

Analisis Geohidrologi Limpasan Permukaan Menggunakan Sistem Informasi Geografis Bagian Hulu Sub Das Tangka Provinsi Sulawesi Selatan

Rohaya Langkoke^{1}, Jamal Rauf Husain¹, Ilham Alimuddin¹, Faisal¹*

Departemen Teknik Geologi, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin, Indonesia

**Email: rlangkoke@gmail.com*

SARI

Air adalah sumber kehidupan sehingga menjadikan air sebagai komponen penting. Analisis geohidrologi limpasan permukaan bertujuan untuk menyelidiki perubahan siklus geohidrologi akibat proses geomorfologi yang mengubah air menjadi limpasan permukaan dari yang sebelumnya meresap ke bawah permukaan. Penelitian ini menggunakan metode Bransby-Williams dalam analisis koefisien aliran permukaan yang mempertimbangkan parameter relief, infiltrasi tanah, penutup lahan, simpanan permukaan, dan intensitas hujan. Daerah penelitian berada pada bagian Hulu sub DAS Tangka Provinsi Sulawesi Selatan, spesifiknya berada pada koordinat 5°07'58.9" – 5°17'23.1"LS dan 119° 52' 45.2"- 120° 00' 20.5" BT. Limpasan permukaan sebesar 48.87%, mengakibatkan potensi besar terjadinya banjir dan tanah longsor. Adapun debit aliran permukaan sebesar 385.468 m³/detik.

Kata kunci: Geohidrologi; Sub DAS Tangka; Limpasan Permukaan.

ABSTRACT

Water is the source of life so that makes water an important component. Geohydrological analysis of surface runoff aims to investigate changes in the geohydrological cycle due to geomorphological processes that turn water into surface runoff from previously seeping below the surface. This research uses the Bransby-William's method in the analysis of runoff coefficients which consider the parameters of relief, soil infiltration, land cover, surface storage, and rainfall intensity.

How to Cite: Langkoke, R., Husain, J.R., Alimuddin, I., Faisal, 2023. Analisis Geohidrologi Limpasan Permukaan Menggunakan Sistem Informasi Geografis Bagian Hulu Sub Das Tangka Provinsi Sulawesi Selatan. Jurnal Geomine, 11 (1): 76-89

Published By:

Fakultas Teknologi Industri
Universitas Muslim Indonesia

Address:

Jl. Urip Sumoharjo Km. 05
Makassar, Sulawesi Selatan

Email:

geomine@umi.ac.id

Article History:

Submit 23 February 2023

Received in from 23 February 2023

Accepted 30 April 2022

Licensed By:

[Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License.](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)



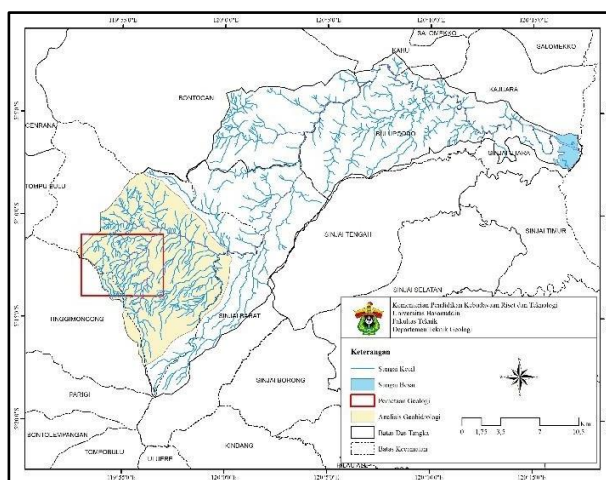
The research area is located in the upstream part of the Tangka sub-watershed, South Sulawesi Province, specifically at coordinates $5^{\circ}07'58.9''$ – $5^{\circ}17'23.1''$ South Latitude and $119^{\circ}52'45.2''$ – $120^{\circ}00'20.5''$ East Longitude. Surface runoff is 48.87%, resulting in a large potential for flooding and landslides. The surface flow discharge is 385,468 m³/second.

Keyword: *Geohydrology; Tangka Sub-Watershed; Surface Run-off.*

PENDAHULUAN

Air adalah sumber kehidupan sehingga menjadikan air sebagai komponen penting. Cadangan air dapat berkurang karena perubahan daerah resapan air sehingga peresapan air hujan berkurang (Astuti, 2017; Harisuseno, 2014).

Maka diperlukan analisis geohidrologi limpasan permukaan yang dapat menggambarkan potensi ketersediaan air sehingga dapat memenuhi kebutuhan (Harsanto dkk, 2008). Banyak penelitian sebelumnya yang telah mengkaji tentang analisis koefisien aliran permukaan pada lokasi yang berbeda (Hidayat dkk, 2021; Irmayanti, 2018; Madrianto, 2013). Namun pada penelitian ini lebih difokuskan lagi pada aspek geologi serta seiring dengan perkembangan teknologi maka pemanfaatan Sistem Informasi Geografis juga diterapkan dan memegang peranan penting dalam penelitian ini. Tujuan penelitian ini yaitu menganalisis hubungan kondisi geomorfologi dengan koefisien limpasan permukaan dan potensi bencana serta mengetahui arah dan akumulasi aliran permukaan. Adapun daerah penelitian sebagaimana pada gambar 1.



Gambar 1. Lokasi Daerah Penelitian

METODE PENELITIAN

Metode Bransby-Williams digunakan untuk analisis koefisien aliran permukaan yang mempertimbangkan parameter relief, infiltrasi tanah, penutup lahan, simpanan permukaan, dan intensitas hujan (Madrianto, 2013; Subardja, 2014).

Tabel 1. Metode Bransby-Williams Dalam Analisis Koefisien Aliran Permukaan
(Mayerink, 1970 Dalam (Astuti, 2017))

Karakteristik DAS yang dipertimbangkan	Karakteristik yang menghasilkan aliran (Skor)			
	100 (Ekstrim)	75 (Tinggi)	50 (Normal)	25 (Rendah)
Relief	Medan terjal kasar dengan lereng rata-rata umumnya diatas 20% (10)	Perbukitan dengan lereng rata-rata antara 10-20% (5)	Bergelombang dengan lereng rata-rata antara 5-10% (0)	Lahan relatif datar dengan lereng 0-5% (0)
Infiltrasi Tanah	Tidak ada penutup tanah efektif, Batuan padatan maupun batuan tipis (25)	Infiltrasi air lambat, tanah solodic, jika rusak permukaannya (20)	Tanah geluh, berstruktur lempung lempung = chernozem (10)	Pasir dalam atau tanah teragregasi baik = krasbozem (5)
Penutup Lahan	Tidak ada tanaman penutup (tanaman keras) yang efektif (25)	Sheet erosion kurang dari 10% dibawah padang rumput, sedikit tanaman pertanian (20)	50% tertutup baik, tanaman pertanian berkayu tidak lebih 50% (10)	90% DAS tertutup baik oleh rumput, hutan kering (5)
Simpanan permukaan	Beberapa depresi permukaan, alur sungai terjal, overland flow tipis dapat diabaikan (10)	Sistem drainase baik (5)	Depresi permukaan overlandflow berarti, terdapat beberapa telaga dan rawa, alur-alur sungai (5)	Drainase jelek, meander, Dd besar dan 90% konservasi tanah (0)
Intensitas Hujan	3 – 4 inci/jam (30)	2 – 3 inci/jam (25)	1 – 2 inci/jam (15)	1 inci/jam (15)

- Data DEM (*digital elevation model*) bersumber dari DEMNAS (Badan Informasi Geospasial, 2018), diekstraksi untuk membuat peta kemiringan lereng, serta interpretasi bentuk lahan. Kombinasi dari beberapa parameter seperti kemiringan lereng bentuk lahan serta jenis tanah yang menjadi acuan utama bertujuan untuk menafsirkan besarnya kapasitas infiltrasi menggunakan sistem informasi geografis. Beberapa parameter yang dihasilkan dalam menganalisis hidrologi permukaan khususnya koefisien aliran permukaan, sebagai tambahan analisis dilakukan *hydro-processing* berupa *flow determination* dan *network catchment extraction*.
- Penentuan jenis tutupan lahan mengacu pada klasifikasi tutupan lahan oleh Dirjen Planologi Kehutanan dan Tata Lingkungan (Direktorat Inventarisasi Dan Pemantauan Sumber Daya Hutan, 2020).
- Kerapatan aliran adalah hubungan antara jumlah panjang alur dan luas area penelitian. Klasifikasi Linsley dan klasifikasi Bransby-Williams yang disesuaikan (Raharjo, 2016) mengenai kerapatan aliran terhadap timbunan air permukaan.

$$Dd = L/A$$

(1)

Dimana D_d = Kerapatan aliran (Km/Km²); L = Jumlah Panjang Alur (Km); A = Luas Area Penelitian (Km²).

- d) Perhitungan intensitas curah hujan menggunakan persamaan mononobe (Sosrodarsono, 1977).

$$I = \frac{R_{24}}{24} \left(\frac{24}{t} \right)^{2/3}$$

(2)

Dimana I = Intensitas Curah Hujan (mm/jam); R_{24} = Curah Hujan Maksimum dalam 24 jam; t = Lamanya Curah Hujan (jam).

$$R = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n R_1$$

(3)

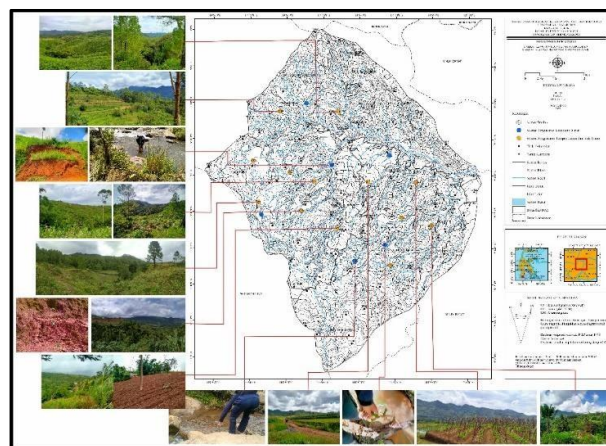
Dimana R = Curah hujan rata-rata (mm); R_1 = Curah hujan pada pos yang diamati (mm); n = Banyaknya pos hujan.

- e) Perhitungan debit aliran permukaan dilakukan dengan mengasumsikan bahwa intensitas curah hujan merata selama paling sedikit sama dengan waktu konsentrasi (t_c) (Suripin, 2004).

$$Q = 0,278 \times C \times I \times A$$

(4)

Dimana Q = Debit puncak limpasan permukaan (m³/det); C = Angka pengaliran (tanpa dimensi); I = Intensitas curah hujan (mm/jam) A = Luas daerah pengaliran (km²). Selain itu dilakukan juga validasi data berupa survei lapangan, hasilnya sebagaimana pada gambar 2.



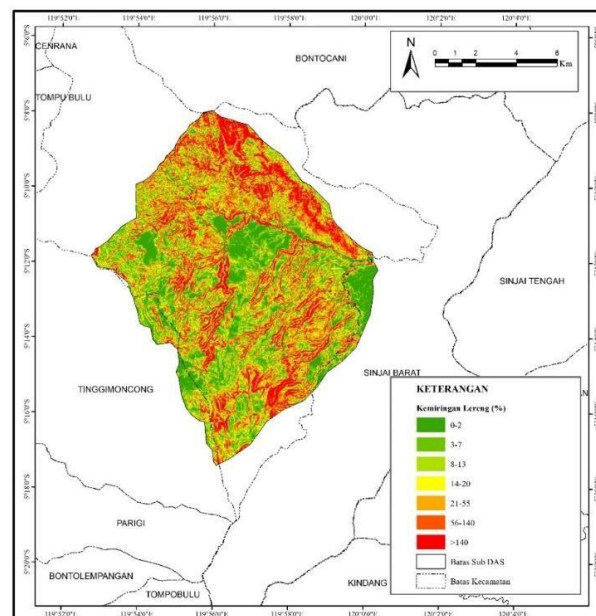
Gambar 2. Peta Stasiun Pengamatan

HASIL PENELITIAN

Kemiringan Lereng

Kemiringan lereng pada bagian Hulu sub DAS Tangka cukup bervariasi dan didominasi oleh daerah dengan relief yang bergelombang sampai daerah dengan relief tersayat tajam (van Zuidam, 1985). Kemiringan lereng pada sub DAS Tangka ini sebagian besar memiliki luas yang cukup merata, jika kemiringan lereng semakin terjal, maka koefisien aliran permukaan semakin tinggi karena semakin besar air hujan *run off* (Thamsi dkk, 2019).

Kemiringan lereng pada bagian Hulu sub DAS Tangka juga dipengaruhi oleh litologi yang menyusun daerah tersebut dimana pada daerah dengan litologi basalt dan basalt porfiri memiliki sudut kemiringan lereng yang relatif terjal sampai sangat terjal, kemudian lereng dengan relief bergelombang sampai miring relatif dikontrol oleh litologi tufa halus (Madrianto, R, P, 2013).



Gambar 3. Peta Kemiringan Lereng

Tabel 2. Kemiringan Lereng

No	Satuan/Relief	Kemiringan Lereng (%)	Luas (m ²)	Persentase (%)
1	Datar atau Hampir Datar	0-2	19,833228	0,00002%
2	Bergelombang / Miring Landai	3-7	18514822,73	16,29%
3	Bergelombang / Miring	8-13	19266723,08	16,95%
4	Berbukit Bergelombang / Miring	14-20	19892479,33	17,50%
5	Berbukit Tersayat Tajam / Terjal	21-55	18860107,15	16,59%
6	Pegunungan Tersayat Tajam/ Sangat Terjal	55-140	19332193,24	17,01%
7	Pegunungan / Sangat Curam	>140	17777739,33	15,64%

Infiltrasi Tanah

Berdasarkan klasifikasi tanah oleh FAO (*Food And Agriculture Organization Of The United Nations*) tanah daerah penelitian terbagi menjadi dua jenis yaitu *Eutric Cambisol*, dan *Humic Andosols* (Soil Survey Staff, 2014). Jenis tanah tersebut merupakan jenis tanah dengan tekstur *clay* yang memiliki komposisi mineral golongan silikat, jenis tanah ini biasanya berasal dari batuan induk berupa batuan beku ataupun lava (Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Lahan Pertanian, 2017). Infiltrasi lambat apabila tanah memiliki tekstur halus (Subardja S, Dadja. Dkk. 2014).

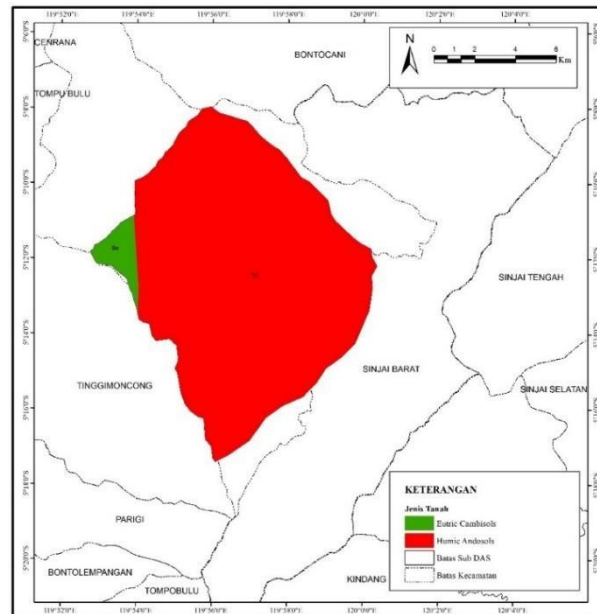
Tabel 3. Jenis Tanah

No	Simbol	Jenis Tanah	Luas (Km ²)	Persentase (%)
1	Be	Eutric Cambisols	4,602265	3%
2	Th	Humic Andosols	129,240735	97%
Jumlah			133,843	

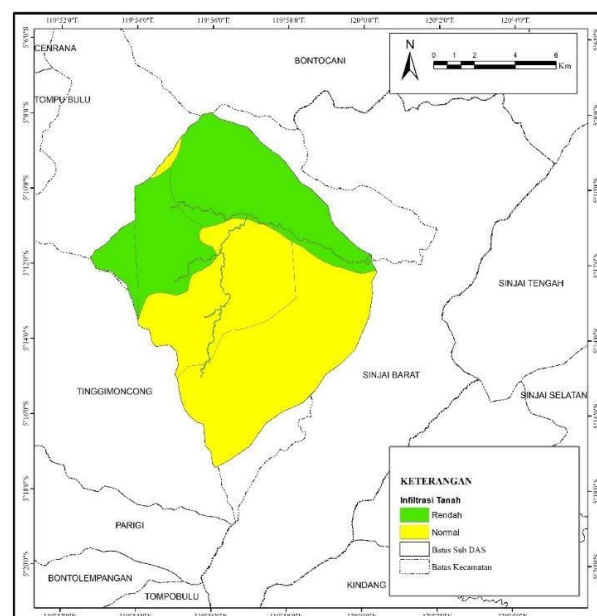


Gambar 4. Hasil Identifikasi Jenis Tanah

Setelah diperoleh parameter yang dipertimbangkan dalam metode Bransby and Williams kemudian dilakukan *overlay* dengan parameter kekar daerah penelitian, baik kekar sistematis maupun non sistematis. Kekar daerah penelitian cenderung tersebar pada litologi basalt dan basalt porfiri yang menyebar pada bagian Barat ke Utara Barat laut kemudian mengarah ke Timur Laut.



Gambar 5. Peta Jenis Tanah



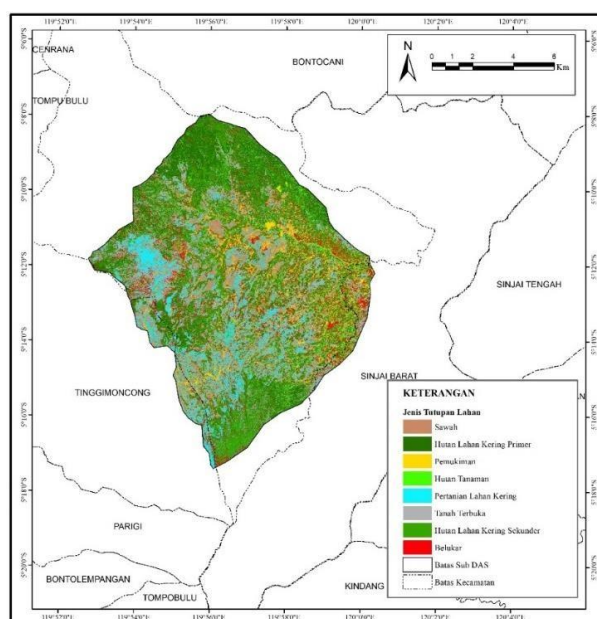
Gambar 6. Peta Infiltrasi Tanah

Tutupan Lahan

Tutupan lahan diidentifikasi berdasarkan data citra dan diverifikasi berdasarkan data lapangan. Tutupan lahan di bagian Hulu sub DAS Tangka relatif bervariasi. Daerah penelitian masih termasuk dalam lingkungan pedesaan dimana didominasi oleh kebun yang berselingan dengan pemukiman, tegalan dengan situs pada bukit terjal, hutan produksi, serta sawah. Pemukiman cluster dengan penyebaran beragam, terpola sejajar dengan sungai serta pola terkelompok pada basin.



Gambar 7. Hasil Verifikasi (Pemukiman(A), Hutan Lahan Kering (B), Pertanian Lahan Kering (C), Hutan Tanaman (D), Sawah (E))



Gambar 8. Peta Tutupan Lahan

Tabel 4. Tutupan Lahan

No	Jenis Tutupan Lahan	Luas (Km ²)	Persentase (%)
1	Hutan Lahan Kering Primer	58,06	43.38%
2	Hutan Lahan Kering Sekunder	13,62	10.18%
3	Hutan Tanaman	15,00	11.20%
4	Belukar	8,74	6.53%
5	Pemukiman	24,84	18.56%
6	Tanah Terbuka	0,25	0.18%
7	Pertanian Lahan Kering	2,92	2.18%
8	Sawah	10,42	7.78%
Jumlah		133,84	

Berdasarkan hasil pengamatan jenis tutupan lahan stasiun ini kemudian dijadikan acuan dalam proses klasifikasi tutupan lahan pada bagian Hulu sub DAS Tangka. Proses

Copyright © 2023, Jurnal Geomine, Page: 83

klasifikasi jenis tutupan lahan menggunakan metode *supervised image classification* pada software ArcGIS 10.8.

Simpanan Permukaan

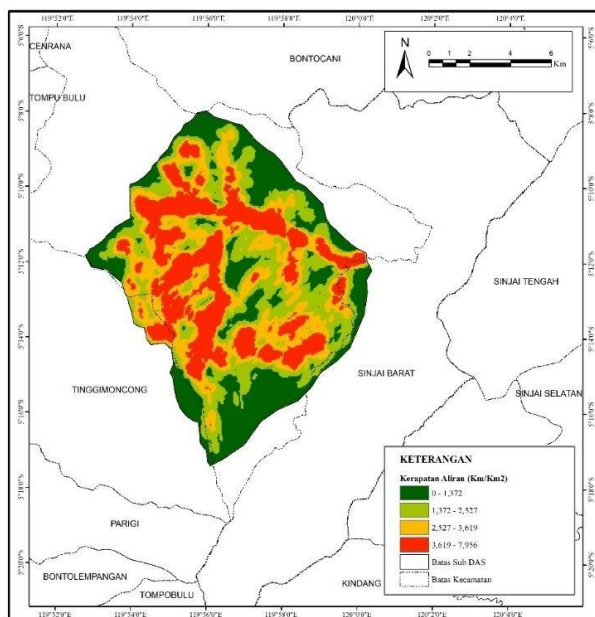
Simpanan permukaan ditentukan berdasarkan kerapatan alur. Bentuk lahan pada daerah penelitian relatif bergelombang sampai terjal, dimana penyebaran sungai berada di lembah antar punggung bukit, lembah pada setiap punggung bukit akan menjadi pusat akumulasi permukaan sehingga semakin terjal relief akan menghasilkan simpanan permukaan yang juga semakin tinggi. Pada zona tersebut juga terdapat gawir sesar dengan relief sangat curam yang membuat aliran permukaan semakin tinggi.

Bentuklahan struktural berupa sesar turun (*Normal Fault*) tererosi dan membentuk sistem paralel dengan kemiringan yang terjal dan telah mengalami pelapukan pada sebagian besar batuan lantai sungai, sedangkan bentuklahan denudasional berada pada bagian timur daerah penelitian dimana bentuklahan ini merupakan daerah yang disusun oleh litologi tufa halus. Simpanan permukaan tinggi apabila kerapatan alur kecil.

Kerapatan aliran pada bagian Hulu sub DAS Tangka rata-rata sebesar 2.141 km/km² dimana pada bentuklahan struktural aliran permukaan terkonsentrasi pada lembah dengan kemiringan yang relatif terjal, sehingga pengeringan cepat dan aliran permukaan tipis.

Tabel 5. Panjang Alur Sungai

Panjang Sungai	286,60 Km
Luas Daerah	133,84 Km ²

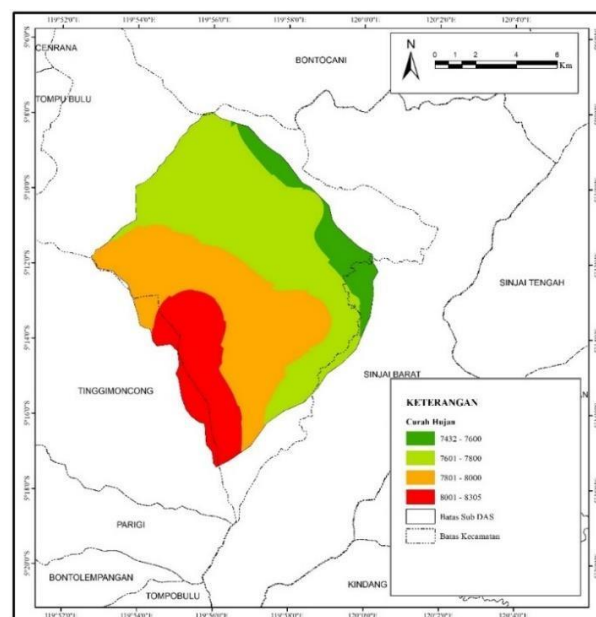


Gambar 9. Peta Kerapatan Aliran

Curah Hujan

Dari pengolahan data curah hujan yang diperoleh dari CHIRPS dalam bentuk data raster kemudian dilakukan pengolahan data pada *software* ArcGIS 10.8. sehingga diperoleh titik-titik spot intensitas hujan pada daerah penelitian. Data spot-spot curah hujan yang telah diperoleh dari CHIRPS kemudian diolah dengan menggunakan metode IDW (*Inverse Distance Weight*) pada *software* ArcGIS untuk mengetahui sebarannya (Climate Hazard Center, 2022).

Intensitas hujan rata-rata selama 10 tahun terakhir yaitu 21,196 mm/jam, dengan nilai maksimum yaitu 23,152 mm/jam dan nilai minimum yaitu 19,241 mm/jam.



Gambar 10. Peta Curah Hujan

Tabel 6. Curah Hujan Rata-Rata

Tahun Bulan	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
1	812	1146	443	672	514,2	650,7	551,3	811,7	669,7
2	223	534	472	402	694,7	258,2	566,5	397	834,2
3	345	475	223	237	497,6	227,6	338,1	626,3	324,2
4	231	249	203	174	194,8	248,7	137,4	294	374
5	134	71	132	112	107,8	36,2	235,6	78,1	
6	83	34	99	128	41,1	92,7	66,7	87	
7	14	21	33	63	123,3	4,3	29,2	77,3	
8	6	9	17	23	1,4	7,2	8,1	104,2	
9	63	71	102	72	6,8	68,3	32,2	82,5	
10	96	83	263	79	114,8	113,6	127,6	245,4	
11	140	63	169,5	385	185,1	32,5	324	541	
12	555	732	408	199	793,3	307,2	902,7	860,3	

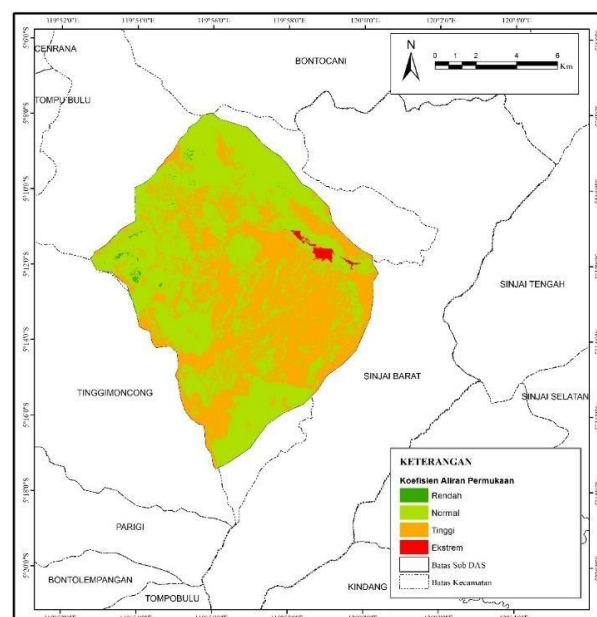
Koefisien Aliran Permukaan

Nilai *run off* bernilai rendah sekitar 0.43% dan bernilai ekstrem sekitar 0.62%. Pada koefisien aliran yang bernilai tinggi memiliki kemiringan leteng terjal dan lahan berupa singkapan batuan, *flow acumulation* banyak tersebar.

Secara keseluruhan koefisien aliran permukaan pada bagian Hulu sub DAS Tangka dengan menggunakan metode Bransby dan Williams setelah dilakukan *overlay* dari kelima parameter yang digunakan, sekitar 0.4887 hal ini berarti bahwa sekitar 48.87% hujan *run off*, dengan tidak memperhitungkan intersepsi, evapotranspirasi dan karakteristik lain yang diabaikan dalam metode Bransby dan William kecuali data kekar pada batuan.

Tabel 7. Koefisien Aliran Permukaan

No	Koefisien Aliran	Luas Area (m ²)	Persentase (%)
1	Rendah	571169,7902	0,43%
2	Normal	77487862,36	57,82%
3	Tinggi	55128938,43	41,13%
4	Ekstrem	835153,7567	0,62%



Gambar 11. Koefisien Aliran Permukaan

Nilai koefisien aliran permukaan pada daerah penelitian yaitu daerah dengan tingkat aliran permukaan yang ekstrem 75-80% berada pada bagian timur daerah penelitian yang termasuk kedalam wilayah administrasi Desa Tabbinjai, koefisien aliran permukaan tinggi 50- 75% mendominasi pada daerah penelitian yang menyebar dari bagian Barat laut daerah

penelitian menyebar ke arah Timur daerah penelitian yang termasuk dalam wilayah administrasi Desa Erelembang, Desa Tamona, Desa Tonasa, Desa Mamampang, dan Desa Balassuka. Koefisien aliran normal 25-50% secara luas dijumpai pada bagian Utara dan Tenggara daerah penelitian yang meliputi wilayah administrasi Desa Pao, Desa Kanreapia, dan Desa Bolaromang. Sedangkan daerah dengan koefisien aliran permukaan yang rendah 0-25% hanya dalam bentuk spot-spot kecil yang tidak menyebar luas pada daerah penelitian. Berdasarkan hal tersebut dapat dianalisis perubahan tata guna lahan sangat mempengaruhi dari nilai aliran permukaan.

Berdasarkan hasil perhitungan dengan menggunakan rumus rasional maka nilai debit aliran permukaan pada Sub DAS Tangka sebesar 385.468 m³/detik. Dari hasil perhitungan tersebut kemudian dilakukan proses kalibrasi dengan melakukan perhitungan kecepatan aliran permukaan di daerah penelitian dengan menggunakan alat *current meter*.

Tabel 8. Kecepatan Aliran Hasil Pengukuran

No Stasiun	Nama Sungai	Kecepatan Aliran m/s
ST1	Salo Batang	0,424
ST7	Salo Langkoa	0,231
ST9	Salo Damarlompoo	0,468
ST1 ₂	Salo Bentengia	0,347
ST1 ₆	Salo Parangboddongi a	0,333
ST1 ₇	Salo Parangboddongi a	0,475

Tabel 9. Kecepatan Aliran Hasil Perhitungan Debit Limpasan Dan Kecepatan Aliran

No	Limpasan (Q)	Debit Limpasan m ³ /s	Kecepatan Aliran m/s
1	Qrata-rata	385,468	2,880
2	Qmaximum	630,920	4,713
3	Qminimum	39,432	0,294

Berdasarkan data hasil pengukuran lapangan dan perhitungan kecepatan aliran permukaan dengan menggunakan sistem informasi geografis, diperoleh hubungan dimana kecepatan aliran hasil pengukuran di lapangan sesuai dengan kecepatan aliran minimum hasil pengolahan data, hal ini dapat diidentifikasi dimana pengukuran data di lapangan dilakukan pada aliran sungai yang merupakan titik akumulasi air permukaan dan cuaca saat

pengukuran yang relatif cerah sehingga parameter yang diperhitungkan pada Bransby and Williams seperti kemiringan lereng, dan intensitas hujan relatif dapat diabaikan.

Aliran permukaan pada Sub DAS Tangka cukup besar dan dapat mengakibatkan potensi besar terjadinya banjir dan tanah longsor.

KESIMPULAN

Proses geomorfologi struktural dan denudasional menghasilkan bentangalam dengan koefisien aliran permukaan yang cukup tinggi, berdasarkan hasil pengolahan data menunjukkan limpasan permukaan sebesar 0.4887 atau sekitar 48.87%, mengakibatkan potensi besar terjadinya banjir dan tanah longsor. Arah aliran permukaan pada Kecamatan Tombolopao cenderung mengarah ke arah Utara dan Timurlaut serta memiliki akumulasi aliran permukaan yang termasuk ke dalam wilayah administrasi Desa Mamampang dan Desa Tabbinjai.

Tingginya tingkat alih tataguna lahan menyebabkan kurangnya daerah resapan air yang berdampak pada ketersediaan air tanah karena terganggunya siklus hidrologi pada daerah tersebut serta sangat rawan terhadap potensi banjir dan tanah longsor, melihat potensi bahaya yang muncul maka disarankan untuk menjaga vegetasi misal pada lahan pertanian/perkebunan tetap diselingi oleh tanaman berkayu. Berdasarkan hasil perhitungan debit aliran permukaan pada bagian Hulu Sub DAS Tangka yaitu sebesar 385,468 meter³/detik serta tinjauan volume air yang tidak begitu terpengaruh oleh perubahan musim sehingga dapat direkomendasikan untuk dilakukan penelitian secara lanjut terkait pengembangan pemanfaatan aliran sungai sebagai pembangkit listrik tenaga mikrohidro (PLTMH) pada wilayah administrasi Desa Mamampang dan Desa Tabbinjai.

PUSTAKA

- Astuti, Anik juli Dwi. 2017. Analisis Koefisien Aliran permukaan dengan menggunakan metode Bransby-Williams Di Sub Daerah Aliran Sungai Babura Provinsi Sumatera Utara. Jurnal geografi. 9(2):158-165.
- Badan Informasi Geospasial. 2018. Seamless Digital Elevation Model (DEM) dan Batimetri Nasional. Diakses di: <https://tanahair.indonesia.go.id/demnas> pada hari Rabu/05-03-2022 pukul 09.40.
- Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Lahan Pertanian. 2017. Pedoman Pengamatan Tanah Di Lapangan. Pedoman Pengamatan Tanah di Lapangan. IAARD Press: Jakarta. Indonesia.
- Climate Hazard Center. 2022. Rainfall Estimates from Rain Gauge and Satellite Observations. University of California: Santa Barbara. Diakses di <https://www.chc.ucsb.edu/data/chirps> pada hari Senin/02-03-2022 pukul 07.56.
- Direktorat Inventarisasi Dan Pemantauan Sumber Daya Hutan. 2020. Petunjuk Teknis Penafsiran Citra Satelit Resolusi Sedang Untuk Update Data Penutupan Lahan Nasional. Direktorat Jenderal Planologi Kehutanan Dan Tata Lingkungan Kementerian Lingkungan Hidup Dan Kehutanan.

- Harisuseno, Donny. 2014. Analisa Spasial Limpasan Permukaan Menggunakan Model Hidrologi Di Wilayah Perkotaan. *Journal Of Environmental Engineering & Sustainable Technology*. 01(01):51-57.
- Harsanto, Puji. Kironoto, Bambang Agus. dan Triatmodjo, Bambang. 2008. Analisis Limpasan Langsung Dengan Model Distribusi Dan Komposit. *Forum Teknik Sipil* No. XVIII/1.
- Heath, Ralph C. 1983. *Basic Ground-Water Hydrology*. North Carolina Department of Natural Resources and Community Development:Virginia.
- Hidayat, Alfian. Yusuf, Muhammad. dan Suprpta. 2021. Pemetaan Potensi Mata Air Berbasis Sistem Informasi Geografi (Sig) Di Das Maros. *Jurnal Environmental Science: Universitas Negeri Makassar*. 4(1):76-86.
- Irmayanti. 2018. Analisis Koefisien Aliran Permukaan (C) Akibat Perubahan Tata Guna Lahan Pada Daerah Aliran Sungai (Das) Ular. Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Sumatera Utara.
- Madrianto, R, P. 2013. *Geologi Daerah Gunung Bawakaraeng Kecamatan Tinggimoncong Kabupaten Gowa Provinsi Sulawesi Selatan*. Makassar: Departemen Teknik Geologi, Fakultas Teknik universitas Hasanuddin.
- Raghunath, H.M. 2006. *Hydrology Principles Analisis Design*. New Delhi: New Age International (P) Limited, Publishers.
- Raharjo, Puguh D. dkk. 2016. Analisa Hidrologi Permukaan Dalam Hubungannya Dengan Debit Banjir Das Lukulo Hulu Dengan Menggunakan Data Penginderaan Jauh. *Jurnal Geografi: Universitas Negeri Semarang*. 13(2):165-224.
- Soil Survey Staff. 2014. *Kunci Taksonomi Tanah*. Edisi Ketiga, 2015. Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Lahan Pertanian, Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian.
- Sosrodarsono., Takeda. 1977. *Hidrologi Untuk Pengairan*. Association For Internasional Technical Promotion, Tokyo, japan.
- Subardja S, Dadja. Dkk. 2014. *Klasifikasi Tanah Nasional*. Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian: Bogor.
- Suripin. 2004. *Drainase Perkotaan Berkelanjutan*. Yogyakarta: ANDI.
- Thamsi, A. B., Anwar, H., Bakri, S., Harwan, H., & Juradi, M. I. 2019. Penerapan Sistem Informasi Geografis Untuk Mengidentifikasi Tingkat Bahaya Longsor Di Kec. Sabbang, Kab. Luwu Utara, Prov. Sulawesi Selatan. *Jurnal Geomine*, 7(1), 45.
- Van Zuidam, R.A., 1985, *Aerial Photo – Interpretationin Terrain Analysis and Geomorphologic Mapping*, Smith Publisher – The Hague, Enschede, Netherlands.
- Winter, Thomas C. dkk. 1998. *Ground Water and Surface Water A Single Resource*. Denver, Colorado:U.S. Government Printing Office.