

Analisis Laju Infiltrasi dan Hubungannya dengan Aliran Permukaan di Kecamatan Panakkukang

Muhammad Musawwir¹ | Indriyanti Azis^{2*} | Marupah Marupah² | Farida Gaffar²

¹ Mahasiswa Program Studi Teknik Pengairan, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Makassar, Indonesia.

Email: mhmmdmusawwir@gmail.com

² Program Studi Teknik Pengairan, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Makassar, Indonesia.

Email: indriyanti@unismuh.ac.id
marupah@unismuh.ac.id
farida.gaffar@unismuh.ac.id

Korespondensi:

*Indriyanti Azis
indriyanti@unismuh.ac.id

ABSTRAK

Penurunan kapasitas infiltrasi tanah akibat meningkatnya kawasan kedap air di perkotaan berkontribusi terhadap meningkatnya aliran permukaan yang memicu genangan dan banjir. Penelitian ini bertujuan menganalisis karakteristik laju infiltrasi tanah dan hubungannya dengan aliran permukaan di Kecamatan Panakkukang, Kota Makassar. Metode yang digunakan adalah pendekatan kuantitatif melalui pengukuran laju infiltrasi dengan double ring infiltrometer pada dua lokasi serta analisis curah hujan rencana menggunakan metode Mononobe berdasarkan data 10 tahun terakhir. Parameter infiltrasi dianalisis dengan model Horton dan dibandingkan dengan intensitas hujan. Hasil menunjukkan Lokasi 1 (Taman Toddopuli) memiliki $f_0 = 1620,00$ mm/jam, $f_c = 24,00$ mm/jam, $k = 2,88$ dengan laju konstan tercapai pada 1,92 jam. Lokasi 2 (Lapangan AURI Panaikang) memiliki $f_0 = 672,00$ mm/jam, $f_c = 36,00$ mm/jam, $k = 2,01$, dengan laju konstan pada 2,17 jam. Intensitas hujan rencana kala ulang 10 tahun ($t_c = 0,70$ jam) sebesar 81,01 mm/jam. Aliran permukaan mulai terbentuk pada 1,00 jam di Lokasi 1 dan 1,42 jam di Lokasi 2, dengan aliran permukaan 9,01 mm/jam. Temuan ini menegaskan adanya hubungan terbalik antara laju infiltrasi dan aliran permukaan: semakin tinggi laju infiltrasi, maka aliran permukaan semakin rendah, sebaliknya, jika laju infiltrasi menurun, maka aliran permukaan meningkat. Oleh karena itu, diperlukan infrastruktur resapan seperti sumur resapan, biopori, dan taman hujan sebagai strategi konservasi air.

Kata Kunci:

Laju infiltrasi, aliran permukaan, intensitas curah hujan

ABSTRACT

The reduction in soil infiltration capacity due to the expansion of impervious surfaces in urban areas contributes to increased surface runoff, leading to waterlogging and flooding. This study aims to analyze the characteristics of soil infiltration rates and their relationship with surface runoff in Panakkukang District, Makassar City. A quantitative approach was applied through field measurements of infiltration rates using a double ring infiltrometer at two study sites, along with the analysis of design rainfall using the Mononobe method based on 10 years of rainfall data. Infiltration parameters were determined using the Horton model and evaluated by comparing rainfall intensity with infiltration capacity. The results show that Site 1 (Toddopuli Park) recorded $f_0 = 1620,00$ mm/h, $f_c = 24,00$ mm/h, $k = 2,88$ with constant rate after 1,92 hours. Site 2 (AURI Field Panaikang) recorded $f_0 = 672,00$ mm/h, $f_c = 36,00$ mm/h, $k = 2,01$, with constant rate after 2,17 hours. The 10-year return period rainfall intensity ($t_c = 0,70$ h) was 80,74 mm/h. Runoff began at 1,00 h at Site 1 and 1,42 h at Site 2, producing 9,01 mm/h of runoff. These findings confirm the inverse relationship between infiltration rate and surface runoff: higher infiltration reduces runoff, while lower infiltration increases it. Thus, infiltration-based infrastructures such as recharge wells, biopores, and rain gardens are required as water conservation strategies.

Keywords:

Infiltration rate, overland flow, rainfall intensity

1 | PENDAHULUAN

Perkembangan kawasan perkotaan menyebabkan perubahan tata guna lahan yang ditandai dengan meningkatnya luas permukaan kedap air akibat pembangunan jalan, permukiman, kawasan komersial, dan berbagai infrastruktur lainnya,

sehingga mengurangi luas area resapan dan menurunkan kemampuan tanah dalam menyerap air hujan (Shafa et al., 2022). Kondisi ini memperburuk kinerja saluran drainase yang seharusnya mengalirkan aliran air dengan lancar (Hartati et al., 2023). Hal ini mengakibatkan potensi terjadinya genangan maupun banjir perkotaan juga meningkat, terutama pada wilayah dengan tingkat pembangunan dan kepadatan penduduk yang tinggi (Harisuseno & Cahya, 2020). Teknologi konstruksi ramah lingkungan seperti penggunaan beton berpori sebenarnya mampu meningkatkan infiltrasi, namun implementasinya masih minim di kawasan urban padat (Safitri et al., 2021).

Air hujan merupakan bagian dari siklus hidrologi yang menghubungkan pergerakan air di atmosfer, litosfer, biosfer, dan antroposfer. Aktivitas manusia, terutama perubahan tata guna lahan, dapat memengaruhi siklus tersebut sehingga berdampak pada proses infiltrasi dan aliran permukaan (Yang et al., 2021). Air hujan yang jatuh ke permukaan bumi sebagian besar akan meresap ke dalam tanah melalui proses infiltrasi, sementara sisanya akan mengalir di permukaan sebagai aliran permukaan menuju saluran drainase, sungai, danau, maupun badan air lainnya (Tawakal & Lesmana, 2022).

Infiltrasi merupakan proses masuknya air ke dalam tanah melalui permukaan tanah yang dipengaruhi oleh karakteristik tanah, tutupan lahan, dan kondisi kelembapan awal tanah (Edwardo et al., 2020). Proses ini berperan penting dalam mengisi cadangan air tanah sekaligus mengurangi jumlah air yang mengalir di atas permukaan tanah. Semakin besar kemampuan tanah melakukan infiltrasi, semakin banyak air hujan yang dapat diserap sehingga volume aliran permukaan menjadi lebih kecil. Sebaliknya, apabila intensitas hujan melebihi kapasitas infiltrasi tanah, maka kelebihan air yang tidak mampu meresap akan mengalir di atas permukaan sebagai aliran permukaan (*surface runoff*) yang berpotensi menimbulkan genangan maupun banjir (Hafiz et al., 2023).

Aliran permukaan merupakan bagian bagian dari proses hidrologi berupa air hujan yang mengalir di atas permukaan tanah menuju tempat yang lebih rendah, seperti saluran drainase (Mahmud et al., 2021). Aliran permukaan terjadi ketika air hujan tidak dapat seluruhnya meresap ke dalam tanah akibat keterbatasan kapasitas infiltrasi. Intensitas hujan merupakan salah satu faktor utama yang memengaruhi besarnya aliran permukaan (Nuryanti, 2023). Pada kondisi lahan alami yang masih memiliki vegetasi dan area resapan yang luas, sebagian besar air hujan akan mengalami infiltrasi sehingga aliran permukaan yang terbentuk relatif kecil. Sebaliknya, pada kawasan perkotaan yang didominasi oleh permukaan kedap air seperti jalan beraspal, beton, dan bangunan, kemampuan infiltrasi tanah cenderung menurun sehingga sebagian besar air hujan langsung menjadi aliran permukaan. Kondisi tersebut menyebabkan peningkatan debit yang harus dialirkan oleh sistem drainase dalam waktu yang relatif singkat, sehingga apabila kapasitas drainase tidak mencukupi, maka potensi terjadinya genangan maupun banjir akan semakin besar.

Hubungan antara intensitas curah hujan, laju infiltrasi, dan aliran permukaan merupakan salah satu aspek penting dalam analisis hidrologi, khususnya dalam menjelaskan mekanisme terbentuknya genangan di kawasan perkotaan. Ketika intensitas curah hujan lebih kecil dibandingkan laju infiltrasi tanah, sebagian besar air hujan masih mampu meresap ke dalam tanah sehingga aliran permukaan belum terbentuk. Sebaliknya, apabila intensitas curah hujan telah melampaui kapasitas infiltrasi tanah, maka kelebihan air akan mengalir di atas permukaan dan membentuk aliran permukaan. Dengan demikian, laju infiltrasi dan aliran permukaan memiliki hubungan yang berbanding terbalik, yaitu semakin tinggi laju infiltrasi maka semakin kecil potensi terbentuknya aliran permukaan. Hubungan tersebut telah dibuktikan oleh penelitian (Sari & Andayono, 2022) yang menunjukkan bahwa peningkatan laju infiltrasi mampu menurunkan besarnya aliran permukaan, sedangkan penurunan laju infiltrasi akan meningkatkan volume air yang mengalir di atas permukaan sehingga potensi terjadinya genangan maupun banjir menjadi semakin besar.

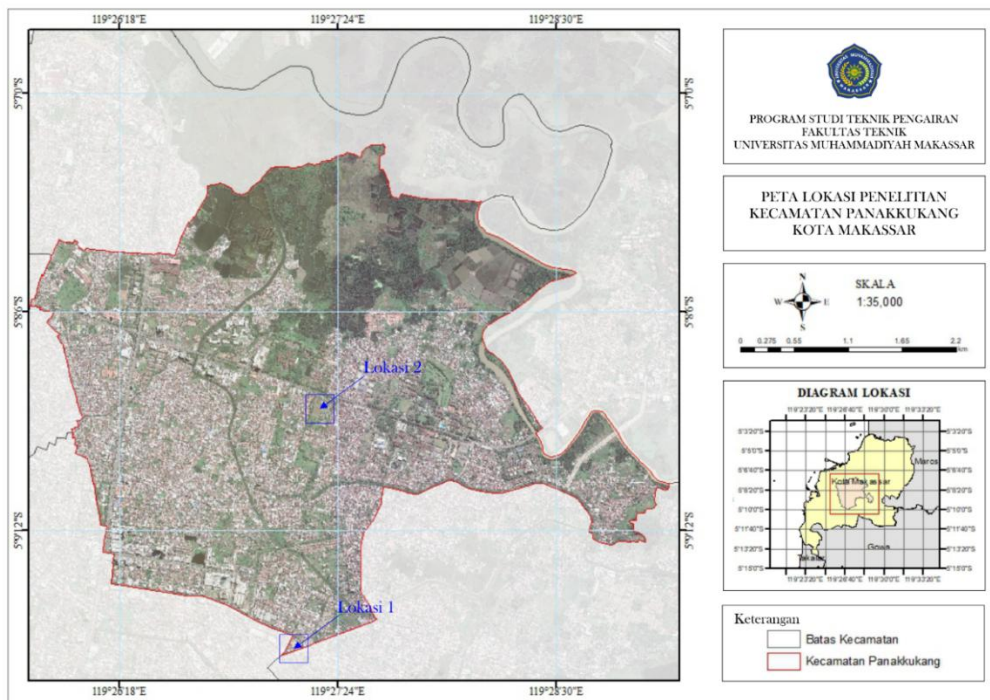
Di wilayah dengan tingkat urbanisasi tinggi, seperti Kecamatan Panakkukang, peningkatan area terbangun dengan material kedap air seperti beton dan aspal mengakibatkan penurunan laju infiltrasi secara signifikan (Latif et al., 2021). Kecamatan Panakkukang merupakan salah satu kawasan perkotaan dengan tingkat pembangunan yang tinggi di Kota Makassar. Wilayah ini memiliki jumlah penduduk sebesar 144.204 jiwa dengan kepadatan mencapai 8.458 jiwa/km² (BPS Makassar, 2024). Tingginya aktivitas pembangunan menyebabkan berkurangnya area resapan sehingga meningkatkan potensi terbentuknya aliran permukaan yang dapat membebani sistem drainase. Studi sebelumnya menunjukkan bahwa Panakkukang merupakan salah satu wilayah terdampak banjir akibat luapan Sungai Tallo, dengan luas genangan mencapai 4,24 km² atau setara dengan 424 hektar (Karamma et al., 2021). Penelitian lain bahkan mencatat bahwa wilayah rawan banjir di Panakkukang dapat mencapai 816 hektar, dengan volume aliran sebesar 13 m³/detik/km² (Riansa et al., 2022).

Berdasarkan kondisi tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis laju infiltrasi dan hubungannya dengan aliran permukaan. Pengukuran laju infiltrasi menggunakan alat *double ring infiltrometer*. Selain itu, data curah hujan digunakan dalam perhitungan intensitas hujan. Nilai intensitas hujan tersebut kemudian dibandingkan dengan hasil pengukuran laju infiltrasi tanah untuk menganalisis potensi aliran permukaan di Kecamatan Panakkukang.

2 | METODE

2.1 | Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Kecamatan Panakkukang, Kota Makassar. Wilayah ini dipilih karena merupakan kawasan perkotaan yang mengalami pertumbuhan pesat dan memiliki permasalahan aliran permukaan akibat berkurangnya area resapan.



GAMBAR 1 Lokasi Penelitian

2.2 | Pengumpulan Data dan Analisis Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari data primer dan data sekunder. Data primer diperoleh melalui pengukuran langsung di lapangan, sedangkan data sekunder diperoleh dari instansi terkait serta sumber data pendukung lainnya. Data primer pada penelitian ini berupa data laju infiltrasi tanah yang diperoleh melalui pengujian infiltrasi menggunakan alat *double ring infiltrometer* pada dua titik lokasi di Kecamatan Panakkukang. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui kemampuan tanah dalam menyerap air serta karakteristik perubahan laju infiltrasi terhadap waktu. Sementara itu, data sekunder yang digunakan dalam penelitian ini meliputi data curah hujan harian maksimum dari Stasiun Maritim Paotere, Stasiun Panakkukang, dan Stasiun Parangloe dengan periode pengamatan tahun 2015–2024. Selain itu, penelitian ini juga menggunakan peta *shapefile* (SHP) jenis tanah untuk mengidentifikasi karakteristik tanah pada wilayah penelitian.

Analisis data dalam penelitian ini dilakukan untuk mengetahui karakteristik laju infiltrasi tanah serta hubungannya dengan intensitas curah hujan pada wilayah penelitian. Data curah hujan maksimum tahunan dianalisis menggunakan metode analisis frekuensi dengan distribusi Log Pearson Type III untuk memperoleh nilai curah hujan rencana berdasarkan periode ulang tertentu.

Nilai curah hujan rencana selanjutnya digunakan untuk menentukan intensitas curah hujan dengan metode Mononobe, yang menggambarkan hubungan antara curah hujan rencana dan durasi hujan pada suatu daerah tangkapan. Metode Mononobe dipilih karena data hujan yang digunakan dalam perencanaan ini adalah data hujan harian (Riduan et al., 2024):

$$I = \frac{R_{24}}{24} \times \left(\frac{24}{tc}\right)^{\frac{2}{3}} \quad (1)$$

di mana I adalah intensitas curah hujan (mm/jam), R adalah curah hujan rencana (mm), dan tc merupakan waktu konsentrasi (jam).

Analisis laju infiltrasi tanah dilakukan berdasarkan data hasil pengujian lapangan menggunakan alat *double ring infiltrometer*. Perhitungan laju infiltrasi dilakukan menggunakan persamaan yang tercantum dalam SNI 7752:2012.

$$f = \frac{\Delta h}{\Delta t} \times 60 \quad (2)$$

Di mana f merupakan laju infiltrasi (mm/jam). Δh adalah perubahan tinggi muka air (mm), dan Δt adalah interval waktu pengamatan. Selanjutnya, karakteristik penurunan laju infiltrasi dianalisis menggunakan model Horton yang menggambarkan perubahan kapasitas infiltrasi tanah terhadap waktu. Model Horton telah banyak digunakan dalam berbagai penelitian hidrologi karena dinilai mampu merepresentasikan karakteristik penurunan kapasitas infiltrasi tanah secara memadai (Priyanto et al., 2021).

$$f_t = f_c + (f_0 - f_c)e^{-kt} \quad (3)$$

di mana f_t adalah laju infiltrasi pada waktu t , f_0 merupakan laju infiltrasi awal, f_c adalah laju infiltrasi konstan, dan k merupakan konstanta penurunan infiltrasi.

Selanjutnya, hubungan antara laju infiltrasi dan aliran permukaan dianalisis melalui perbandingan antara intensitas curah hujan dan infiltrasi tanah. Apabila nilai intensitas curah hujan lebih besar dibandingkan dengan laju infiltrasi tanah, maka kelebihan air hujan akan berpotensi menjadi aliran permukaan yang dapat menyebabkan genangan. Analisis ini digunakan untuk menggambarkan kontribusi penurunan kapasitas infiltrasi terhadap peningkatan aliran permukaan di

wilayah penelitian.

3 | HASIL

3.1 | Analisis Hidrologi

Analisis hidrologi merupakan tahap penting dalam mengkaji karakteristik hidrologi suatu daerah aliran, khususnya di wilayah Kecamatan Panakkukang. Tujuan analisis hidrologi dalam penelitian ini adalah untuk memperoleh nilai intensitas curah hujan pada daerah tangkapan air (*catchment area*) Kecamatan Panakkukang yang memiliki luas sebesar 1.705 hektar.

1. Perhitungan Curah Hujan Rerata

Curah hujan rata-rata wilayah dihitung dengan menggunakan metode Aljabar. Curah hujan rata-rata wilayah kemudian dihitung dengan menggunakan metode Aljabar. Metode ini adalah metode paling sederhana dalam perhitungan hujan kawasan dan untuk luas daerah yang diplot untuk mendapatkan data curah hujan < 500 km² sehingga metode ini dianggap memenuhi persyaratan untuk digunakan.

TABEL 1 Curah Hujan Maksimum Rata-Rata Metode Aljabar

NO.	Tahun	Stasiun Hujan (mm)			Curah Hujan Rata-rata daerah (Aljabar)
		Paotere	Panakkukang	Parangloe	
1	2015	160,30	139,00	128,00	142,43
2	2016	188,70	142,00	140,00	156,90
3	2017	156,00	178,00	153,00	162,33
4	2018	152,10	145,00	188,00	161,70
5	2019	107,00	125,00	112,00	114,67
6	2020	122,90	160,00	124,00	135,63
7	2021	213,97	159,57	202,47	192,00
8	2022	151,87	163,01	129,33	148,07
9	2023	195,58	204,34	212,28	204,07
10	2024	136,91	166,46	128,44	143,93
Jumlah		1585,33	1582,38	1517,52	1561,74
Rata-rata					150,00

2. Analisis Frekuensi

Metode yang digunakan untuk menentukan frekuensi curah hujan maksimum adalah metode Log Pearson Type III.

TABEL 2 Hasil Perhitungan Curah Hujan Rencana Metode Log Pearson Type III

Kala Ulang (Tr) (Tahun)	Pr(%)	K	K.Sd _{log R}	Log R _{rancangan}	R _{rancangan}
2	50	-0,01816	-0,0013	2,1869	153,77
5	20	0,83589	0,0603	2,2485	177,23
10	10	1,29265	0,0933	2,2815	191,21
25	4	1,78762	0,1291	2,3172	207,60
50	2	2,11172	0,1524	2,3406	219,10
100	1	2,40617	0,1737	2,3619	230,09

3. Waktu konsentrasi (*t_c*)

Sebelumnya, dari peta sistem drainase dan peta elevasi didapatkan panjang lintasan air dari titik terjauh sampai titik yang ditinjau, yaitu 1833,761 m, dengan elevasi saluran tertinggi 17,570 dan elevasi outlet 4,227. Perhitungan waktu konsentrasi dengan metode Kirpich adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 t_c &= 0,0195 \cdot L^{0,77} \cdot S^{-0,385} \\
 t_c &= 0,0195 \cdot 1833,761^{0,77} \cdot 0,013^{-0,385} \\
 t_c &= 0,0195 \cdot 325,667 \cdot 6,655 \\
 t_c &= 44,41 \text{ menit} \\
 t_c &= 0,74 \text{ jam}
 \end{aligned}$$

4. Analisis Intensitas Curah Hujan

Perhitungan curah hujan dengan metode Log Pearson Type III akan digunakan untuk menentukan intensitas curah hujan menggunakan rumus Mononobe.

TABEL 3 Hasil Analisis Intensitas Curah Hujan Metode Mononobe

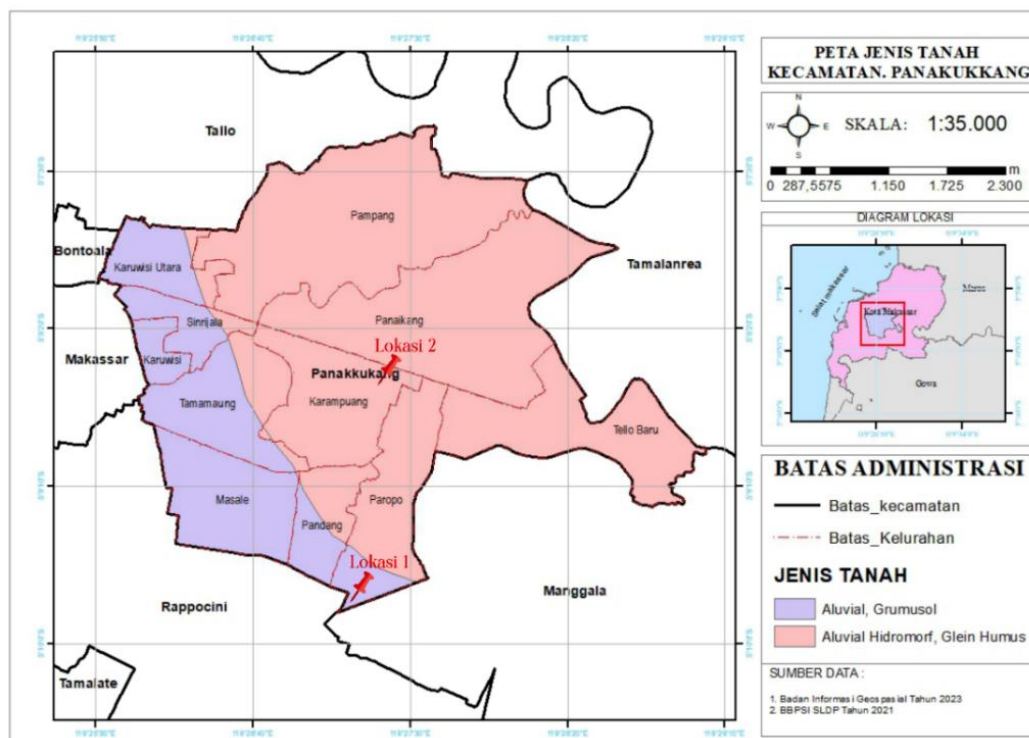
Kala Ulang [Tr]	Hujan Rancangan (mm)	Waktu Konsentrasi	Kala Ulang [Tr]
2	153,77	0,74	65,15
5	177,23	0,74	75,08
10	191,21	0,74	81,01

Intensitas curah hujan yang digunakan dalam penelitian ini adalah intensitas hujan kala ulang 10 tahun sebesar 81,01 mm/jam sebagai dasar analisis hubungan curah hujan, laju infiltrasi, dan aliran permukaan. Pemilihan kala ulang 10 tahun mengacu pada tipologi kota metropolitan dengan luas lebih dari 500 ha. Karena Kecamatan Panakkukang memiliki luas sekitar 1.705 ha, kala ulang tersebut dinilai sesuai untuk merepresentasikan kondisi hujan yang memengaruhi aliran permukaan.

3.2 | Pengukuran Infiltrasi

1. Penentuan Lokasi Uji Infiltrasi

Lokasi pengambilan data uji infiltrasi dalam penelitian ini terletak di wilayah Kecamatan Panakkukang, Kota Makassar. Pada peta terdapat dua pembagian wilayah berdasarkan jenis tanah yang dominan di daerah tersebut. Untuk wilayah dengan warna ungu terdapat jenis tanah, yaitu aluvial, sedangkan untuk wilayah dengan warna merah muda terdapat jenis tanah aluvial hidromorf.



GAMBAR 2 Lokasi Uji Infiltrasi

2. Perhitungan Laju Infiltrasi

Laju infiltrasi atau nilai f dengan satuan mm/jam perhitungannya dilakukan dengan membagi beda tinggi muka air (mm) terhadap selang waktu pengukuran (jam). Dari hasil pengukuran diperoleh nilai laju infiltrasi awal (f_0) dan laju infiltrasi konstan (f_c). Lokasi 1 berada di Taman Toddopuli dengan titik koordinat $5^{\circ}09'49.2''\text{S}$ $119^{\circ}27'08.5''\text{E}$, yang secara administratif termasuk dalam Kelurahan Pandang. Berdasarkan peta jenis tanah, area ini termasuk dalam klasifikasi tanah aluvial yang ditunjukkan dengan warna ungu. Lokasi 2 terletak di Lapangan AURI Panaikang dengan titik koordinat $5^{\circ}08'35.7''\text{S}$ $119^{\circ}27'17.9''\text{E}$, yang berada di Kelurahan Karampuang. Berdasarkan peta, lokasi ini berada pada wilayah dengan jenis tanah aluvial hidromorf yang digambarkan dengan warna merah muda. Berikut ada hasil perhitungan laju infiltrasi dari kedua lokasi.

TABEL 4 Hasil Perhitungan Laju Infiltrasi pada Lokasi 1 Taman Toddopuli

No	Waktu (t) (menit)	Waktu (t) (jam)	Interval Waktu (Δt) (menit)	Tinggi Air (h) (mm)	Beda tinggi (Δh) (mm)	($\Delta h/\Delta t$)	(f) (mm/jam)
1	0	0,00	5	380	0	0	0,00
2	5	0,08	5	245	135,0	27,00	1620,00
3	10	0,17	5	196	49,0	9,80	588,00
4	15	0,25	5	174	22,0	4,40	264,00
5	20	0,33	5	156	18,0	3,60	216,00
6	25	0,42	5	143	13,0	2,60	156,00
7	30	0,50	5	131	12,0	2,40	144,00
8	35	0,58	5	120	11,0	2,20	132,00
9	40	0,67	5	109	11,0	2,20	132,00
10	45	0,75	5	100	9,0	1,80	108,00
11	50	0,83	5	92	8,0	1,60	96,00
12	55	0,92	5	85	7,0	1,40	84,00
13	60	1,00	5	79	6,0	1,20	72,00
14	65	1,08	5	74	5,0	1,00	60,00
15	70	1,17	5	69	5,0	1,00	60,00
16	75	1,25	5	65	4,0	0,80	48,00
17	80	1,33	5	61	4,0	0,80	48,00
18	85	1,42	5	58	3,0	0,60	36,00
19	90	1,50	5	55	3,0	0,60	36,00
20	95	1,58	5	52	3,0	0,60	36,00
21	100	1,67	5	50	2,0	0,40	24,00
22	105	1,75	5	48	2,0	0,40	24,00
23	110	1,83	5	46	2,0	0,40	24,00
24	115	1,92	5	44	2,0	0,40	24,00

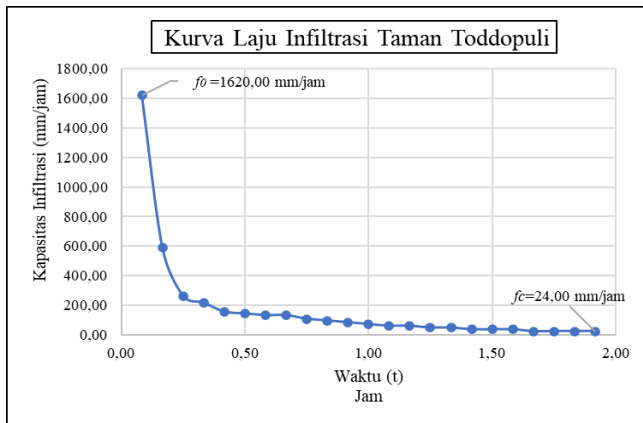
Berdasarkan tabel di atas dapat diketahui parameter infiltrasi, yaitu f_0 dan f_c . Pada Taman Toddopuli nilai parameter f_0 atau laju infiltrasi awal adalah 1620,00 mm/jam dan parameter f_c atau laju infiltrasi konstan adalah 24,00 mm/jam

TABEL 5 Hasil Perhitungan Laju Infiltrasi pada Lokasi 2 Lapangan AURI Panaikang.

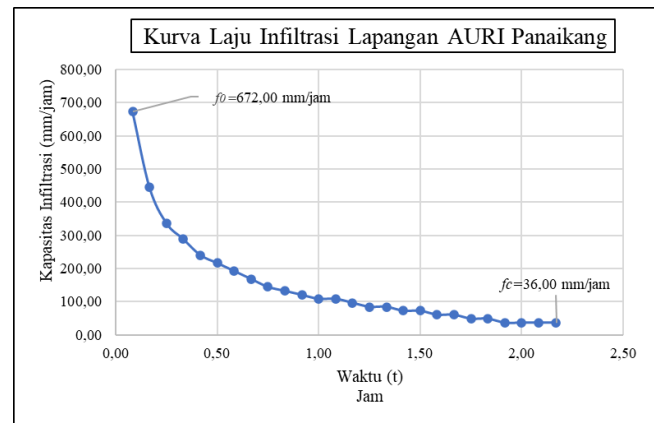
No	Waktu (t) (menit)	Waktu (t) (jam)	Interval Waktu (Δt)(menit)	Tinggi Air (h) (mm)	Beda tinggi (Δh) (mm)	($\Delta h/\Delta t$)	(f) (mm/jam)
1	0	0,00	5	390	0	0	0,00
2	5	0,08	5	334	56,0	11,20	672,00
3	10	0,17	5	297	37,0	7,40	444,00
4	15	0,25	5	269	28,0	5,60	336,00
5	20	0,33	5	245	24,0	4,80	288,00
6	25	0,42	5	225	20,0	4,00	240,00
7	30	0,50	5	207	18,0	3,60	216,00
8	35	0,58	5	191	16,0	3,20	192,00
9	40	0,67	5	177	14,0	2,80	168,00
10	45	0,75	5	165	12,0	2,40	144,00
11	50	0,83	5	154	11,0	2,20	132,00
12	55	0,92	5	144	10,0	2,00	120,00
13	60	1,00	5	135	9,0	1,80	108,00
14	65	1,08	5	126	9,0	1,80	108,00
15	70	1,17	5	118	8,0	1,60	96,00
16	75	1,25	5	111	7,0	1,40	84,00
17	80	1,33	5	104	7,0	1,40	84,00
18	85	1,42	5	98	6,0	1,20	72,00
19	90	1,50	5	92	6,0	1,20	72,00
20	95	1,58	5	87	5,0	1,00	60,00
21	100	1,67	5	82	5,0	1,00	60,00
22	105	1,75	5	78	4,0	0,80	48,00
23	110	1,83	5	74	4,0	0,80	48,00

24	115	1,92	5	71	3,0	0,60	36,00
25	120	2,00	5	68	3,0	0,60	36,00
26	125	2,08	5	65	3,0	0,60	36,00
27	130	2,17	5	62	3,0	0,60	36,00

Kemudian pada Lapangan AURI Panaikang nilai f_0 adalah 672,00 mm/jam dan nilai f_c adalah 36,00 mm/jam. Hasil ini menunjukkan adanya perbedaan karakteristik infiltrasi antar kedua lokasi yang dipengaruhi oleh kondisi fisik tanah



GAMBAR 3 Kurva Laju Infiltrasi pada Taman Toddopuli

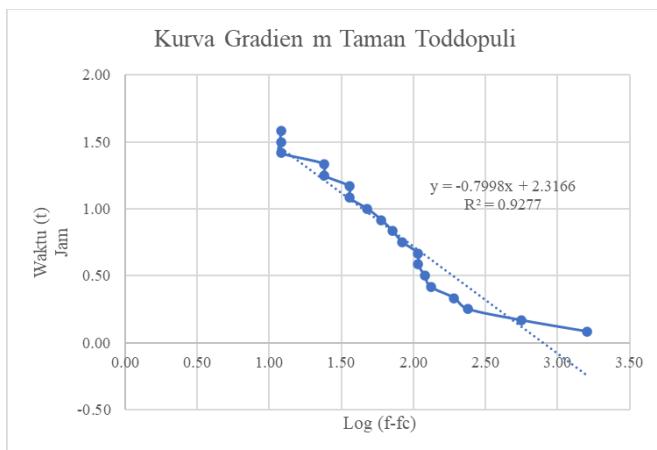


GAMBAR 4 Kurva Laju Infiltrasi pada Lapangan AURI Panaikang

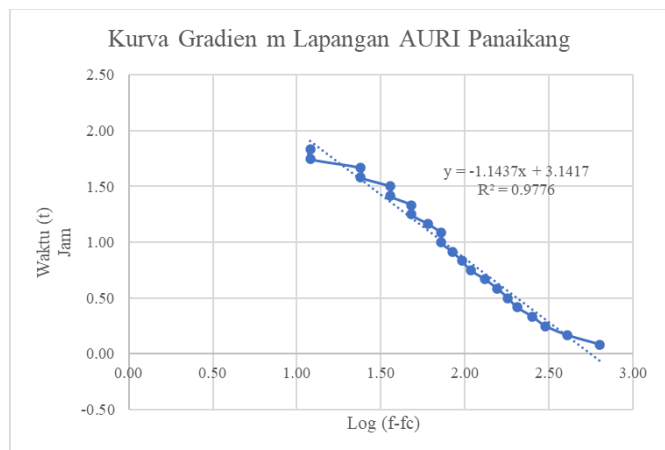
Kurva laju infiltrasi di Taman Toddopuli dan Lapangan AURI Panaikang menunjukkan pola yang sama, yaitu laju infiltrasi awal (f_0) yang tinggi kemudian menurun hingga mencapai laju infiltrasi konstan (f_c) akibat meningkatnya kejenuhan tanah. Di Taman Toddopuli laju infiltrasi menurun dari 1620 menjadi 24 mm/jam dalam waktu 1,92 jam, sedangkan di Lapangan AURI Panaikang dari 672 menjadi 36 mm/jam dalam waktu 2,17 jam. Kondisi ini menunjukkan bahwa apabila intensitas hujan melebihi laju infiltrasi konstan, kelebihan air akan menjadi aliran permukaan yang berpotensi menimbulkan genangan.

3. Parameter k

Nilai k dihitung menggunakan pendekatan persamaan linier. Perhitungan nilai k beserta kurva *regresi linier* pada Taman Toddopuli dan Lapangan AURI Panaikang dapat dilihat pada gambar berikut.



GAMBAR 5 Kurva Gradien m Taman Toddopuli



GAMBAR 6 Kurva Gradien m Lapangan AURI Panaikang

Dari kurva gradien m Taman Toddopuli diperoleh nilai gradien $m = -0,7998$ dan $R^2 = 0,9277$, maka nilai k sebagai berikut:

$$k = \left(\frac{-1}{(m \log e)} \right)$$

$$k = \left(\frac{-1}{(0,7998 \times \log 2,718)} \right) = 2,88$$

Dengan menggunakan cara yang sama maka didapatkan nilai k pada Lapangan AURI Panaikang 2,01

4. Perhitungan laju infiltrasi Metode Horton

Perhitungan awal laju infiltrasi menggunakan metode Horton, yaitu menghitung nilai laju infiltrasi pada saat konstan. Nilai

t pada perhitungan merupakan waktu pada saat mencapai konstan.

TABEL 6 Parameter Infiltrasi Taman Toddopuli dan Lapangan AURI Panaikang

No	Lokasi	f_0 (mm/jam)	f_c (mm/jam)	k	t (jam)
1	Taman Toddopuli	1620,00	24,00	2,88	1,92
2	Lapangan AURI Panaikang	672,00	36,00	2,01	2,17

Hasil perhitungan laju infiltrasi dengan menggunakan metode Horton kemudian diklasifikasikan berdasarkan tabel U.S. Soil Conservation yang dapat dilihat pada tabel berikut.

TABEL 7 Klasifikasi Laju Infiltrasi

No	Lokasi	f_t (mm/jam)	Klasifikasi Laju Infiltrasi
1	Taman Toddopuli	30,41	Sedang
2	Lapangan AURI Panaikang	44,11	Sedang

3.3 | Hubungan Laju Infiltrasi dan Aliran Permukaan

Intensitas curah hujan, laju infiltrasi, dan aliran permukaan merupakan komponen yang saling berkaitan dalam sistem hidrologi. Aliran permukaan tidak terbentuk ketika intensitas curah hujan lebih kecil dari laju infiltrasi, sedangkan kelebihan air akan menjadi aliran permukaan apabila intensitas hujan melebihi kapasitas infiltrasi tanah. Berdasarkan hasil analisis, intensitas curah hujan sebesar 81,01 mm/jam digunakan sebagai dasar evaluasi kemampuan tanah menyerap air. Pada waktu 0,08 jam, laju infiltrasi awal di Lokasi 1 sebesar 1620,00 mm/jam masih mampu menyerap seluruh air hujan, sehingga nilai infiltrasi sama dengan intensitas hujan 81,01 mm/jam dan belum terbentuk aliran permukaan. Hasil perhitungan pada setiap waktu pengamatan untuk kedua lokasi selengkapnya disajikan pada Tabel 8 dan Tabel 9.

TABEL 8 Besar Aliran Permukaan dari Waktu ke Waktu pada Lokasi 1

No	Waktu (jam)	Laju Infiltrasi (mm/jam)	Nilai Infiltrasi (mm/jam)	Aliran permukaan (mm/jam)
1	0,08	1620,00	81,01	-
2	0,17	588,00	81,01	-
3	0,25	264,00	81,01	-
4	0,33	216,00	81,01	-
5	0,42	156,00	81,01	-
6	0,50	144,00	81,01	-
7	0,58	132,00	81,01	-
8	0,67	132,00	81,01	-
9	0,75	108,00	81,01	-
10	0,83	96,00	81,01	-
11	0,92	84,00	81,01	-
12	1,00	72,00	72,00	9,01
13	1,08	60,00	60,00	21,01
14	1,17	60,00	60,00	21,01
15	1,25	48,00	48,00	33,01
16	1,33	48,00	48,00	33,01
17	1,42	36,00	36,00	45,01
18	1,50	36,00	36,00	45,01
19	1,58	36,00	36,00	45,01
20	1,67	24,00	24,00	57,01
21	1,75	24,00	24,00	57,01
22	1,83	24,00	24,00	57,01
23	1,92	24,00	24,00	57,01

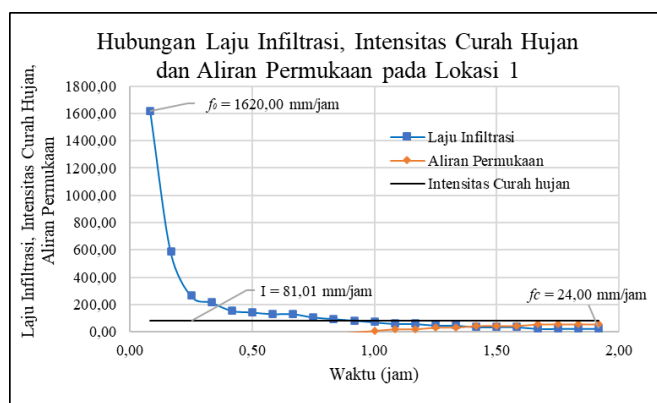
Berdasarkan Tabel 8 (Lokasi 1), diketahui bahwa pada waktu 0,08 jam hingga 0,92 jam belum terjadi aliran permukaan, karena nilai intensitas curah hujan masih lebih kecil dibandingkan dengan laju infiltrasi tanah. Namun, pada waktu 1,00 jam, aliran permukaan mulai terbentuk akibat intensitas curah hujan sebesar 81,01 mm/jam yang telah melampaui laju infiltrasi sebesar 72,00 mm/jam, sehingga menghasilkan aliran permukaan sebesar 9,01 mm/jam.

TABEL 9 Besar Aliran Permukaan dari Waktu ke Waktu pada Lokasi 2

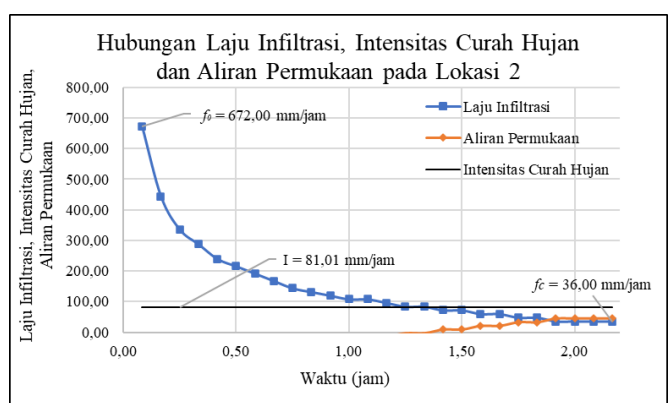
No	Waktu (jam)	Laju Infiltrasi (mm/jam)	Nilai Infiltrasi (mm/jam)	Aliran permukaan (mm/jam)
----	-------------	--------------------------	---------------------------	---------------------------

1	0,08	672,00	81,01	-
2	0,17	444,00	81,01	-
3	0,25	336,00	81,01	-
4	0,33	288,00	81,01	-
5	0,42	240,00	81,01	-
6	0,50	216,00	81,01	-
7	0,58	192,00	81,01	-
8	0,67	168,00	81,01	-
9	0,75	144,00	81,01	-
10	0,83	132,00	81,01	-
11	0,92	120,00	81,01	-
12	1,00	108,00	81,01	-
13	1,08	108,00	81,01	-
14	1,17	96,00	81,01	-
15	1,25	84,00	81,01	-
16	1,33	84,00	81,01	-
17	1,42	72,00	72,00	9,01
18	1,50	72,00	72,00	9,01
19	1,58	60,00	60,00	21,01
20	1,67	60,00	60,00	21,01
21	1,75	48,00	48,00	33,01
22	1,83	48,00	48,00	33,01
23	1,92	36,00	36,00	45,01
24	2,00	36,00	36,00	45,01
25	2,08	36,00	36,00	45,01
26	2,17	36,00	36,00	45,01

Pada Tabel 9 (Lokasi 2), aliran permukaan mulai terbentuk pada waktu 1,42 jam, ketika intensitas curah hujan sebesar 81,01 mm/jam telah melampaui laju infiltrasi tanah yang mencapai 72,00 mm/jam, sehingga menghasilkan aliran permukaan sebesar 9,01 mm/jam. Perbandingan antara laju infiltrasi, intensitas curah hujan, dan aliran permukaan pada kedua lokasi penelitian selanjutnya ditampilkan pada Gambar 7 dan 8.



GAMBAR 7 Hubungan Laju Infiltrasi, Intensitas Curah Hujan dan Aliran Permukaan pada Lokasi 1



GAMBAR 8 Hubungan Laju Infiltrasi, Intensitas Curah Hujan dan Aliran Permukaan pada Lokasi 2

Kedua grafik menunjukkan bahwa pada awal hujan laju infiltrasi yang tinggi mampu menyerap seluruh air sehingga belum terbentuk aliran permukaan. Seiring waktu, laju infiltrasi menurun hingga lebih rendah dari intensitas curah hujan, menyebabkan aliran permukaan mulai terbentuk. Pada Gambar 7, titik potong kurva terjadi sekitar 1,00 jam, sedangkan pada Gambar 8 terjadi sekitar 1,42 jam, yang menandai awal terbentuknya aliran permukaan. Hasil ini menunjukkan bahwa laju infiltrasi berbanding terbalik dengan aliran permukaan, di mana semakin tinggi laju infiltrasi semakin rendah aliran permukaan, dan sebaliknya. Temuan ini sejalan dengan penelitian (Sari & Andayono, 2022), yang menyatakan semakin tinggi laju infiltrasi, semakin rendah aliran permukaan yang terjadi. Sebaliknya, jika laju infiltrasi rendah, aliran permukaan akan meningkat sehingga berpotensi menimbulkan genangan atau banjir.

4 | KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian mengenai laju infiltrasi dan hubungannya dengan aliran permukaan di Kecamatan Panakkukang, dapat disimpulkan bahwa:

1. Kedua lokasi penelitian uji infiltrasi memiliki laju infiltrasi yang berbeda. Pada Taman Toddopuli, nilai f_0 sebesar 1620 mm/jam, f_c sebesar 24 mm/jam, dan k sebesar 2,88 serta waktu pada saat kondisi konstan yaitu 1,92 jam. Sementara itu, di Lapangan AURI Panaikang, diperoleh nilai f_0 sebesar 672 mm/jam, f_c sebesar 36 mm/jam, k sebesar 2,01 dan waktu pada saat kondisi konstan yaitu 2,17 jam.
Hasil ini menunjukkan bahwa infiltrasi tanah berlangsung sangat cepat pada awal hujan, khususnya ketika tanah masih dalam kondisi kering. Namun seiring waktu dan meningkatnya kejenuhan tanah, laju infiltrasi menurun secara bertahap hingga mencapai nilai konstan.
2. Hubungan antara laju infiltrasi dan aliran permukaan bersifat berbanding terbalik. Ketika laju infiltrasi tinggi, air hujan lebih cepat meresap sehingga aliran permukaan rendah atau bahkan tidak terjadi. Sebaliknya, jika laju infiltrasi rendah, air yang tidak sempat meresap akan mengalir di permukaan dan membentuk aliran permukaan. Pada lokasi 1, aliran terbentuk sekitar 1,00 jam dengan besaran aliran permukaan 9,01 mm/jam setelah hujan dimulai, ketika intensitas hujan 81,01 mm/jam melebihi laju infiltrasi 72,00 mm/jam. Sementara itu di lokasi 2 aliran permukaan terbentuk sekitar 1,42 jam dengan besaran aliran permukaan 9,01 mm/jam.

Daftar Pustaka

- BPS Makassar. (2024). *Badan Pusat Statistik Kota Makassar*. Badan Pusat Statistik Kota Makassar.
- Edwardo, D., Mart, Y. H., & Suyanto, H. (2020). Analisis Laju Infiltrasi di Kawasan Temanggung Tilung Kota Palangka Raya Provinsi Kalimantan Tengah. *Jurnal Teoritis Dan Terapan Bidang Keteknikan*, 3(2), 149–159.
- Hafiz, M. D., Khairun, D., Program, N., & Kehutanan, S. (2023). Analisis Penggunaan Lahan terhadap Kemampuan Infiltrasi tan Aliran Permukaan Curah Hujan di Das Maluka. *Jurnal Sylva Scientiae*, 06(3).
- Harisuseno, D., & Cahya, E. N. (2020). Determination of soil infiltration rate equation based on soil properties using multiple linear regression. *Journal of Water and Land Development*, 47(1), 77–88. <https://doi.org/10.24425/jwld.2020.135034>
- Hartati, T. M., Teapon, A., Wati, I., Indrawati, U., & Aji, K. (2023). Analisis Kapasitas Infiltrasi pada Beberapa Tipe Lahan Tegalan di Kelurahan Sasa Kecamatan Ternate Selatan. *Jurnal Agrikultura*, 2023(3), 401–410.
- Karamma, R., Lopa, R. T., & Hatta, M. P. (2021). The Revitalization of Makassar Urban Drainage System Based on Eco Drainage Retention Pond. *INTEK: Jurnal Penelitian*, 8(1), 47–53. <https://doi.org/10.31963/intek.v8i1.2811>
- Latif, S., Paddyatu, N., Yusri, A., & Baking, S. (2021). Infiltration optimization effort towards sustainable land-use. *ARTEKS : Jurnal Teknik Arsitektur*, 6(3), 481–490. <https://doi.org/10.30822/arteks.v6i3.1203>
- Mahmud, Wahyudi, Bataradewa, S., Budirianto, H. J., Mutakim, & Muhlis, L. O. (2021). Hubungan Curah Hujan Terhadap Limpasan Permukaan dan Sedimen pada Berbagai Penggunaan Lahan di DAS Arui, Kabupaten Manokwari. *Jurnal Ilmu Tanah Dan Lingkungan*, 23(2), 85–92. <https://doi.org/10.29244/jitl.23.2.85-92>
- Nuryanti, T. (2023). *Analisis Limpasan Permukaan (Runoff) pada Das Babak Kabupaten Lombok Barat*. Universitas Muhammadiyah Mataram.
- Prijanto, N., Harisuseno, D., & Fidari, J. (2021). Studi Perbandingan Model Horton dan Model Kostiakov Terhadap Laju Infiltrasi. *Jurnal Teknologi Dan Rekayasa Sumber Daya Air*.
- Riansa, A., Yamin Jinca, M., & Veronica Natalia, V. (2022). Potensi Penerapan Infrastruktur Hijau Permukaan Berpori (Permeable Pavement) dalam Mengurangi Genangan dan Banjir di Kacamatan Panakukkang. *Jurnal WKM*, 10.
- Riduan, R., Heraningtyas, C., Abdi, C., & Mazaya, G. I. (2024). Perencanaan Sistem Drainase Berwawasan Lingkungan (Eko-Drainase) di Kecamatan Banjarbaru Utara. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 22(4), 987–995. <https://doi.org/10.14710/jil.22.4.987-995>
- Safitri, K., Nur Cahya, E., & Haribowo, R. (2021). Pengaruh Posisi Kemiringan Vertikal dan Horizontal terhadap Kemampuan Infiltrasi dan Permeabilitas Beton Porous dengan Recycled Aggregate. *Jurnal Teknik Pengairan*, 12(1), 30–37. <https://doi.org/10.21776/ub.pengairan.2021.012.01.03>
- Sari, R. W., & Andayono, T. (2022). Hubungan Laju Infiltrasi Terhadap Peningkatan Aliran Permukaan di Daerah Pengembangan Permukiman Kota Padang. *Journal of Civil and Vocational Education*, 9, 355–357.
- Shafa, R., Dein, A., Rini, I., Ari, D., & Hariyani, S. (2022). Dampak Perubahan Infiltrasi dan Run-Off Terhadap Limpasan Permukaan dan Banjir di Kota Cimahi. *Planning for Urban Region and Environment*, 162.
- Tawakal, G. I., & Lesmana, R. Y. (2022). Analisis Kapasitas Infiltrasi pada Variasi Tutupan Lahan dengan Metode Horton di Kota Palangkaraya. *Jurnal Riset Dan Konseptual*, 7, 804–814. <https://doi.org/10.28926/briliant.v7i3.994>
- Yang, D., Yang, Y., & Xia, J. (2021). Hydrological cycle and water resources in a changing world: A review. *Geography and Sustainability*, 2(2), 115–122. <https://doi.org/10.1016/j.geosus.2021.05.003>