

Analisis Debit Puncak dengan Membandingkan Penutupan Lahan Eksisting dan Rencana Tata Ruang di DAS Sario

Analysis of Peak Discharge by Comparing Existing Land Cover and Spatial Plan in Sario Watershed

Dyah Laras Pitaloka^a, Raymond Ch. Tarore^b, Esli D. Takumansang^c

^aProgram Studi Perencanaan Wilayah dan Kota Universitas Sam Ratulangi, Manado, Indonesia

^bProgram Studi Perencanaan Wilayah dan Kota Universitas Sam Ratulangi, Manado, Indonesia

^cProgram Studi Perencanaan Wilayah dan Kota Universitas Sam Ratulangi, Manado, Indonesia

dyahlaraspitaloka26@gmail.com

Abstrak

Banjir merupakan peristiwa yang disebabkan oleh meluapnya air dari batas tebing sungai dalam waktu singkat, mengakibatkan kerugian bagi banyak pihak. Di Indonesia, banjir terjadi secara berulang setiap tahun, terutama saat curah hujan meningkat. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis faktor-faktor penyebab banjir, dengan fokus pada debit puncak di Daerah Aliran Sungai (DAS) Sario, Kota Manado. Tiga unsur utama yang memicu bencana banjir adalah faktor meteorologi, karakteristik fisik DAS, dan aktivitas manusia. Debit puncak, yang merupakan volume maksimum air di aliran sungai dalam periode tertentu, menjadi indikator penting dalam memahami risiko banjir. DAS Sario, dengan luas ± 2.968 Ha dan kondisi topografi berbukit, berpotensi mengalami banjir bandang akibat faktor-faktor seperti penyempitan sungai dan curah hujan ekstrem. Penelitian ini menggunakan metode rasional untuk mengukur debit puncak dan menganalisis dampak perubahan penggunaan lahan terhadap aliran sungai dan risiko banjir. Hasil penelitian diharapkan dapat memberikan wawasan untuk perencanaan tata guna lahan yang lebih baik dan langkah-langkah yang tepat dalam mengurangi risiko bencana banjir di wilayah ini.

Kata kunci: Debit Puncak, DAS Sario, Metode Rasional

Abstract

Flood is an event caused by overflowing water from the edge of a river bank in a short time, causing losses to many parties. In Indonesia, floods occur repeatedly every year, especially when rainfall increases. This study aims to analyze the factors causing floods, focusing on the peak discharge in the Sario River Basin (DAS), Manado City. The three main elements that trigger flood disasters are meteorological factors, physical characteristics of the watershed, and human activities. Peak discharge, which is the maximum volume of water in the river flow in a certain period, is an important indicator in understanding flood risk. The Sario watershed, with an area of $\pm 2,968$ Ha and hilly topography, has the potential to experience flash floods due to factors such as river narrowing and extreme rainfall. This study uses a rational method to measure peak discharge and analyze the impact of land use changes on river flow and flood risk. The results of the study are expected to provide insight for better land use planning and appropriate steps to reduce the risk of flood disasters in this area.

Keyword: Peak Discharge, Sario Rational Method. Watershed

1. Pendahuluan

Peristiwa bencana banjir dapat diketahui dengan menganalisis beberapa faktor penting, seperti curah hujan, kondisi daerah aliran sungai (DAS), kapasitas saluran sungai, topografi dan geologi, sistem drainase, dan perubahan iklim. Debit puncak sendiri terasuk ke dalam faktor kondisi DAS. Meskipun debit puncak hanya merupakan salah satu dari banyaknya faktor-faktor penyebab banjir, namun nilai tinggi yang dihasilkan dari perhitungan debit puncak merupakan indikator penting untuk mempertimbangkan faktor lain agar mendapatkan gambaran akurat terkait resiko peristiwa bencana banjir. Debit puncak merupakan perhitungan volume maksimum air yang terjadi di suatu titik pada aliran sungai dalam beberapa periode tertentu. Debit puncak didapat dari hasil kombinasi beberapa macam faktor seperti curah hujan, koefisien limpasan, serta luas daerah aliran sungai.

DAS Sario sendiri memiliki luas ± 2.968 Ha terletak diantara Kabupaten Minahasa, Kota Manado, dan Kota Tomohon. Dengan letak yang meliputi Kecamatan Pineleng dan Tombulu di Kabupaten Minahasa, Kecamatan Tomohon Utara di Kota Tomohon, dan Kecamatan Sario, Wanea, Malalayang, dan Wenang di Kota Manado. DAS Sario berpotensi menjadi ancaman bencana seperti banjir. Penyebab banjir yang kompleks di DAS Sario mencakup penyempitan sungai oleh bangunan, kurangnya daerah resapan, kawasan hutan yang hanya beberapa persen dari luas DAS, dan faktor alam seperti curah hujan ekstrem. Meskipun demikian, untuk dapat memprediksi peristiwa banjir perlu melakukan beberapa perhitungan seperti analisis debit puncak, analisis kapasitas drainase, analisis faktor penyebab terjadinya banjir, dan sebagainya. Penelitian ini memiliki tujuan untuk melakukan analisis debit puncak menggunakan metode rasional dalam melakukan pengukuran debit puncak di DAS Sario Kota Manado. Melalui penelitian ini, diharapkan dapat mengukur dampak perubahan penggunaan lahan pada rencana pola ruang terhadap aliran sungai dan banjir, sehingga perencanaan tata guna lahan perlu memperhatikan potensi dampak terhadap debit puncak untuk mengurangi risiko bencana banjir. Dengan pengetahuan yang lebih baik tentang aspek yang mempengaruhi banjir di DAS Sario, langkah-langkah yang tepat dapat diambil untuk mengurangi risiko banjir dan menjaga keberlanjutan lingkungan di wilayah ini.

2. Metode

Penelitian ini menggunakan metode penelitian kuantitatif dengan menggunakan analisis rasional. Dimana, metodologi penelitian kuantitatif yang diterapkan pada penelitian ini memiliki tujuan untuk menganalisis debit puncak (banjir puncak) yang terjadi di Daerah Aliran Sungai (DAS) Sario pada kala ulang 5 hingga 100 tahun dengan menggunakan data tutupan lahan ekisting dan juga rencana pola ruang. Berikut adalah rumus rasional yang digunakan dalam penelitian ini.

$$Q_p = f \cdot C \cdot I \cdot A \quad (1)$$

Keterangan:

Q_p = Debit puncak (banjir puncak, debit maksimum, Q), ($m^3/detik$),

C = Koefisien aliran, besarnya ditentukan berdasarkan penutupan lahan (dilihat dari tabel),

f = Faktor konversi 0,278 untuk luas DAS/Sub-DAS (km^2), dan 0,00278 untuk luas DAS/SubDAS (ha),

I = Intensitas hujan yang lamanya sama dengan waktu konsentrasi (t_c) (mm/jam),

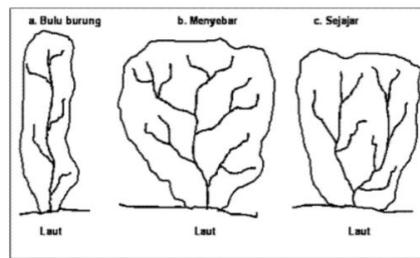
A = Luas DAS (km^2 atau ha).

3. Kajian literatur

3.1 Daerah Aliran Sungai

Pada Peraturan Pemerintah Nomor 37 tahun 2012, tertulis bahwa DAS atau yang disebut Daerah Aliran Sungai (DAS), adalah daerah daratan yang menjadi tempat perkumpulan antara sungai dengan anak-anak sungainya. DAS memiliki fungsi sebagai penampung, penyimpan, dan penyalur air hujan ke danau atau laut secara alami. DAS (daerah aliran sungai) terbagi menjadi 3 (tiga) segmen, dimana bagian hulu, bagian tengah, dan bagian bawah atau hilir. Bentuk DAS berpengaruh terhadap debit pengaliran, pola banjir dan debit puncak. Disamping itu, debit pengaliran, pola banjir dan debit puncak juga dipengaruhi oleh faktor topografi, iklim, jenis, dan juga vegetasi yang ada pada DAS itu sendiri. Jenis-jenis DAS di sistem sungai terbagi menjadi tiga, diantaranya: (1) Bulu burung, memiliki ciri-ciri sungai-sungai kecil yang berada pada sebelah kanan dan kiri tempat sungai utama dan mengalir langsung menuju

ke arah sungai utama, (2) Menyebar (radial), memiliki ciri-ciri sungai-sungai kecil yang terfokus menjadi satu titik secara radial, (3) Pararel (sejajar), memiliki ciri-ciri memiliki dua daerah aliran sungai yang kemudian menyatu di bagian hilir.



Gambar 1. Bentuk-Bentuk DAS
Sumber: didik suprayogo, dkk (2017)

3.2 Debit Puncak

Debit puncak adalah banyaknya air (volume) yang melintasi suatu penampang sungai pada satu waktu, biasanya diukur dalam meter kubik per detik ($m^3/detik$). Debit puncak rencana adalah debit maksimum yang diperkirakan akan terjadi pada suatu sungai dalam periode waktu tertentu. Untuk menganalisis debit puncak, berbagai metode dapat digunakan, seperti metode FSR Jawa-Sumatera, metode flood marking, metode Melchior, metode Weduwen, dan metode rasional.

3.3 Metode rasional

Metode Rasional USSCS (1973) merupakan metode umum yang biasanya dipakai untuk memperkirakan debit puncak. Metode ini relevan pada daerah aliran sungai (DAS) dengan luas hingga 5.000 hektar dan menghubungkan debit limpasan dengan curah hujan. Dua elemen penting dalam metode ini adalah waktu konsentrasi (t_c) dan intensitas curah hujan (i). Metode Rasional diasumsikan bahwa curah hujan memiliki intensitas yang seragam dan merata di seluruh wilayah aliran selama memiliki periode waktu yang setidaknya sama dengan waktu konsentrasi (t_c). Rumus metode rasional berisi perhitungan dari morfometri DAS, Koefisien Limpasan, dan intensitas hujan.

Morfometri DAS adalah ukuran kuantitatif dari karakteristik wilayah yang berhubungan dengan aspek-aspek geomorfologi pada daerah tersebut. Beberapa faktor yang termasuk dalam morfometri DAS adalah luas DAS, panjang DAS, perbedaan elevasi, dan kemiringan lereng. koefisien limpasan ini bisa digunakan sebagai paramaeter dalam menunjukkan kondisi fisik DAS. Nilai C yang besar mengindikasikan bahwa banyaknya proporsi curah hujan yang berubah menjadi limpasan daripada yang terserap ke dalam tanah pada saat proses infiltrasi. Intensitas curah hujan merujuk pada kedalaman air hujan yang jatuh per satuan waktu. Umumnya, intensitas curah hujan meningkat seiring dengan berkurangnya durasi hujan dan semakin tinggi periode ulangnya. Untuk menganalisis intensitas curah hujan, data curah hujan yang tercatat dapat diproses. Jika data hujan yang tersedia adalah data hujan harian maksimum dan tidak ada data hujan jangka pendek, maka intensitas hujan dapat dihitung menggunakan Rumus Mononobe.

$$I = \frac{X_{24}}{24} \times \frac{24}{t} \quad (2)$$

Keterangan:

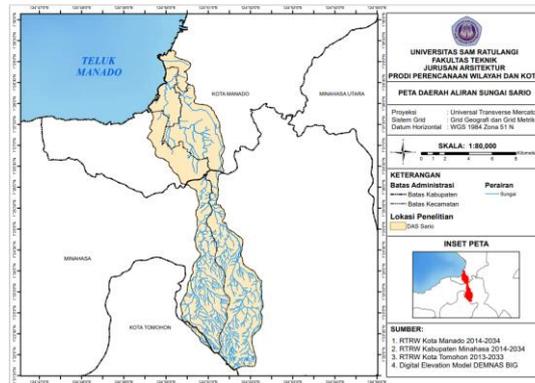
I : intensitas curah hujan (mm/jam)

X_{24} : tinggi hujan harian maksimum atau hujan rencana (mm)

t : durasi hujan atau waktu konsentrasi (jam)

4. Hasil dan Pembahasan

4.1 Morfometri DAS Sario



Gambar 2. Peta Daerah Aliran Sungai Sario

Morfometri DAS merupakan hal penting dalam penelitian ini karena berisi informasi geomorfologi suatu daerah seperti luas DAS, panjang DAS, ketinggian, kemiringan lereng, dll.

Tabel 1. Morfometri DAS Sario

Luas DAS (Ha)	2968
Panjang DAS	18259
Elevasi Terendah (m)	6.25
Elevasi Tertinggi (m)	1187.5
Beda Tinggi (m)	1181.25
Panjang Sungai Utama (km)	18.18
Elevasi Pada Jarak 10% Dari Outlet (m)	6.25
Elevasi Pada Jarak 85% Dari Outlet (m)	675
Gradient Sungai (%)	0.049
Waktu Konsentrasi/Tc (Jam)	1.98

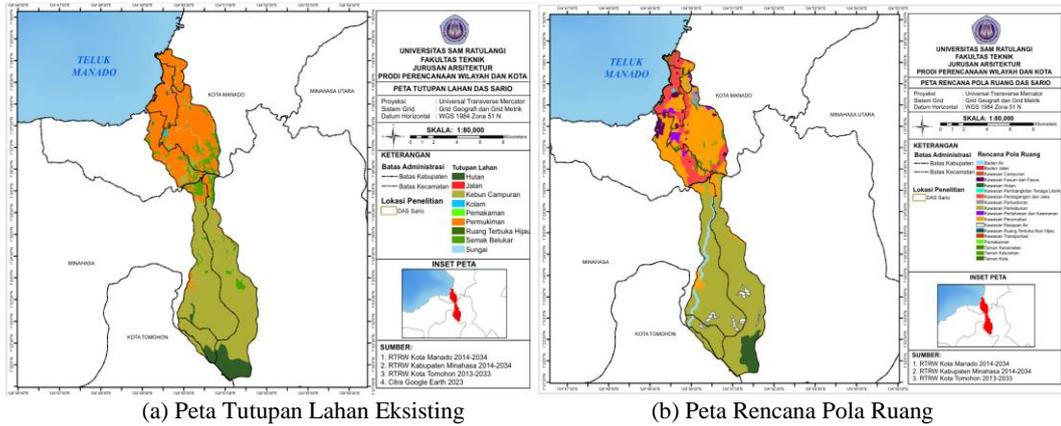
Keterangan:

- panjang DAS diukur dari outlet hingga ujung DAS
- elevasi terendah dan tertinggi dilihat dari kontur DAS
- beda tinggi didapat dari elevasi tertinggi dikurangi elevasi terendah
- panjang sungai utama diukur sepanjang sungai terpanjang sampai ke outlet
- elevasi 10% - 85% didapat dari kontur pada DAS

$$\bullet \text{ gradien sungai : } \frac{E_{85\%} - E_{10\%}}{0,75 \times \text{Luas DAS (m)}} \quad (3)$$

$$\bullet \text{ waktu konsentrasi (tc): } \frac{0,87 \times L^2}{1000 \times S} \quad (4)$$

4.2 Tutupan Lahan Eksisting dan Rencana Pola Ruang DAS Sario



Gambar 2. Peta Tutupan Lahan Eksisting dan Rencana Pola Ruang

Tabel 2. Perhitungan C Total untuk Tutupan Lahan Eksisting

No	Pola Ruang	Tutupan Lahan Eksisting	Luas	Koef C	Bobot	C Total
1.	Badan Air	Sungai	13.71	0.05	0.004	0.000
		Kolam	7.31	0.20	0.002	0.000
2.	Hutan	Hutan	174.70	0.30	0.058	0.017
3.	Badan Jalan	Jalan	31.72	0.80	0.010	0.008
4.	Pemukaman	Pemukaman	3.35	0.20	0.001	0.000
5.	Taman kota Taman kecamatan Taman kelurahan	RTH	6.89	0.20	0.002	0.000
		Semak Belukar	187.75	0.30	0.063	0.018
6.	Kawasan Perkebunan	Kebun Campuran	1508.20	0.40	0.508	0.203
7.	Kawasan Pembangkit Tenaga Listrik		2.36		0.000	0.000
8.	Kawasan Perumahan		758.94		0.255	0.178
9.	Kawasan Fasilitas Umum Dan Sosial		41.89		0.014	0.009
10.	Kawasan Ruang Terbuka Non Hijau		1.77		0.000	0.000
11.	Kawasan Campuran	Permukiman	32.07	0.70	0.010	0.007
12.	Kawasan Perdagangan Dan Jasa		149.18		0.050	0.035
13.	Kawasan Perkantoran		21.22		0.007	0.005
14.	Kawasan Transportasi		1.74		0.000	0.000
15.	Kawasan Pertahanan Dan Keamanan		26.00		0.008	0.006
16.	Kawasan Resapan Air	-	-	-	-	-
TOTAL						0.486

Berdasarkan analisis yang dilakukan, tutupan lahan eksisting DAS Sario, Kabupaten Minahasa didominasi oleh kebun campuran dengan luas 1426 ha dan juga hutan seluas 173 ha. Kota Tomohon juga

didominasi dengan kebun campuran seluas 26 ha, sedangkan Kota Manado didominasi oleh permukiman seluas 958 ha. hal ini dikarenakan deliniasi wilayah penelitian yang terletak di Kabupaten Minahasa dan Kota Tomohon terletak di daerah dataran tinggi, sedangkan Kota Manado terletak di daerah dataran rendah dan menuju pantai.

Tabel 3. Perhitungan C Total Untuk Pola Ruang

No.	Pola Ruang	Koef C	Luas	Bobot	C Total
1.	Badan Air	0.05	72.26	0.024	0.001
2.	Kawasan Hutan	0.30	107.92	0.036	0.010
3.	Badan Jalan	0.80	30.64	0.010	0.008
4.	Pemukaman	0.25	3.65	0.001	0.000
5.	Taman Kota		5.85	0.001	0.000
6.	Taman Kecamatan	0.20	22.33	0.007	0.001
7.	Taman Kelurahan		14.09	0.004	0.000
8.	Kawasan Perkebunan	0.40	1495.16	0.503	0.201
9.	Kawasan Pembangkit Tenaga Listrik		2.74	0.000	0.000
10.	Kawasan Perumahan		740.45	0.249	0.174
11.	Kawasan Fasilitas Umum Dan Fasilitas Sosial		52.09	0.017	0.012
12.	Kawasan Ruang Terbuka Non Hijau		1.80	0.000	0.000
13.	Kawasan Campuran	0.70	35.79	0.012	0.008
14.	Kawasan Perdagangan Jasa		270.48	0.091	0.063
15.	Kawasan Perkantoran		24.48	0.008	0.005
16.	Kawasan Transportasi		1.77	0.000	0.000
17.	Kawasan Pertahanan Dan Keamanan		40.25	0.013	0.009
18.	Kawasan Resapan Air	0.40	46.36	0.015	0.006
TOTAL					0.507

Peta pola ruang diatas merupakan gabungan dari tiga pola ruang yaitu pola ruang Kabupaten Minahasa, Kota Manado dan Kota Tomohon. Pola ruang yang telah digabungkan kemudian di overlay agar menyesuaikan batas DAS Sario. Berdasarkan tabel dibawah, dapat dilihat bahwa pola ruang di DAS Sario didominasi dengan kawasan perkebunan dan juga kawasan permukiman.

4.3 Hujan rencana dan intensitasnya

Analisis intensitas curah hujan digunakan agar dapat mengetahui nilai hujan rencana dengan menggunakan data curah hujan minimal 20 tahun terakhir dari stasiun hujan terdekat yang ada di lokasi penelitian. Penelitian ini menggunakan curah hujan dari stasiun hujan “stage of winangun”.

Tabel 4. Curah Hujan Harian Maksimum

Tahun	Curah Hujan Harian Maksimum	Tahun	Curah Hujan Harian Maksimum
2004	136	2014	170
2005	124	2015	139
2006	177	2016	216

2007	162	2017	221
2008	125	2018	88
2009	137	2019	140
2010	100	2020	115
2011	156	2021	259
2012	102	2022	134
2013	187	2023	145

Pada analisis frekuensi data hujan atau data debit berguna untuk mendapatkan nilai hujan rencana. Terdapat berbagai macam distribusi probabilitas kontinu yang biasanya digunakan diantaranya Gumbel, Normal, Log Normal, dan Log Pearson III.

Tabel 5. Distribusi Probabilitas Gumbel

Periode ulang (th)	n	Sn	Yn	Yt	K	X	S	Hujan rencana / XT (mm/hari)
2	20.00	1.063	0.5236	0.3665	(0.1478)	151.15	43.73	144.69
5	20.00	1.063	0.5236	1.4999	0.9185	151.15	43.73	191.31
10	20.00	1.063	0.5236	2.2504	1.6244	151.15	43.73	222.18
20	20.00	1.063	0.5236	2.9702	2.3016	151.15	43.73	251.79
50	20.00	1.063	0.5236	3.9019	3.1781	151.15	43.73	290.12
100	20.00	1.063	0.5236	4.6001	3.8349	151.15	43.73	318.84

Tabel 6. Distribusi Probabilitas Normal

Periode Ulang (th)	KT	X	S	Hujan Rencana / XT (mm/hari)
2	0	151.15	43.73	151.15
5	0.84	151.15	43.73	187.88
10	1.28	151.15	43.73	207.12
20	1.64	151.15	43.73	222.86
50	2.05	151.15	43.73	240.79
100	2.33	151.15	43.73	253.04

Tabel 7. Distribusi Probabilitas Log Normal

Periode Ulang (th)	KT	Log X	S Log X	Log XT	Hujan Rencana / XT (mm/hari)
2	0	2.1632	0.1205	2.16	145.61
5	0.84	2.1632	0.1205	2.26	183.83
10	1.28	2.1632	0.1205	2.32	207.70
20	1.64	2.1632	0.1205	2.36	229.51
50	2.05	2.1632	0.1205	2.41	257.16
100	2.33	2.1632	0.1205	2.44	277.93

Tabel 8. Distribusi Probabilitas Log Pearson III

Periode ulang (th)	KT (Cs = 0,28)	Log X	S Log X	Log XT	Hujan rencana / XT (mm/hari)
2	(0.047)	2.16	0.12	2.16	143.74
5	0.825	2.16	0.12	2.26	183.08
10	1.307	2.16	0.12	2.32	209.28
20	1.843	2.16	0.12	2.39	242.79

50	2.201	2.16	0.12	2.43	268.13
100	2.530	2.16	0.12	2.47	293.75

Tabel 9. Perbandingan Nilai χ^2 Terhadap χ^2_{cr}

No.	Distribusi Probabilitas	X2 terhitung	χ^2_{cr}	Kesimpulan
1	Gumbel	1.00	7.82	Diterima
2	Normal	8.80	7.82	Tidak Diterima
3	Log Normal	1.60	7.82	Diterima
4	Log Pearson III	11.20	7.82	Tidak Diterima

Berdasarkan tabel diatas, maka dapat disimpulkan bahwa hanya dua distribusi probabilitas yang bisa digunakan yaitu distribusi probabilitas gumbel dan distribusi probabilitas log normal. Namun distribusi probabilitas yang paling baik untuk menganalisis seri data curah hujan pada penelitian ini yaitu distribusi probabilitas gumbel.

Tabel 10. Intensitas Hujan Rencana

Durasi (jam)	Durasi (menit)	Hujan Rencana Gumbel (mm)					
		2	5	10	20	50	100
		144.69	191.31	222.18	251.79	290.12	318.84
		Intensitas hujan 2 tahun	Intensitas hujan 5 tahun	Intensitas hujan 10 tahun	Intensitas hujan 20 tahun	Intensitas hujan 50 tahun	Intensitas hujan 100 tahun
1.98	118.8	31.81	42.06	48.85	55.36	63.79	70.10

Kurve intensitas hujan rencana, jika data yang didapat merupakan data hujan harian, maka dapat dihitung dengan menggunakan rumus mononobe

4.4 Debit puncak DAS Sario

Analisis debit puncak ini menggunakan metode empiris yang salah satunya merupakan metode rasional yaitu metode tertua diantara rumus-rumus empiris yang lain dan juga dianggap sangat akurat untuk menduga puncak aliran.

Tabel 11. Nilai Debit Puncak Menggunakan Koefisien C Tutupan Lahan Eksisting

No	Periode Ulang	Hujan (mm)	Luas Das A (km ²)	Koefisien Limpasan (C)	Intensitas Hujan	Debit Puncak/ Qp (m ³ /Detik)
1	2	144.69	29.68	0.48	31.81	127.55
2	5	191.31	29.68	0.48	42.06	168.66
3	10	222.18	29.68	0.48	48.85	195.88
4	20	251.79	29.68	0.48	55.36	221.99
5	50	290.12	29.68	0.48	63.79	255.79
6	100	318.84	29.68	0.48	70.10	281.10

Tabel 12. Nilai Debit Puncak Menggunakan Koefisien C Pola Ruang

No	Periode Ulang	Hujan (mm)	Luas Das A (km ²)	Koefisien Limpasan (C)	Intensitas Hujan	Debit Puncak/ Qp (m ³ /Detik)
1	2	144.69	29.68	0.50	31.81	133.11
2	5	191.31	29.68	0.50	42.06	176.01
3	10	222.18	29.68	0.50	48.85	204.42
4	20	251.79	29.68	0.50	55.36	231.66
5	50	290.12	29.68	0.50	63.79	266.94
6	100	318.84	29.68	0.50	70.10	293.35

Berdasarkan hasil perhitungan yang telah dilakukan pada tabel diatas, didapatkan bahwa debit puncak yang dihasilkan menggunakan kedua koefisien limpasan dari tutupan lahan eksisting dan pola ruang tidak memiliki perbedaan yang begitu signifikan. Namun, hasil debit puncak yang menggunakan

koefisien limpasan dari pola ruang menghasilkan nilai yang lebih tinggi daripada debit puncak yang menggunakan koefisien dari tutupan lahan eksisting. Hal ini disebabkan karena pada pola ruang di dominasi oleh kawasan terbangun yang menyebabkan nilai koefisien yang dihasilkan lebih tinggi, sedangkan pada tutupan lahan eksisting memiliki beberapa daerah yang daya infiltrasinya tinggi sehingga koefisien limpasannya cenderung lebih kecil.

5. Kesimpulan

Tutupan lahan eksisting dan juga pola ruang berpengaruh terhadap debit puncak di DAS Sario karena mempunyai fungsi utama untuk menyerap air. Tutupan lahan yang baik dapat menurunkan aliran permukaan yang berperan sebagai salah satu penyebab terjadinya banjir disaat curah hujan meningkat. Berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan, tutupan lahan eksisting didominasi oleh kebun campuran sekitar 1508 ha dan permukiman 1035 ha, sedangkan dalam pola ruang didominasi oleh kawasan perkebunan sebesar 1495 ha dan kawasan perumahan sebesar 1169 ha. Hal ini yang menjadi alasan penyebab koefisien limpasan dari pola ruang lebih tinggi dari koefisien limpasan tutupan lahan sehingga menyebabkan nilai debit puncak yang lebih tinggi pula. Dari hasil analisis dapat dilihat bahwa debit puncak yang menggunakan nilai koefisien limpasan dari tutupan lahan eksisting memiliki nilai yang lebih kecil daripada debit puncak yang menggunakan nilai koefisien limpasan dari pola ruang. Nilai debit puncak yang menggunakan koefisien limpasan dari tutupan lahan eksisting yaitu pada kala ulang 2 tahun debit mencapai 127.55 m³/detik, kala ulang 5 tahun 165.66 m³/detik, kala ulang 10 tahun 195.88 m³/detik, kala ulang 20 tahun 221.99 m³/detik, kala ulang 50 tahun 255.79 m³/detik dan kala ulang 100 tahun 281.10 m³/detik. Sedangkan nilai debit puncak yang menggunakan koefisien limpasan dari pola ruang yaitu pada kala ulang 2 tahun debit mencapai 133.11 m³/detik, kala ulang 5 tahun 176.01 m³/detik, kala ulang 10 tahun 204.42 m³/detik kala ulang 20 tahun 231.66 m³/detik, kala ulang 50 tahun 266.94 m³/detik, dan kala ulang 100 tahun 293.35 m³/detik.

Referensi

- Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika. 2004-2023. *Data Curah Hujan Harian Maksimum Pos Hujan Stage Of Winangun*. Manado.
- Rencana Pola Ruang Kota Manado Tahun 2014-2034
- Rencana Pola Ruang Kabupaten Minahasa Tahun 2014-2034
- Rencana Pola Ruang Kota Tomohon Tahun 2013-2033
- Dessy A., K. M. 2015. Evaluasi Penggunaan Lahan Untuk Perkiraan Debit Banjir Rancangan Di Das Ciberang Provinsi Banten. *Tataloka*, Vol 17. No.2
- Fauzi, M. R. 2022. Analisis Pengaruh Perubahan Tutupan Lahan Terhadap Debit Banjir Pada Daerah Aliran Sungai Cilangla
- Fuad Halim. 2014. Pengaruh Hubungan Tata Guna Lahan Dengan Debit Banjir Pada Daerah Aliran Sungai Malalayang
- Heldy S., Arief F. 2017. Analisis Pengaruh Perubahan Tata Guna Lahan Terhadap Debit Banjir Di Wilayah Hilir Aliran Kali Angke. *Jurnal Konstruksia*, Vol 8. No.2
- Hendargi, F. 2023. Prediksi Perubahan Tutupan Lahan Terhadap Rencana Pola Ruang Kabupaten Belitung
- Mardeni, F. 2021. Pengaruh Perubahan Penggunaan Lahan Terhadap Perubahan Debit Puncak Banjir Di Sub DAS Sail
- Hunggul Y., Indah N., M. Kudeng. 2022. Pengelolaan Daerah Aliran Sungai (DAS) & Konservasi Tanah & Air Menjaga Keseimbangan Air dan Tanah.
- Kamiana, I. M. 2011. Teknik Perhitungan Debit Rencana Bangunan Air.
- Didik S., Widiyanto, Kurniatun H., Istika N. 2017. Manajemen Daerah Aliran Sungai (DAS): Tinjauan Hidrologi Akibat Perubahan Tutupan Lahan dalam Pembangunan.
- Nurhikmawaty, Ishak Y., Firdaus. 2019. Analisis Kapasitas Saluran Drainase Pada Sub Daerah Aliran Sungai Bendung Bagian Tengah Kota Palembang. *Jurnal Teknik Sipil UNPAL* Vol 9. No.1
- BPDAS Tondano. 2022. Laporan Impact Assessment Rehabilitas Hutan Dan Lahan 2022
- Peraturan Pemerintah Nomor 37 Tahun 2012 tentang Pengelolaan Daerah Aliran Sungai

Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 26 Tahun 2007 Tentang Penataan Ruang. (2007). Direktorat Jenderal Tata Ruang.

Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 37 Tahun 2012 Tentang Penataan Ruang. (2012). Direktorat Jenderal Tata Ruang.