dengan pola ruang RTRW 2009-2029 Provinsi Jawa Barat. Banyaknya pelanggaran terkait penggunaan lahan yang tidak sesuai dengan pola ruang merupakan salah satu penyebab meningkatnya debit

aliran yang masuk ke Cekungan Bandung. Upaya penegakan hukum selama ini dianggap belum maksimal sehingga perlu regulasi aturan yang tegas dari pemerintah.

SIMPULAN

Hasil analisis bahaya banjir menunjukkan bahwa 2.36% daerah Cekungan Bandung termasuk kelas bahaya tinggi, 7.15% termasuk bahaya sedang, dan 90.49% termasuk daerah bahaya rendah, dengan akurasi sebesar 80.39%. Arahan mitigasi banjir pada zona prioritas dilakukan dengan pembuatan saluran drainase tambahan untuk mengalirkan air dari cekungan terendah. Selain itu, perlu dilakukan pengendalian penggunaan lahan dengan cara penegakan hukum terhadap penggunaan lahan yang tidak sesuai Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW), serta dilakukan rehabilitasi hutan dan lahan pada lahan kritis di DAS Citarum Hulu.

DAFTAR PUSTAKA

- [BBWSC] Balai Besar Wilayah Sungai Citarum. 2011. *Rencana Penanggulangan Terpadu Wilayah Sungai Citarum 2010-2025*. Balai Besar Wilayah Sungai Citarum.
- [BNPB] Badan Nasional Penanggulangan Bencana. 2016. *Data Informasi Bencana Indonesia*. Badan Nasional Penanggulangan Bencana.
- Dasanto, B.D., B. Pramudya, R. Boer and Y. Suharnoto. 2014. Effects of forest cover change on flood characteristics in the upper Citarum Watershed. *Journal of Tropical Forest Management*, 20:141–149. doi: 10.7226/jtfm.20.3.141.
- Grabs, T., J. Seibert, K. Bishop and H. Laudon. 2009. Modeling spatial patterns of saturated areas: A comparison of the topographic wetness index and a dynamic distributed model. *Journal of Hydrology*, 373(1–2):15–23. doi: 10.1016/j.jhydrol.2009.03.031.
- Grimaldi, S., A. Petroselli, E. Arcangeletti and F. Nardi. 2013. Flood mapping in ungauged basins using fully continuous hydrologic – hydraulic modeling. *Journal of Hydrology*, 487:39–47. doi: 10.1016/j.jhydrol.2013.02.023.
- Jensen, J.R. 1996. *Introductory Digital Image Processing: A Remote Sensing Perspective 2nd Edition*. Prentice Hall, New Jersey.
- Kourgialas, N. Nektarios and G.P. Karatzas. 2017. A national scale flood hazard mapping methodology: The case of Greece – Protection and adaptation policy approaches. *Science of the Total Environment*, 601–602:441–52. doi: 10.1016/j.scitotenv.2017.05.197.
- Lillesand, T.M. dan R.W. Kiefer. 1997. *Penginderaan Jauh dan Interpretasi Citra*. Universitas Gajah Mada Press.
- Listyarini, D. 2017. Analisis bahaya banjir DAS Citarum Hulu menggunakan HEC HMS [Tesis]. IPB. Bogor.
- Manfreda, S., M. Di Leo and A. Sole. 2011. Detection of Flood-Prone Areas Using Digital Elevation Models. *Journal of Hydrologic Engineering*, 16:781–90. doi: 10.1061/(ASCE)HE.1943-5584.0000367.
- Manfreda, S., F. Nardi, S. Caterina, S. Grimaldi, C. Angela, R. Giorgio dan A. Sole. 2014. Investigation on the use of geomorphic approaches for the delineation of flood prone areas. *Journal of Hydrology*, 517:863–76. doi: 10.1016/j.jhydrol.2014.06.009.
- Munibah, K. 2008. Model spasial perubahan penggunaan lahan/penutupan lahan dengan pendekatan *cellular automata*: Studi kasus DAS Cidanau, Provinsi Banten. *Globe*, 10:108–20.
- Sari, V. 2016. Analisis risiko dan arahan mitigasi longsor di Kabupaten Agam Provinsi Sumatera Barat [Tesis]. IPB. Bogor.
- Shrestha, S. and W. Lohpaisankrit. 2016. Flood hazard assessment under climate change scenarios in the Yang River Basin, Thailand. *International Journal of Sustainable Built Environment*, 6:285-298. doi: 10.1016/j.ijsbe.2016.09.006.
- Tucker, G.E. and K.X. Whipple. 2002. Topographic outcomes predicted by stream erosion models: Sensitivity analysis and intermodel comparison. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 107(B9):ETG1-1-ETG1-16. doi: 10.1029/2001JB000162.
- Yulianto, F, M. Marfai, Parwati dan Suwarsono. 2009. Model simulasi luapan banjir sungai Ciliwung di wilayah Kampung Melayu–Bukit Duri Jakarta. *Jurnal Penginderaan Jauh*, 6:43–53.