

Analisis Koefisien Aliran Menggunakan Metode Cook di DAS Klagison Kota Sorong

Irwanto Marzuki¹, Anif Farida^{2*}, Achmad Rusdi³

¹Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sorong

²Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sorong

³Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sorong

Koresponden E-mail: aniffarida@um-sorong.ac.id

(Diterima: 7 Mei 2024|Disetujui: 30 Juli 2024|Diterbitkan: 31 Juli 2024)

Abstract: The Klagison River Watershed has an area of 1.997,6 ha and is experiencing rapid development in the physical field. The problem that often occurs in the Klagison watershed is that when there is heavy rain, several places close to the river will experience flooding, which is caused by several factors, one of which is the runoff coefficient. The aim of this study was to analyze the runoff coefficient of Klagison watershed. The method used to analyze the runoff coefficients is Cook's method, through the analysis of Geographic Information Systems (GIS) on several maps, such as maps of slope, vegetation cover, flow density, and soil infiltration. The results showed that the distribution of runoff coefficients that occurred in the Klagison watershed was dominated by the high class of 69,919% with an area of 13,967 km², the normal class of 21,500% with an area of 13,967 km², and the extreme class of 8,580% with an area of 1,714 km². Overall, the Klagison watershed is included in the high category with a runoff coefficient value of 62,603 %. This means that from 100% of the rain that falls, 62,603% will flow and 37,397% will infiltrate into the ground.

Keywords : watershed, runoff coefficient, Cook's, GIS

PENDAHULUAN

Kota Sorong merupakan salah satu kota di Provinsi Papua Barat Daya Indonesia, terdapat beberapa Daerah Aliran Sungai (DAS), salah satunya adalah DAS Klagison mempunyai luas 1.997,6 Ha. Tipe iklim di wilayah ini adalah tipe hutan hujan tropis dengan rata-rata curah hujan per bulan sebesar 262,41 mm (Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika Sorong, 2017 dalam Arief *et al*, 2019). DAS Klagison sedang mengalami pembangunan cepat di bidang fisik, terbukti dari padatnya pemukiman hampir di semua wilayah DAS (Farida & Dwangga, 2022). Padatnya pemukiman merupakan salah satu faktor penyebab koefisien aliran.

Koefisien aliran adalah perbandingan antara besarnya aliran permukaan terhadap besarnya curah hujan, jika semakin besar nilai koefisien aliran maka kemungkinan untuk terjadinya banjir dengan debit yang tinggi juga semakin besar (Farida & Aryuni, 2020). Koefisien aliran dapat ditentukan menggunakan beberapa parameter fisik dari wilayah DAS. Parameter yang digunakan dalam metode Cook yaitu penutup vegetasi, kemiringan lereng, timbunan air permukaan atau kerapatan aliran dan infiltrasi tanah. Cook tidak memakai pertimbangan faktor meteorologi, tetapi karakteristik fisik DAS (Murwibowo & Gunawan, 2013). Sistem Informasi Geografis (SIG) dapat dimanfaatkan untuk menghitung nilai koefisien aliran (C) suatu DAS jika tidak ada data pengukuran hujan dan debit (Wahyuningrum & Pramono, 2007). SIG juga dapat digunakan untuk menentukan koefisien aliran di daerah aliran sungai untuk keperluan pengelolaan DAS perencanaan, pelaksanaan dan

monitoring evaluasi untuk penanggulangan banjir (Indirham *et al*, 2011).

Permasalahan yang sering terjadi di DAS Klagison adalah ketika terjadi hujan deras di beberapa tempat yang dekat dengan sungai akan mengalami banjir. Farida & Dwangga (2022) menyebutkan karakteristik DAS Klagison mengakibatkan terjadinya banjir karena bentuk daerah alirannya kipas atau radial. Menurut Ismail (2009) banjir sendiri disebabkan banyak faktor salah satunya adalah koefisien aliran. Sehingga kajian terkait koefisien aliran merupakan salah satu aspek penting dalam mempelajari perubahan fungsi hidrologis DAS.

BAHAN DAN METODE

Tempat dan Waktu Penelitian

Lokasi penelitian berada di DAS Klagison yang secara administratif masuk dalam wilayah Kota Sorong. DAS Klagison meliputi empat wilayah kecamatan yaitu Distrik Sorong Utara, Distrik Sorong, Distrik Sorong Manoi dan Distrik Sorong Timur. Batas wilayahnya yaitu sebelah utara berbatasan dengan DAS Remu, sebelah selatan berbatasan dengan DAS Klawoguk, sebelah timur berbatasan dengan DAS Klasaman dan sebelah barat berbatasan dengan DAS Remu dan Selat Dampir (Farida & Rosalina, 2022).

Pengumpulan Data

Dalam penelitian ini data yang dikumpulkan terdiri atas data primer dan data sekunder. Data primer berupa data penggunaan lahan tahun 2022 diperoleh

dengan cara melakukan *groundcheck* hasil interpretasi Citra Satelit tahun 2022, kemiringan lereng yang dihasilkan dari pengolahan data DEM, kerapatan aliran yang diperoleh dari pengolahan Peta RBI dan Citra Satelit, karakteristik DAS berupa luas dan bentuk DAS yang dihasilkan dari pengolahan Peta RBI. Sedangkan untuk data sekunder berupa Peta Jenis Tanah diperoleh dari Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian (BBDSLPL) Kementerian Pertanian.

Analisis Data

Analisis data yang digunakan dalam penelitian ini yaitu analisis kuantitatif dan analisis spasial. Analisis kuantitatif dilakukan dengan cara menghitung besarnya koefisien aliran sedangkan analisis spasial dilakukan dengan mengkaji persebaran koefisien aliran.

Luas DAS

Luas DAS merupakan salah satu parameter karakteristik daerah aliran sungai (Pamuji *et al*, 2018). Makin besar DAS makin lama pula limpasan mencapai *outlet*, sehingga semakin besar limpasan yang dihasilkan karena hujan yang ditangkap juga semakin banyak. Luas DAS dianalisis menggunakan *software* ArcGIS dengan mengkalkulasi luasan poligon dari hasil penggambaran batas DAS. Adapun klasifikasi luas DAS menurut Kementerian Kehutanan (2013), dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Klasifikasi Luas DAS

No.	Luas DAS (Ha)	Klasifikasi DAS
1	1.500.000 ke atas	DAS sangat besar
2	500.000 - 1.500.000	DAS besar
3	100.000 – 500.000	DAS sedang
4	10.000 – 100.000	DAS kecil
5	Kurang dari 10.000	DAS sangat kecil

Bentuk DAS

Bentuk DAS sulit untuk dinyatakan dalam bentuk kuantitatif. Selain dapat dilihat dari foto udara bentuk DAS dapat didekati dengan nisbah kebulatan dan nisbah kepanjangan (Indrapraja *et al*, 2020). Untuk klasifikasi bentuk DAS dapat dilihat pada Tabel 2.

$$Re = \frac{A^{1/2}}{Lb} \tag{1}$$

Keterangan:

Re = Nisbah kepanjangan

A = Luas DAS (km²)

Lb = Panjang sungai utama (km)

$$Rc = \frac{4\pi A}{p^2} \tag{2}$$

Keterangan:

Rc = Nisbah kebulatan

A = Luas DAS (km²)

p = Keliling DAS (km)

Tabel 2. Klasifikasi Bentuk DAS

No.	Indeks	Klasifikasi Bentuk DAS
1	Rc > Re	Membulat
2	Rc < Re	Memanjang

Koefisien Aliran

Dalam penelitian ini menggunakan Metode Cook, melalui analisis GIS terhadap beberapa peta seperti peta kemiringan lereng, vegetasi penutup, kerapatan aliran dan infiltrasi tanah.

- a) Faktor penutup lahan merupakan parameter yang digunakan dalam penilaian menggunakan metode Cook. Peta penggunaan lahan didekati menggunakan penutup lahan yang menjadi dasar dalam analisis metode Cook.
- b) Kemiringan lereng dihitung dengan pengolahan data DEM pada *ArcGIS* kemudian hasilnya diklasifikasikan ke dalam empat kelas sesuai dengan klasifikasi kemiringan lereng pada metode Cook.
- c) Penentuan infiltrasi tanah didasarkan pada sifat dan tekstur tanah yang diperoleh dari hasil analisis (Farida dan Rosalina, 2022). Dari tekstur tanah dapat diketahui tingkat infiltrasi tanah berdasarkan klasifikasi metode Cook.
- d) Simpanan air permukaan menggambarkan kondisi DAS dalam mengataskan air setelah terjadinya hujan. Simpanan permukaan tidak dapat ditentukan secara langsung, dan didekati dengan kerapatan aliran (Dd), yang merupakan hasil bagi antara panjang sungai total (L) dengan luas DAS (A). Adapun klasifikasi koefisien aliran pada masing-masing parameter dapat dilihat pada Tabel 3.

Perhitungan persebaran koefisien aliran dengan pemberian skor pada peta-peta parameter fisik DAS antara lain penutup vegetasi, infiltrasi, timbunan air permukaan, kerapatan aliran dan kemiringan lereng untuk menentukan kelas pada masing-masing peta, setelah itu dilakukan *overlay* sehingga didapatkan peta persebarannya. Sedangkan untuk nilai koefisien aliran keseluruhan DAS menggunakan rata-rata tertimbang didasarkan pada setiap satuan lahan dari hasil *overlay*. Dengan demikian maka koefisien aliran keseluruhan DAS dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut:

$$C = \frac{C_1A_1 + C_2A_2 \dots + C_nA_n}{A}$$

dengan

C = Koefisien aliran DAS

C_n = Koefisien aliran pada satuan lahan

A_n = Luas lahan pada satuan lahan (km²)

A = Luas DAS (km²)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Luas DAS

Hasil analisis diketahui bahwa luas DAS Klagison yang diperoleh sebesar 19,976 km² atau 1.997,6 Ha. Berdasarkan klasifikasi DAS dari Kementerian Kehutanan, maka melihat luasan maka DAS Klagison dikelompokkan sebagai DAS sangat kecil (kurang dari 10.000 Ha). Fitriyani *et al* (2022), mengemukakan bahwa laju dan volume aliran permukaan makin bertambah besar dengan bertambahnya luas DAS, tetapi apabila aliran permukaan tidak dinyatakan sebagai jumlah total dari DAS, melainkan sebagai laju dan volume per satuan luas, besarnya akan berkurang dengan bertambahnya luasnya DAS.

Bentuk DAS

Hasil perhitungan diketahui bahwa nilai Rc adalah 0,449 dan nilai Re adalah 0,546. Menurut Indrapraja *et al* (2020), bahwa nilai Rc < Re adalah bentuk DAS yang cenderung memanjang. Fitriyani *et al* (2022), bentuk DAS memanjang cenderung menghasilkan laju koefisien aliran yang lebih kecil dibandingkan dengan DAS yang berbentuk melebar atau melingkar. Hal ini terjadi karena waktu konsentrasi DAS yang memanjang lebih lama dibandingkan dengan DAS melebar, sehingga terjadinya konsentrasi air di outlet lebih lambat yang berpengaruh pada laju dan volume koefisien aliran.

Infiltrasi

Proses infiltrasi merupakan bagian dari siklus hidrologi yang dapat mempengaruhi jumlah air yang terdapat dipermukaan tanah, dimana air yang terdapat dipermukaan tanah akan masuk ke dalam tanah kemudian mengalir ke sungai. Air yang di permukaan tanah tidak semuanya mengalir ke dalam tanah, melainkan ada sebagian air yang tetap tinggal di lapisan tanah bagian atas (Asdak, 2010 dalam Irawan & Yuwono, 2016).

Secara umum tekstur tanah di daerah penelitian meliputi lempung dan geluh berpasir, seperti yang tertera pada Tabel 4. Untuk kelas infiltrasi tanah DAS Klagison dapat di lihat pada Tabel 5 dan Gambar 1.

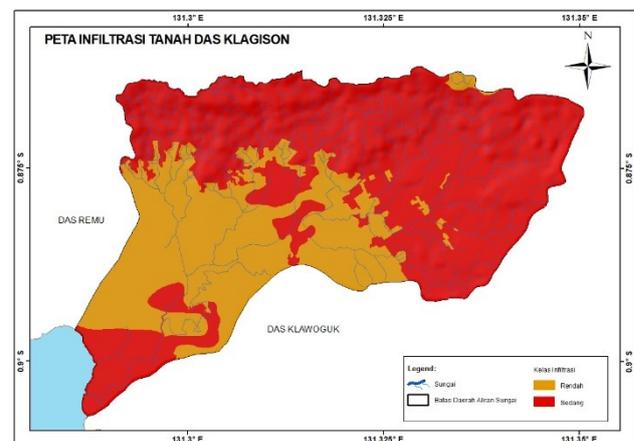
Tabel 4. Tekstur Tanah DAS Klagison

No	Jenis Tanah	Tekstur Tanah
1	Jenis Tanah	Tekstur Tanah
2	Hapludults	Silty Loam
3	Endoaquepts	Clay
4	Hapludults	Silty Loam
5	Dystrudepts	Clay
6	Hapludults	Silty Loam
7	Hapludults	Silty Loam
8	Eutrudepts	Silty Loam
9	Dystrudepts	Silty Loam
10	Dystrudepts	Clay
11	Sulfaquepts	Silty Loam

Tabel 5. Infiltrasi Tanah DAS Klagison

No	Tekstur Tanah	Infiltrasi	Luas (km ²)	Persentase (%)	Skor
1	Batuan padatan tipis	Diabaikan	-	-	20
2	Clay/ Lempung Silty	Rendah	6,953	34,807	15
3	Loam/ Geluh berpasir	Sedang	13,023	65,193	10
4	Kasar, Pasir	Tinggi	-	-	5
Total			19,976	100	

Pada Tabel 5, terlihat bahwa infiltrasi tanah pada lokasi penelitian hanya terdapat dua kelas yaitu rendah dengan luasan 6,953 km² dan diberi skor 15, sedangkan kelas sedang dengan luasan 13,023 km² diberi skor 10. Semakin besar skor yang diberikan maka semakin kecil koefisien alirannya.



Gambar 1. Peta Infiltrasi Tanah DAS Klagison

Berdasarkan Gambar 1, hampir seluruh wilayah tengah DAS Klagison mempunyai infiltrasi rendah. Hal ini mengakibatkan koefisien aliran semakin besar. Sedangkan di bagian hulu dan hilir mempunyai infiltrasi sedang yang mengakibatkan koefisien aliran semakin kecil. Hal ini sejalan dengan pendapat dari Elfiati dan Delvian (2010), bahwa semakin kecil tanah memiliki kemampuan dalam infiltrasi maka semakin besar koefisien alirannya.

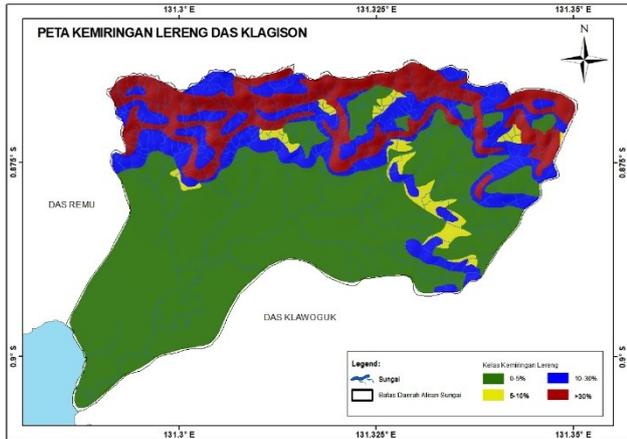
Kemiringan Lereng

Kemiringan lereng dihasilkan dari data DEM (*Digital Elevation Model*), dan di lokasi penelitian kemiringan lereng dibedakan dalam empat kelas seperti terlihat pada Tabel 6 dan Gambar 2.

Tabel 6. Kemiringan Lereng DAS Klagison

No	Kemiringan Lereng (%)	Klasifikasi	Luas (km ²)	Persentase (%)	Skor
1	0 – 5	Datar	11,918	59,662	10
2	5 – 10	Bergelombang	0,772	3,865	20
3	10 – 30	Berbukit	3,752	18,783	30
4	> 30	Medan Terjal	3,534	17,691	40
Total			19,976	100	

Pada Tabel 6, terlihat bahwa lereng datar mempunyai luasan 11,918 km² dengan skor 10, kelas bergelombang dengan luasan 0,772 km² diberi skor 20, kelas berbukit dengan luasan 3,752 km² dan kelas medan terjal mempunyai luasan 3,534 km² dengan skor 40. Dimana semakin besar skor yang diberikan maka koefisien aliran akan semakin besar.



Gambar 2. Peta Kemiringan Lereng DAS Klagison

Berdasarkan Gambar 2, bagian tengah dan hilir DAS Klagison sebagian besar mempunyai kemiringan lereng dalam kategori datar dengan presentase kemiringan 0-5%. Hal ini mengakibatkan nilai koefisien aliran semakin kecil. Sedangkan daerah yang memiliki wilayah bergelombang, berbukit dan terjal berada di bagian hulu DAS Klagison, sehingga nilai koefisien alirannya akan semakin besar. Libertyca *et al* (2015) mengemukakan bahwa kemiringan lereng akan mempengaruhi kecepatan limpasan permukaan, dimana semakin curam kelerengan mengakibatkan air tidak mempunyai waktu untuk meresap ke dalam tanah maka kecepatan aliran permukaan akan semakin tinggi.

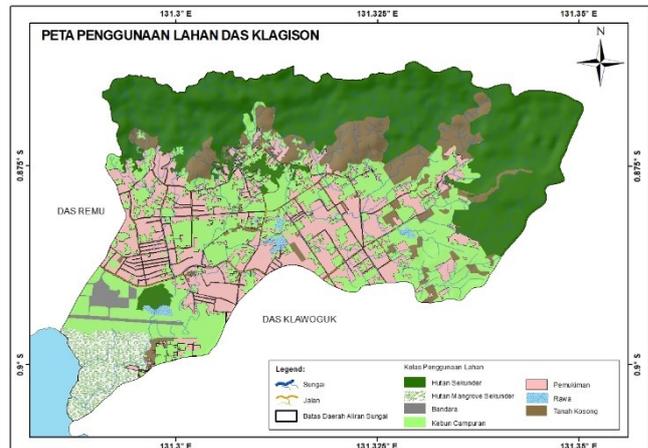
Penggunaan Lahan

Untuk mengetahui besarnya vegetasi penutup dilakukan dengan pendekatan penggunaan lahan. Penggunaan lahan dihasilkan dari interpretasi citra satelit dan *groundcheck*. Hasil klasifikasi penggunaan lahan di DAS Klagison dapat dilihat pada Tabel 7 dan Gambar 3.

Tabel 7. Penggunaan Lahan DAS Klagison

No	Penggunaan Lahan	Luas (km ²)	Persentase (%)	Skor
1	Hutan	7,253	36,309	5
2	Hutan Mangrove	0,926	4,636	5
3	Kebun Campuran	5,226	26,161	10
4	Rawa	0,329	1,647	15
5	Pemukiman	4,284	21,446	20
6	Bandara	0,378	1,892	20
7	Jalan	0,295	1,477	20
8	Tanah Kosong	1,285	6,433	20
Total		19,976	100	

Pada Tabel 7, dapat dilihat bahwa pada lokasi penelitian tempat-tempat yang tertutup rapat oleh vegetasi seperti hutan dan hutan mangrove akan mempunyai skor yang rendah. Semakin tidak ada vegetasi penutupnya seperti pemukiman, bandara, jalan dan tanah kosong akan mempunyai skor yang semakin besar pula yang mengakibatkan nilai koefisien aliran juga akan semakin besar.



Gambar 3. Peta Penggunaan Lahan DAS Klagison

Vegetasi yang tumbuh pada lahan dapat mengintersepsi air hujan. Pada Gambar 3, terlihat penggunaan lahan pada wilayah tengah dan hilir DAS Klagison tidak ada atau kurang vegetasi penutup seperti pemukiman, kebun campuran, jalan, bandara dan tanah kosong. Hal ini mengakibatkan koefisien aliran akan semakin besar. Sedangkan bagian hulu, vegetasi penutupnya cukup rapat yang mengakibatkan koefisien aliran menjadi kecil.

Kerapatan Aliran

Maimunah *et al*, (2020), kerapatan jaringan sungai merupakan suatu indeks yang menunjukkan banyaknya anak sungai dalam suatu daerah pengaliran. Indriatmoko & Wibowo (2007) menyebutkan kerapatan aliran yang tinggi dapat diketahui dengan banyaknya percabangan dalam suatu aliran yang memiliki kemiringan yang curam, sehingga dapat memberikan reaksi yang lebih cepat terhadap masuknya curah hujan yang dapat menyebabkan kecepatan dan volume aliran permukaan lebih tinggi

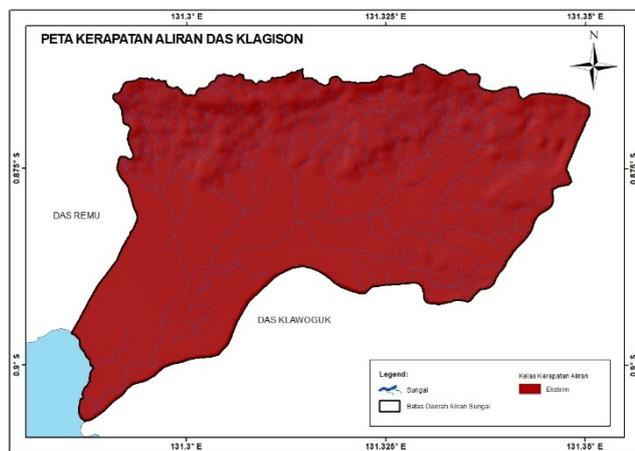
Hasil perhitungan kerapatan aliran DAS Klagison didapatkan nilai 8,661 mil/mil² hasil ini berdasarkan perhitungan panjang sungai total sebesar 66,787 mil dan luas DAS Klagison sebesar 7,713 mil². Menurut Sudibya (2003) dalam Libertyca *et al* (2015), bahwa nilai kerapatan aliran > 5 mil/mil² termasuk dalam kelas ekstrim. Klasifikasi kerapatan aliran DAS Klagison dapat dilihat pada Tabel 8 dan Gambar 4.

Pada Tabel 8 dan Gambar 4, dapat dilihat bahwa kerapatan aliran pada lokasi penelitian hanya terdapat satu kelas yaitu kelas ekstrim dengan nilai kerapatan aliran 8,661 mil/mil² dan diberi skor 20. Dimana semakin besar skor yang diberikan maka kerapatan alirannya semakin besar sehingga koefisien alirannya

semakin besar dan simpanan air permukaannya dapat diabaikan.

Tabel 8. Kerapatan Aliran DAS Klagison

No	Simpanan Air Permukaan	Persentase (%)	Nilai Kerapatan Aliran (mil/mil ²)	Klasifikasi	Skor
1	Banyak simpanan air permukaan, pengatusan kurang, banyak danau	-	<1	Rendah	5
2	Sedang simpanan air permukaan, pengatusan baik hingga sedang, 20% DAS berupa danau	-	1-2	Sedang	10
3	Sedikit simpanan air permukaan, pengatusan baik hingga sedang, tidak ada danau	-	2-5	Tinggi	15
4	Dapat diabaikan simpanan air permukaan pengatusan kuat, (saluran curam, tidak ada danau)	100	8,661	Ekstrim	20



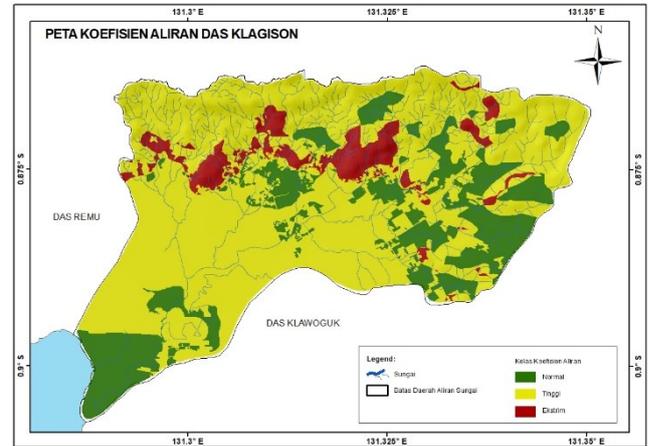
Gambar 4. Peta Kerapatan Aliran DAS Klagison

Koefisien Aliran

Untuk mengetahui persebaran nilai koefisien aliran yaitu dengan memberi skor sesuai dengan karakteristik lahan masing-masing menurut metode Cook, selanjutnya dilakukan *overlay*. Hasil perhitungan koefisien aliran dapat dilihat pada Tabel 9 dan persebaran secara spasial dapat dilihat pada Gambar 5.

Tabel 9. Koefisien Aliran Metode Cook DAS Klagison

No	Klasifikasi	Luas (km ²)	Persentase (%)	Skor
1	Rendah	-	-	0-25
2	Normal	4,295	21,500	26-50
3	Tinggi	13,967	69,919	51-75
4	Ekstrim	1,714	8,580	>76
Total		19,976	100	



Gambar 5. Peta Koefisien Aliran DAS Klagison

Berdasarkan persebaran koefisien aliran, koefisien aliran kelas normal mempunyai luasan 4,295 km² dengan persentase 21,500% berada pada wilayah hilir dan sebagian kecil di hulu DAS Klagison dimana daerah tersebut adalah hutan mangrove sekunder, hutan sekunder dan kebun campuran dengan kemiringan lereng yang relatif datar dan infiltrasi sedang. Untuk koefisien aliran kelas tinggi yang mempunyai luasan 13,967 km² dengan persentase 69,919% hampir pada semua wilayah DAS Klagison, daerah tersebut adalah pemukiman, sebagian besar kebun campuran dan hutan sekunder dengan kemiringan lereng bergelombang, berbukit dan terjal untuk infiltrasinya yaitu rendah dan sedang. Sedangkan koefisien aliran kelas ekstrim mempunyai luasan 1,714 km² dengan persentase 8,580% daerah tersebut lebih di dominasi tanah kosong, kemiringan lereng terjal dan infiltrasi rendah.

Perhitungan nilai koefisien aliran keseluruhan dalam DAS menggunakan rata-rata tertimbang berdasarkan pada setiap satuan lahan sehingga diperoleh hasil yang merata. Sehingga dari hasil perhitungan didapatkan nilai koefisien aliran keseluruhan pada DAS Klagison adalah 62,603%. Hal ini berarti dari 100% hujan yang jatuh maka 62,603% akan menjadi aliran dan 37,397% akan terinfiltrasi kedalam tanah.

KESIMPULAN

Berdasarkan metode Cook yang mengacu pada karakteristik DAS yang berupa kemiringan lereng, infiltrasi tanah, vegetasi penutup dan kerapatan aliran maka persebaran besarnya koefisien aliran (*runoff*) yang terjadi pada DAS Klagison didominasi oleh kelas tinggi sebesar 69,919% dengan luas 13,967 km², kelas

normal sebesar 21,500% dengan luas 13,967 km² dan kelas ekstrim sebesar 8,580% dengan luas 1,714 km². Secara keseluruhan pada DAS Klagison termasuk kategori tinggi dengan nilai koefisien aliran adalah 62,603 %. yang berarti dari 100% hujan yang jatuh maka 62,603% akan menjadi aliran dan 37,397% akan terinfiltrasi kedalam tanah.

UCAPAN TERIMA KASIH

Peneliti mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah memberikan bantuan, dukungan dan arahan selama proses pengambilan data di lapangan dan penyelesaian penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- Arief, S. M., Siburian, R. H., & Wahyudi, W. (2019). Tingkat Kerentanan Banjir Kota Sorong Papua Barat. *Median: Jurnal Ilmu Eksakta*, 11(2), 23–27. <https://doi.org/10.33506/md.v11i2.456>.
- Farida, A., & Aryuni, V. T. (2020). Analisis Limpasan Permukaan Di Sekitar Kampus Universitas Muhammadiyah Sorong Kota Sorong. *Jurnal Sains & Teknologi Lingkungan*, 12(2), 146-161. <https://doi.org/10.20885/jstl.vol12.iss2.art6>.
- Farida, A., & Dwangga, M. (2022). Potensi Banjir Bandang Menggunakan Analisis Morfometri di Daerah Aliran Sungai Klagison Kota Sorong. *ECOTROPIC: Jurnal Ilmu Lingkungan (Journal of Environmental Science)*, 16(1), 71.
- Farida, A., & Rosalina, F. (2022). Tingkat Bahaya Longsor Di DAS Klagison Kota Sorong Menggunakan Sistem Informasi Geografis. *EcoNews*, 5(1), 1-6.
- Fitriyani, N. P. V. (2022). Analisis Debit Air di Daerah Aliran Sungai (DAS). *Jurnal Ilmu Teknik*, 2(2).
- Indirham, A. (2011). *Aplikasi Sistem Informasi Geografis (Sig) Dalam Penentuan Koefisien Limpasan (Kota Gorontalo)* (Doctoral Dissertation, Universitas Hasanuddin).
- Indrapraja, L., Noerhayati, E., & Rachmawati, A. (2020). Kajian Karakteristik Fisik & Hidrologi Daerah Aliran Sungai Konto Hulu Kecamatan Pujon, Kabupaten Malang. *Jurnal Rekayasa Sipil*, 8(4), 252-269. <https://jim.unisma.ac.id/index.php/ft/article/view/5731>.
- Indriatmoko, R. H., & Wibowo, V. E. (2007). Aplikasi sistem informasi geografi untuk penghitungan koefisien aliran Daerah Aliran Sungai (DAS) Ciliwung. *Jurnal Air Indonesia*, 3(2).
- Irawan, T., & Yuwono, S. B. (2016). Infiltrasi Pada Berbagai Tegakan Hutan Di Arboretum Universitas Lampung (Infiltration Onvarious Forest Stands In The Arboretum University Of Lampung). *Jurnal Sylva Lestari ISSN*, 4(3), 21-34.
- Kementerian Kehutanan. (2013). Peraturan Direktur Jenderal Bina Pengelolaan Daerah Aliran Sungai dan Perhutanan Sosial, Nomor: P. 3/V-Set/2013 Tentang Pedoman Identifikasi Karakteristik Daerah Aliran Sungai. Sekretariat Kementerian Kehutanan. Jakarta.
- Libertyca, A. N. (2015). Identifikasi Koefisien Limpasan Permukaan di Sub DAS Suco Kecamatan Mumbulsari Kabupaten Jember menurut Metode Cook.
- Maimunah, M., Nurlina, N., Ridwan, I., & Tsabita, G. F. I. (2020). Analisis Karakteristik Morfometri DAS Maluka Menggunakan Citra Satelit Shuttle Radar Topography Mission. *Jurnal Geografika (Geografi Lingkungan Lahan Basah)*, 1(1), 12-19. <https://doi.org/10.20527/jgp.v1i1.2293>.
- Murwibowo, P., & Gunawan, T. (2013). Aplikasi Penginderaan Jauh Dan Sistem Informasi Geografis untuk Mengkaji Perubahan Koefisien Limpasan Permukaan Akibat Letusan Gunung Merapi Tahun 2010 Di Sub Das Gendol Yogyakarta. *Jurnal Bumi Indonesia*, 2(1).
- Pamuji, K. E., Lestari, O. A., & Mirino, R. R. (2020). Analisis Morfometri Daerah Aliran Sungai (Das) Muari Di Kabupaten Manokwari Selatan. *Jurnal Natural*, 16(1), 38 - 48. <https://doi.org/10.30862/jn.v16i1.59>.
- Wahyuningrum, N., & Pramono, I. B. (2007). Aplikasi Sistem Informasi Geografis Untuk Perhitungan Koefisien Aliran Permukaan Di Sub Das Ngunut I, Jawa Tengah. *Jurnal Penelitian Hutan dan Konservasi Alam*, 4(6), 561-571.