

Vol. 3 No. 1 (2022), Halaman 23-29



GEOGRAPHIA

Jurnal Pendidikan dan Penelitian Geografi

ISSN: 2774-6968

ANALISIS PERUBAHAN PENGGUNAAN LAHAN UNTUK EVALUASI KEJADIAN BANJIR DI KOTA MANADO

Helena Sri Sulastriningsih^{1*}, Murni Sulistyaningsih², Irfan Rifani³, Muhamad Isa Ramadhan⁴

¹Program Studi Geografi, Universitas Negeri Manado Indonesia

*Email: hs_sulastri@unima.ac.id

²Program Studi Pendidikan Matematika, Universitas Negeri Manado Indonesia

Email: murni_sulistyaningsih@unima.ac.id

³Jurusan Pendidikan Geografi, Universitas Negeri Manado Indonesia

Email: irfanrifani@unima.ac.id

⁴Jurusan Pendidikan Geografi, Universitas Negeri Manado Indonesia

Email: muhamadramadhan@unima.ac.id

Website Jurnal: <http://ejurnal.unima.ac.id/index.php/geographia>



Akses dibawah lisensi CC BY-SA 4.0 <http://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>

DOI: 10.53682/gjppg.v3i1.3554

(Diterima: 05-03-2022; Direvisi: 14-04-2022; Disetujui: 24-06-2022)

ABSTRACT

This study aims to evaluate land-use changes in the city of Manado against the occurrence of floods in 2021. Analysis of land-use changes was carried out using the overlay method on maps in 2013 and 2020 with the help of GIS. The runoff coefficient value is obtained based on the land use approach by using the runoff coefficient value table to determine the relationship between land use and runoff. The results of the study show that in the period 2013–2020 there have been changes in land use that disrupt hydrological functions. Forest land, mixed gardens, and shrubs decreased by 529.83 ha (3.48%), and conversely built-up land and open land increased by 124.14 ha (0.83%) which triggered an increase in surface runoff causing flooding. The increasing fulfillment of living needs along with population growth of 34,339 people (8.18%) in 7 years requires additional land for settlement, agriculture, and supporting infrastructure. Land-use change weakens hydrological functions and contributes to increased runoff. 17% of the rainfall in 2013 and 18% in 2020 will be a runoff. Rainfall in January 2014 and January 2021 was classified as very high (>500 mm). It can be stated that the flash floods that occurred in Manado in January 2014 and 2021 were triggered by land use and high rainfall factors.

Keywords: Flood, Runoff, Land-use, Vegetation.

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi perubahan penggunaan lahan di Kota Manado terhadap kejadian banjir pada tahun 2021. Analisis perubahan penggunaan lahan dilakukan dengan metode overlay terhadap peta tahun 2013 dan 2020 dengan bantuan SIG. Besaran nilai koefisiensi runoff diperoleh berdasarkan pendekatan penggunaan lahan dengan menggunakan tabel nilai koefisiensi limpasan untuk mengetahui hubungan antara penggunaan lahan dan aliran permukaan. Hasil penelitian menunjukkan dalam kurun waktu tahun 2013–2020 telah terjadi perubahan penggunaan lahan yang mengganggu fungsi hidrologis. Lahan hutan, kebun campuran dan semak belukar berkurang seluas 529,83 ha (3,48 %), dan sebaliknya lahan terbangun dan lahan terbuka bertambah seluas 124,14

ha (0,83%) yang memicu peningkatan aliran permukaan penyebab banjir. Meningkatnya pemenuhan kebutuhan hidup seiring dengan pertumbuhan penduduk sebesar 34.339 jiwa (8,18%) dalam kurun waktu 7 tahun menuntut penambahan lahan pemukiman, pertanian dan infrastruktur penunjang. Perubahan penggunaan lahan memperlemah fungsi hidrolgis dan berkontribusi terhadap peningkatan aliran permukaan. Sebesar 17% dari curah hujan tahun 2013 dan 18% tahun 2020 menjadi aliran permukaan. Curah hujan pada bulan Januari tahun 2014 dan Januari tahun 2021 tergolong sangat tinggi (>500 mm). Dapat dinyatakan bahwa banjir bandang yang terjadi di Manado pada bulan Januari tahun 2014 dan 2021 dipicu oleh faktor penggunaan lahan dan curah hujan tinggi.

Kata Kunci: Banjir, Limpasan, Penggunaan Lahan, Vegetasi.

PENDAHULUAN

Kota Manado yang berada di muara DAS Tondano, telah beberapa kali mengalami kejadian banjir. Berdasarkan catatan terdapat lima kejadian banjir besar di Manado, antara lain yang terjadi pada bulan Januari 2014 dan Januari 2021 (Sulastriningsih, 2020). Dari kejadian banjir tersebut, kejadian banjir pada bulan Januari 2014 adalah yang terbesar, dan bahkan dapat dikatakan sebagai banjir bandang. Menurut laporan dari beberapa peneliti maupun instansi terkait, peristiwa banjir yang terjadi di Manado pada bulan Januari tahun 2014 dan tahun 2021 disebabkan oleh faktor utama yang berbeda. Banjir bandang tahun 2014 bukan karena faktor cuaca, melainkan karena hilangnya hutan dan sungai-sungai kecil di sekitar Manado, serta rusaknya daerah resapan akibat pembangunan kota yang serampangan yang menyebabkan sejumlah sungai di Manado tak mampu lagi menahan debit air hujan (Dayantolis & Heru Tribuwono, 2014). Volume dan area genangan akan meningkat seiring meningkatnya area urbanisasi (Farid et al., 2011; Moe et al., 2017; Ravi et al., 2021). Curah hujan pada saat banjir di Manado bukan faktor yang utama. Kondisi tutupan hutan di Sub-DAS Tondano, Paniki dan Malalayang yang masuk ke wilayah administrasi Kota Manado kurang dari 30%. Penggunaan lahan yang salah karena lebih dari 63% pemukiman di Kota Manado berada pada kawasan yang mempunyai kelerengan di atas 26%. Banyaknya kawasan pemukiman yang berada di bantaran sungai merupakan faktor pendorong terjadinya banjir.

Badan Penanggulangan Bencana Daerah (BPBD) Kota Manado melaporkan hujan sebagai salah satu penyebab utama terjadinya banjir pada Januari 2021, dimana hujan dengan intensitas tinggi memicu debit air di daerah aliran sungai (DAS) Sawangan dan Tondano meluap. Demikian juga analisis yang dilakukan oleh Badan Meteorologi, Klimatologi dan

Geofisika (BMKG) memberikan analisis bahwa hujan lebat merupakan faktor penyebab bencana banjir Manado pada Januari 2021. Akibatnya sembilan (9) kecamatan di Manado terkena banjir, berarti hampir seluruh wilayah Kota Manado pada bulan Januari 2021 tergenang banjir. Luas wilayah yang tergenang banjir pada saat itu diperkirakan seluas 2.040 hektare dengan ketinggian air antara 50 – 400 cm.

Mencermati kejadian banjir bandang yang terjadi di Manado pada bulan Januari 2014 dan Januari 2021 sebagaimana diuraikan di atas, ternyata memiliki faktor penyebab yang berbeda. Banjir tahun 2014 bukan karena curah hujan yang tinggi, melainkan karena faktor penggunaan lahan, sedangkan kejadian banjir tahun 2021 faktor penyebab utamanya adalah hujan yang tinggi. Selama kurun waktu 7 tahun (2014 - 2021) sudah barang tentu telah terjadi perubahan penggunaan di Kota Manado. Namun demikian, seberapa luas perubahan tersebut terjadi dan seberapa besar pengaruhnya terhadap kejadian banjir di Kota Manado pada tahun 2021 masih perlu dilakukan penelitian. Demikian juga, seberapa besar dampak perubahan penggunaan lahan terhadap banjir di Manado memerlukan penelitian yang mendalam.

Perubahan penggunaan lahan yang digunakan sebagai dasar untuk mengevaluasi kejadian banjir bulan Januari 2014 dan 2021 adalah penggunaan lahan tahun 2013 dan 2020. Penggunaan lahan tersebut dideteksi menggunakan citra satelit dengan bantuan teknologi penginderaan jauh (*remote sensing*) dan Sistem Informasi Geografi (SIG). Mendasarkan pada latar belakang di atas, penelitian ini bertujuan mengetahui perubahan penggunaan lahan di Kota Manado dalam kurun waktu 7 tahun (2013-2020) sebagai dasar mengevaluasi apakah penggunaan lahan

menjadi faktor pemicu kejadian banjir pada bulan Januari 2021.

METODE

Lokasi penelitian berada di Kota di Manado Provinsi Sulawesi Utara, yang secara geografi terletak pada 1°30'-1°40' LU dan 124°40'-126°50' BT. Namun demikian, penelitian ini hanya mencakup wilayah kota Manado daratan. Variabel yang diamati dalam penelitian ini adalah perubahan penggunaan lahan tahun 2013-2020 yang menyangkut luas dan jenis penggunaan lahan untuk mengevaluasi kejadian banjir bulan Januari tahun 2014 dan 2021. Data penggunaan lahan diperoleh berdasarkan nilai indeks vegetasi (NDVI) yang diturunkan dari citra Landsat 8 path/row : 112/059 perekaman tanggal 2 Juli 2013 dan 10 Nopember 2020. Nilai NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*) diperoleh dengan menganalisis citra landsat 8 OLI band 4 (Red) dan band 5 (NIR) menggunakan *software* ILWIS 3.8. Klasifikasi penggunaan lahan dilakukan dengan metode tak terbimbing (*unsupervised classification*) dengan teknik *density slicing* (Ekadinata et al., 2008). Evaluasi perubahan penggunaan lahan dilakukan dengan cara membandingkan peta penggunaan lahan tahun 2013 dan 2020 dengan teknik *overlay* menggunakan *software* ArcView GIS 3.3. Untuk menghitung nilai koefisien limpasan (nilai C) dilakukan dengan menggunakan pendekatan penggunaan lahan yaitu, berdasarkan tabel nilai koefisien dengan rumus sebagai berikut (Indrawan, 2018; Suripin & Kurniani, 2016):

$$C_k = \sum \frac{C.A}{A}$$

Ck : Nilai C komposit (gabungan)

c : nilai koefisien masing-masing penggunaan lahan

A : Luas setiap penggunaan lahan

HASIL PENELITIAN

Perubahan Penggunaan Lahan

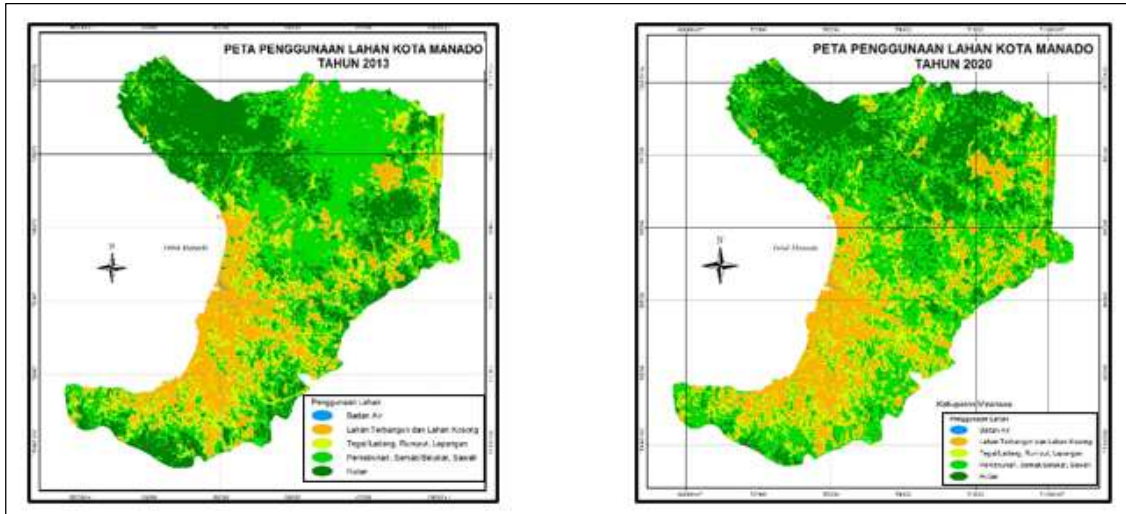
Penelitian ini dilakukan di wilayah Kota Manado, khususnya wilayah Manado daratan dengan luas wilayah 13784,11 ha. Hasil penelitian yang diperoleh sesuai dengan tujuan yang diharapkan. Perubahan penggunaan lahan merupakan salah satu fenomena yang tidak dapat dihindari dan terjadi hampir di seluruh bagian dunia. Kondisi ini merupakan dampak dari peningkatan jumlah penduduk dan upaya pemenuhan kebutuhan hidup. Penggunaan lahan yang diamati dalam penelitian ini adalah penggunaan lahan tahun 2013 dan 2020 untuk mengevaluasi kejadian banjir pada bulan Januari tahun 2014 dan tahun 2021. Penggunaan lahan dalam penelitian ini diklasifikasikan menjadi lima kelompok yaitu, (1) badan air, (2) lahan terbangun dan lahan kosong, (3) tegal/ladang, tanaman rumput, lapangan, (4) perkebunan, semak-belukar, sawah, dan (5) hutan. Berdasarkan hasil analisis citra satelit tahun 2013 dan tahun 2020 diperoleh tersaji dalam Tabel 1 dan Gambar 1.

Penggunaan lahan tahun 2013 menunjukkan lahan perkebunan, semak-belukar dan sawah seluas 5425,913 ha (39,36%), hutan 3826,505 ha (27,76%), lahan terbangun dan lahan kosong atau lahan terbuka seluas 2397,163 ha (17,39%), dan penggunaan lahan untuk tegal, tanaman rumput dan lapangan menempati luas 2128,152 ha (15,44%). Jika dibandingkan dengan penggunaan lahan tahun 2013, sebaran tipe penggunaan lahan tahun 2020 mengalami perubahan, baik penyempitan maupun perluasan.

Tabel 1. Luas dan Perubahan Penggunaan Lahan Kota Manado Tahun 2013 dan 2020

Penggunaan Lahan	Luas (ha)		Persen (%)		Perubahan	
	2013	2020	2013	2020	Luas	Persen
Badan Air	6,372	5,30	0,05	0,04	-1,08	-0,01
Lahan Terbangun dan Lahan Kosong	2.397,163	2.511,40	17,39	18,22	114,24	0,83
Tegal/Ladang, Lapangan, Rumput	2.128,152	2.544,83	15,44	18,46	416,68	3,02
Perkebunan, Semak/Belukar, Sawah	5.425,913	5.363,94	39,36	38,91	-61,97	-0,45
Hutan	3.826,505	3.358,64	27,76	24,37	-467,86	-3,39
Jumlah	13.784,11	13.784,11	100,00	100,00		

Sumber: Hasil analisis citra, 2021.



Gambar (a) Gambar (b)
Gambar 1. Peta Penggunaan Lahan Kota Manado Tahun 2013 (gambar a) dan Tahun 2020 (gambar b)

Penggunaan lahan perkebunan, semak-belukar dan sawah pada tahun 2020 menyusut menjadi 5363,94 ha (38,91%), yang berarti terjadi berkurang seluas -61,97 ha (-0,45%) dibandingkan tahun 2013. Penyempitan juga terjadi pada lahan hutan seluas -467,86 ha (-3,39%), dari luas hutan sebesar 3826,505 ha (27,76%) pada tahun 2013 menjadi 3358,64 ha (24,37%) pada tahun 2020. Di pihak lain penggunaan lahan untuk tegal/ladang, tanaman rumput dan lapangan pada tahun 2020 mengalami penambahan sebesar 416,68 ha (3,02%), dari 2128,152 ha (15,44%) pada tahun 2013 menjadi 2544,83 ha (18,46%) pada tahun 2020. Lahan terbangun dan lahan terbuka juga mengalami penambahan seluas 114,24 ha (0,83) dalam kurun waktu 7 tahun, yaitu dari 2397,163 ha (tahun 2013) menjadi 2511,40 ha (tahun 2020). Gejala tersebut berpotensi meningkatkan aliran permukaan yang mengancam bencana banjir.

Faktor Pengendali Perubahan Penggunaan Lahan

Perubahan penggunaan lahan di suatu wilayah akan selalu terjadi seiring dengan peningkatan kebutuhan hidup sebagai akibat pertumbuhan penduduk. Jumlah penduduk di Kota Manado dalam kurun waktu 7 tahun (2013 – 2020) bertambah sebesar 8,18% atau 34.339 jiwa, dari 419.596 jiwa pada tahun 2013 menjadi 453.935 jiwa pada tahun 2020. Artinya setiap tahun Kota Manado bertambah penduduk sebanyak 4.905 jiwa (1,17%). Semua

kecamatan di Kota Manado mengalami pertumbuhan penduduk, dan pertumbuhan di atas 10% yang terjadi di kecamatan Mapanget (21,28%), kecamatan Bunaken (16,98 %), dan kecamatan Singkil (11,47%). Pertumbuhan penduduk yang tinggi berdampak terhadap pemenuhan kebutuhan ruang untuk tempat tinggal, lahan pertanian dan infrastruktur penunjang lainnya. Akibatnya adalah berkurangnya ruang terbuka hijau yang berfungsi meningkatkan infiltrasi, dan sebaliknya memperbesar limpasan yang menyebabkan terjadinya banjir.

Pengaruh Perubahan Penggunaan Lahan Terhadap Banjir

Aliran permukaan atau limpasan (*run off*) merupakan air hujan yang tidak dapat ditahan oleh tanah dan vegetasi yang akhirnya mengalir di permukaan tanah. Penggunaan lahan dengan vegetasi lebat dapat memaksa air hujan tertahan pada vegetasi (*intersepsi*) dan meresap ke dalam tanah (*infiltrasi*) melalui vegetasi dan seresah daun, sehingga limpasan menjadi kecil. Sebaliknya, pada lahan terbuka atau tanpa vegetasi, air hujan yang jatuh ke permukaan tanah sebagian besar akan menjadi aliran permukaan yang menuju sungai sehingga aliran sungai meningkat dengan cepat.

Besaran debit limpasan dapat diidentifikasi melalui nilai koefisiensi limpasan, dengan menggunakan rumus koefisien limpasan maupun dengan menggunakan pendekatan penggunaan lahan. Penelitian ini

menggunakan pendekatan penggunaan lahan untuk menghitung nilai koefisien limpasan atau nilai koefisien C. Berdasarkan hasil perhitungan

diperoleh nilai koefisiensi C sebagaimana pada Tabel 2.

Tabel 2. Nilai Koefisien Limpasan di Kota Manado pada Tahun 2013 dan 2020

Penggunaan Lahan	Nilai C	Tahun 2013			Tahun 2020		
		Luas (A)	C x A	$\sum \frac{C.A}{A}$	Luas (A)	C x A	$\sum \frac{C.A}{A}$
Badan Air	0.05	6.37	0.32		5.30	0.26	
Lahan Terbangun dan Lahan Kosong	0.4	2397.16	958.87		2511.40	1004.56	
Ladang, Lapangan, Rumput	0.1	2128.15	212.82		2544.83	254.48	
Perkebunan, Semak/Belukar, Sawah	0.21	5425.91	1121.36		5363.94	1108.55	
Hutan	0.03	3826.51	114.80		3358.64	100.76	
Jumlah		13784.11	2408.15	0.17	13784.11	2468.62	0.18

Sumber: Hasil penelitian, 2021.

Berdasarkan Tabel 2 menunjukkan bahwa nilai koefisien limpasan di Kota Manado mengalami perubahan dari 0,17 pada tahun 2013 menjadi 0,18 pada tahun 2020. Nilai koefisien tersebut menunjukkan bahwa tahun 2013 jumlah air hujan yang jatuh di wilayah Manado, 17 % diantaranya akan menjadi aliran permukaan, dan meningkat menjadi 18% pada tahun 2020. Perubahan nilai koefisien tersebut sebagai akibat terjadinya perubahan penggunaan lahan. Bilamana dikaitkan dengan curah hujan bulanan saat terjadi banjir pada bulan Januari tahun 2014 (423,50 mm) dan Januari tahun 2021 (485,20 mm) yang tergolong sangat tinggi, dapat diprediksi bahwa penggunaan lahan saat itu memberi kontribusi besar terjadinya banjir pada tahun 2021 atau tahun-tahun berikut.

PEMBAHASAN

Tata guna lahan atau penggunaan lahan di Manado telah mengalami perubahan selama kurun waktu 2013 sampai 2020. Hutan, kebun campuran, semak belukar dan sawah mengalami penyusutan seluas 529,83 ha (3,48 %), dan sebaliknya lahan terbangun dan lahan kosong mengalami peningkatan seluas 124,14 ha (0,83%). Perubahan penggunaan lahan tersebut mengganggu fungsi hidrologis DAS/sub-DAS yang memicu memperbesar aliran permukaan sebagai faktor penyebab banjir.

Tidak dapat dipungkiri bahwa perubahan penggunaan lahan, antara lain disebabkan oleh pertumbuhan penduduk yang terjadi di wilayah

tersebut. Jumlah penduduk Kota Manado tahun 2013 sebesar 419.596 jiwa dan meningkat menjadi 453.935 jiwa pada tahun 2020, artinya selama kurun waktu 7 tahun mengalami pertumbuhan sebesar 34.339 jiwa atau 8,18%. Pertumbuhan penduduk memerlukan penyediaan lahan untuk memenuhi kebutuhan hidup, antara lain untuk tempat tinggal, lahan pertanian maupun infrastruktur pendukung lainnya. Oleh karena itu, semakin tinggi tingkat pertumbuhan penduduk, akan semakin cepat penurunan tingkat kerapatan vegetasi sebagai penutup lahan. Perubahan penggunaan lahan yang terjadi di Manado antara tahun 2013 sampai 2020, antara lain disebabkan oleh bertambahnya penduduk yang diindikasikan dengan meningkatnya luas lahan terbangun, berkurangnya luas hutan, kebun campuran dan semak belukar.

Dampak selanjutnya dari perubahan penggunaan lahan adalah meningkatnya debit aliran permukaan yang berpotensi menyebabkan terjadinya banjir. Untuk mengevaluasi pengaruh perubahan penggunaan lahan terhadap limpasan dapat dideteksi menggunakan koefisien limpasan. Nilai koefisien limpasan menunjukkan seberapa besar jumlah curah hujan yang jatuh ke permukaan bumi menjadi aliran permukaan. Semakin tinggi nilai koefisien limpasan akan semakin besar aliran permukaan yang dihasilkan. Salah satu faktor penting yang memengaruhi nilai koefisien limpasan adalah penggunaan lahan atau tutupan lahan. Semakin rapat vegetasi akan semakin kecil limpasan, dan

sebaliknya limpasan akan menjadi besar apabila kerapatan vegetasi menjadi sangat jarang.

Hasil analisis koefisien limpasan di Manado tahun 2020 menunjukkan adanya peningkatan jika dibandingkan dengan tahun 2013. Koefisien limpasan tahun 2013 menunjukkan angka 0,17, yang artinya 17% dari curah hujan yang jatuh ke permukaan tanah di wilayah Manado berpotensi jadi aliran permukaan. Tahun 2020 tutupan vegetasi di Manado semakin memburuk sebagai akibat perubahan penggunaan lahan sehingga nilai koefisien limpasan meningkat menjadi 0,18. Artinya aliran permukaan yang terjadi pada saat banjir bulan Januari tahun 2021 lebih besar jika dibandingkan dengan kejadian banjir pada bulan Januari tahun 2014.

KESIMPULAN

Dalam kurun waktu 7 tahun (tahun 2013–2020) telah terjadi perubahan penggunaan lahan yang cenderung mengganggu fungsi hidrologis di Kota Manado. Penggunaan lahan hutan, kebun campuran dan semak belukar yang memiliki tingkat kerapatan vegetasi tinggi mengalami penyempitan seluas 529,83 ha (3,48 %), dan sebaliknya lahan terbangun dan lahan terbuka dengan kerapatan vegetasi sangat jarang, bahkan tidak bervegetasi mengalami penambahan seluas 124,14 ha (0,83%). Kondisi penggunaan lahan sebagaimana tersebut akan memicu peningkatan aliran permukaan yang menyebabkan terjadinya banjir.

Perubahan penggunaan lahan yang terjadi di Manado disebabkan oleh meningkatnya pemenuhan kebutuhan hidup seiring dengan pertumbuhan penduduk sebesar 34.339 jiwa atau 8,18% dalam kurun waktu 7 tahun. Peningkatan jumlah penduduk menuntut penambahan lahan untuk pemukiman, lahan pertanian dan pengembangan infrastruktur penunjang yang berdampak terhadap perubahan penggunaan lahan.

Akibat perubahan penggunaan lahan yang cenderung memperlemah fungsi hidrologis memberi kontribusi terhadap peningkatan aliran permukaan. Sebesar 17% dari curah hujan di Manado pada tahun 2013 menjadi aliran permukaan, dan pada tahun 2020 meningkat menjadi 18 %. Limpasan tersebut akan menjadi lebih besar apabila curah hujan semakin meningkat. Curah hujan di Manado pada bulan Januari tahun 2014 dan Januari

tahun 2021 tergolong sangat tinggi (> 500 mm), bahkan curah hujan harian tertinggi tergolong sangat lebat (> 100 mm). Itulah sebabnya pada saat hujan harian tertinggi pada bulan Januari tahun 2014 dan 2020 di Manado terjadi banjir bandang. Dapat dinyatakan bahwa banjir bandang yang terjadi di Manado pada bulan Januari tahun 2014 dan 2021 dipicu oleh faktor penggunaan lahan dan curah hujan yang tinggi.

SARAN

Berdasarkan perbandingan perubahan penggunaan lahan kurun waktu tahun 2013–2020, serta pertambahan penduduk kota Manado yang berimplikasi pada pemenuhan kawasan terbangun seyogyanya pemerintah Kota Manado dapat mengantisipasi pola-pola pembangunan yang tidak memperlemah fungsi hidrologi yang memberi kontribusi pada peningkatan aliran permukaan. Pembangunan jaringan drainase untuk kawasan terbangun seperti jalan, permukiman, perhotelan, kawasan bisnis, dan fasilitas umum lainnya dilakukan secara terintegrasi. Pembuatan biopori atau sumur resapan di badan jalan, permukiman, trotoar, dan parkir kawasan bisnis yang kemudian terintegrasi dengan drainase dimungkinkan menjadi solusi mengurangi lama dan luasnya genangan air atau banjir. Disamping itu kawasan sempadan sungai Tondano ditata sedemikian rupa agar aliran air tidak terhambat.

DAFTAR PUSTAKA

- Dayantolis, W., & Heru Tribuwono, F. 2014. *Tinjauan Klimatologis Banjir di Manado 15 Januari 2014*. <https://bencanasulut.wordpress.com/2014/01/26/tinjauan-klimatologis-banjir-di-manado-15-januari-2014/>
- Ekadinata, A., Dewi, S., Hadi, D., Nugroho, D., & Johana, F. 2008. *Sistem Informasi Geografis untuk Pengelolaan Bentang Lahan Berbasis Sumber Daya Alam*. Bogor, Yudhistira.
- Farid, M., Mano, A., & Udo, K. 2011. Distributed Flood Model for Urbanization Assessment In a Limited-Gauged River Basin. *WIT Transactions on Ecology and the Environment*, 146, 83–94.
- Indrawan, I. 2018. *Analisis Koefisien Aliran*

- Permukaan (C) Akibat Perubahan Tata Guna Lahan pada Daerah Aliran Sungai (DAS) Ular*. Tugas Akhir Fakultas Teknik Universitas Sumatera Utara.
- Moe, I. R., Kure, S., Januriyadi, N. F., Kazama, S., Udo, K., & Koshimura, S. 2017. Development of a Rainfall Runoff and Flood Inundation Model for Jakarta, Indonesia, and Its Sensitivity Analysis of Datasets to Flood Inundation. *World Environmental and Water Resources Congress 2017*, 104–116.
- Ravi, A., ‘Ain, H., Polonia, B. S. E., & Faisal, M. H. 2021. Evaluasi Pemodelan Banjir 2-D Kota Manado. *Jurnal Gradasi Teknik Sipil*, 5(2), 60–73.
- Sulastriningsih, H. S. 2020. *Analisis Potensi Rawan Banjir Menggunakan Sistem Informasi Geografi di Manado-Sulawesi Utara*. LPPM Universitas Negeri Manado.
- Suripin, S., & Kurniani, D. 2016. Pengaruh Perubahan Iklim terhadap Hidrograf Banjir di Kanal Banjir Timur Kota Semarang. *Media Komunikasi Teknik Sipil*, 22(2), 119–128.