

Analisa Laju Infiltrasi dengan Metode Horton pada Sub DAS Pandantoyo dan Sub DAS Ngadirejo

Martheana Kencanawati¹, Mahendra Andiek Maulana²

¹Program Studi Teknik Sipil Universitas Balikpapan

²Departemen Teknik Sipil Institut Teknologi Sepuluh Nopember

¹Alamat korespondensi email: martheana@uniba-bpn.ac.id

Abstrak

Infiltrasi merupakan salah satu parameter penting dalam proses hidrologi, yang memengaruhi distribusi vertikal air hujan pada air permukaan serta berdampak signifikan terhadap air tanah dan air permukaan. Penelitian lapangan ini mengaplikasikan Metode Horton dalam model infiltrasi hidrologi. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui hubungan antara laju penyerapan di permukaan tanah dengan limpasan permukaan untuk modifikasi persamaan infiltrasi Horton pada kondisi hujan intermiten di Sub DAS Pandantoyo dan Sub DAS Ngadirejo. Data laju infiltrasi diambil menggunakan double-ring infiltrometer dan dilakukan overlay peta tata guna lahan serta jenis tanah pada area studi. Pengukuran in situ untuk data curah hujan intermiten dilakukan menggunakan weather station. Dari hasil analisis data, diketahui bahwa kapasitas infiltrasi menurun menjadi nilai konstan, dengan hasil laju resapan 90 mm/jam di daerah hulu, sedangkan di area hilir laju resapan adalah 26,4 mm/jam atau 30% dari nilai area hulu.

Kata kunci: Infiltrasi, Horton method, Double-ring infiltrometer, Jenis tanah



This is an open-access article under the [CC-BY-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/) license

PENDAHULUAN

Infiltrasi didefinisikan sebagai aliran air dari atas permukaan tanah ke bawah permukaan (Ferré & Warrick, 2005). Infiltrasi menentukan distribusi vertikal air hujan pada air permukaan dan mempengaruhi secara signifikan saling menggantikan diantara groundwater dan surface water. Infiltrasi sangat berkaitan dengan water conservation, perbaikan fungsi pemulihan dan flood control (Yang et al., 2020) Infiltrasi adalah salah satu proses sangatlah penting dalam parameter proses hidrologi (Yang et al., 2020)

Laju infiltrasi pada tanah adalah proses essential yang mempengaruhi keseragaman dan efisiensi irigasi karena adanya mekanisme transfer dan pendistribusian air pada permukaan tanah (Patle et al., 2019). Infiltrasi tanah di perkotaan juga dapat dianggap sebagai ambang batas antara limpasan dan penyerapan dan merupakan komponen kunci utama dari siklus hidrologi perkotaan dan memainkan peran penting dalam jalur serta kuantitas air ketika hujan intensitas sangat tinggi (badai) di catchment yang terdapat di perkotaan (Bergeson et al., 2022) Infiltrasi adalah proses dimana air pada permukaan tanah meresap ke dalam tanah (M. B. Kirkham, 2014). Infiltrasi sebagai masuknya air ke permukaan tanah dan selanjutnya bergerak vertikal menembus profil tanah. Infiltrasi memegang peran penting dalam bagian air permukaan yang melimpas sebagai limpasan permukaan dan air bawah permukaan. Pengukuran infiltrasi dapat digunakan untuk berbagai tujuan penelitian. Selain mengklasifikasikan infiltrasi, misalnya, untuk membandingkan infiltrasi antara berbagai jenis tanah, atau untuk mengukur aliran pori makro, infiltrasi sering kali diukur untuk memperkirakan parameter hidrolis tanah yang relevan dari pemasangan data infiltrasi ke model infiltrasi berbasis fisik tertentu. Hal ini umumnya dikenal sebagai *inverted models* (Hopmans, 2011).

LANDASAN TEORI

Infiltrasi merupakan bagian dari air hujan yang melimpas menyerap kedalam tanah (ke daerah yang tidak jenuh air). Daya infiltrasi (f_p) didefinisikan sebagai besarnya laju infiltrasi maksimum yang dimungkinkan dan dinyatakan dalam satuan mm/jam atau mm/hari. Infiltrasi berperan dasar dalam memahami aliran air tanah dan bawah permukaan. Karena variabilitas alami dari sifat hidrolis tanah, estimasi infiltrasi pada skala spasial yang berbeda masih menjadi masalah yang kompleks. Pemahaman tentang infiltrasi semakin rumit karena pola curah hujan spasio-temporal, efek slope yang tidak mewakili hasil yang diperoleh dalam eksperimen laboratorium terkontrol (Morbidelli et al., 2018).

Beberapa faktor yang mempengaruhi infiltrasi bahwa infiltrasi adalah bagian dari proses runoff. Apabila laju infiltrasi besar maka limpasan pada air permukaan akan kecil sehingga kemungkinan terjadinya banjir kecil (Limantara, 2018). Infiltrasi juga merupakan bagian dari recharge soil moisture dan ground water, sehingga apabila laju infiltrasi besar maka perkolasi akan besar sehingga recharge akan makin besar dan akan menambah cadangan air (Limantara, 2018).

Infiltrasi adalah parameter penting didalam hidrologi dan diaplikasikan pada agrikultural, irigasi, aquifer recharge, environmental water management. Pada pengendalian banjir perkotaan, infiltrasi mendeskripsikan distribusi soil water content dan dapat memprediksikan surface runoff dalam kondisi unsteady rainfall. Infiltrasi untuk recharge subsurface storage juga bisa meningkatkan aliran dasar (Price, 2011)

Laju infiltrasi dapat didefinisikan sebagai meter per satuan waktu air yang masuk ke dalam tanah tanpa memperhatikan jenis atau nilai gaya atau gradien (M. B. Kirkham, 2014) . Dengan bertambahnya durasi curah hujan, kapasitas infiltrasi akan mengalami penurunan. Hal ini sebagian disebabkan oleh meningkatnya resistensi terhadap aliran saat bagian depan kelembaban bergerak ke bawah yaitu pada saat resistansi dari hasil peningkatan gesekan karena bertambahnya panjang saluran aliran dan penurunan permeabilitas secara umum karena lempung yang mengembang. Jika curah hujan lebih besar dari kapasitas infiltrasi, terjadi limpasan permukaan. Jika curah hujan kurang dari kapasitas infiltrasi, semua uap air diserap (Cheremisinoff, 1997).

METODE PENELITIAN

Infiltrasi umumnya diukur dengan menggunakan salah satu dari tiga metode berbeda: metode sprinkler, metode infiltrasi cincin, atau metode permeameter. Double ring infiltrometer historis telah digunakan untuk karakteristik infiltrasi tanah dengan menentukan kapasitas infiltrasi, f_c . Sebuah cincin dimasukkan dengan hati-hati ke dalam tanah sehingga air dapat tergenang di atas area yang diketahui. Karena ketinggian air yang konstan diperlukan, ketinggian air yang konstan dipertahankan baik dengan menambahkan air secara manual dan menggunakan tongkat pengukur untuk mempertahankan kedalaman air dalam ring yang konstan, dan ketinggian air yang telah ditentukan.

Pengukuran biasanya dilanjutkan sampai laju infiltrasi pada dasarnya konstan. Metode sprinkler paling banyak diterapkan untuk menentukan waktu penggenangan untuk tingkat aplikasi air yang berbeda, sedangkan metode ring infiltrometer digunakan ketika kapasitas infiltrasi diperlukan (Hopmans, 2011). Dalam penelitian ini untuk mengetahui kemampuan lahan disekitar sub das Lanang dalam menyerap air hujan yang jatuh diatasnya melalui pengukuran nilai infiltrasi. Untuk mengetahui besarnya kapasitas infiltrasi suatu lahan dapat digunakan pengukuran dengan menggunakan alat infiltrometer. Infiltrometer digunakan untuk menetapkan infiltrasi kumulatif, laju infiltrasi, sorptivitas dan kapasitas infiltrasi (Masduqi et al., 2013)

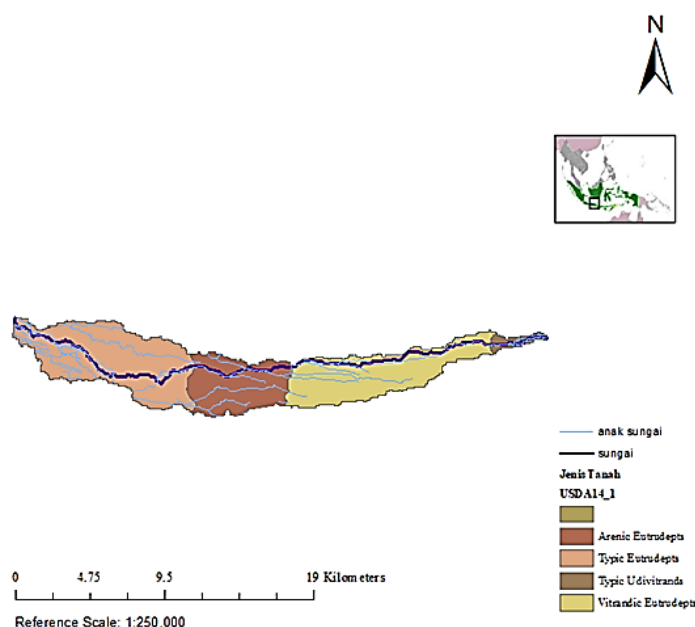
Penentuan laju infiltrasi dilakukan dengan pengambilan data di lapangan pada 2 titik lokasi sampling dan 1 titik lokasi sampling lainnya menggunakan alat double ring infiltrometer. Dari hasil pengukuran akan didapatkan data laju penyerapan air ke dalam tanah sehingga hasilnya akan dilakukan perhitungan dengan model Horton. Adapun alat dan bahan yang digunakan dalam pengukuran laju infiltrasi adalah mistar berukuran 30 cm, stopwatch, palu, ember/galon, kayu untuk menyeimbangkan ring. Adapun visualisasi dari double ring infiltrometer yang digunakan dalam penelitian ini terdapat dalam gambar 1 sebagai berikut,



Gambar 1 Double-ring Infiltrometer

Pada Gambar 1 Double Ring Infiltrometer digunakan untuk pengukuran parameter infiltrasi dilakukan secara langsung di lapangan untuk mengetahui nilai kapasitas infiltrasi yang kemudian dari nilai kapasitas infiltrasi tersebut didapatkan parameter infiltrasi. Pengukuran parameter infiltrasi menggunakan alat infiltrometer yaitu double ring infiltrometer. Pengukuran dilakukan pada setiap titik sampel yang sudah ditentukan Lokasi Penelitian yang terletak di Sungai Lanang dari hasil pengolahan data peta dengan GIS maka dapat didapatkan luas catchment area sungai Lanang adalah 91,526 km² dan panjang sungai 40.083 km sehingga kemudian dapat dilakukan perhitungan sehingga didapatkan lebar DAS dikutip dimana perhitungannya adalah sebagai berikut. Lebar DAS = Luas/Panjang = (91,526)/(40,083) = 2,283 km. Dengan demikian maka Sub DAS Lanang memiliki lebar area sungai sebesar 2,283 km (Kencanawati, 2024).

Berdasarkan hasil pengolahan data dengan menggunakan GIS berikut didapatkan jenis tanah untuk daerah DAS Lanang. Adapun jenis tanah pada DAS ini adalah jenis tanah dengan sub ordo VITRANDS. Dimana retensi air pada 1500kPa untuk tanah kering udara kurang dari 15% dan untuk tanah yang tidak dikeringkan kurang dari 30%. Ustivitrans mempunyai regim kelembaban yang unik. Typic Ustivitrands adalah Ustivitrands yang lainnya. (*keys to soil taxonomy*) Arenic Eutrudepts: bagian lain Eutrudepts yang memiliki texture class (*fine earth fraction*) dari pasir kasar, pasir, pasir halus, *loamy coarse sand*, *loamy sand* atau *loamy fine sand* dalam lapisan horison dengan kedalaman 50 cm permukaan tanah mineral. Jenis tanah lainnya adalah typic Eutrudepts (Kencanawati, 2024)



Gambar 2 Hasil overlay jenis tanah untuk Sub DAS Pandantoyo dan Sub DAS Ngadirejo (Kencanawati, 2024)

Pada Gambar 2 merupakan hasil *overlay* jenis tanah untuk Sub DAS Pandantoyo dan Sub DAS Ngadirejo yang dikategorikan menjadi 4 jenis tanah, yaitu sub ordo VITRANDS, Typic Ustivitrands, Arenic Eutrudepts dan *loamy coarse sand*, *loamy sand* atau *loamy fine sand*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam penelitian ini dilakukan observasi lapangan berupa, pengambilan data hujan harian, water level dan laju penurunan air pada tanah. Tujuan dari sampling laju infiltrasi ini adalah untuk mengetahui nilai HSGs yang akan digunakan untuk penentuan curve number (Kencanawati & Andiek Maulana, 2024)

Penentuan lokasi sampling memperhatikan jenis tanah dan tutupan lahan dan tata guna lahan untuk menghasilkan hasil pengukuran yang representatif terhadap kondisi Sub DAS Pandantoyo dan Sub DAS Ngadirejo. Dengan pengukuran pada titik sampling yang representatif pada lokasi yang berbeda pada suatu DAS, *soil hydraulic properties* dapat diestimasi dengan suatu pendekatan (Kencanawati, 2024; (Babaei et al., 2018)).

Model Horton adalah salah satu model infiltrasi yang paling banyak digunakan dalam hidrologi dibandingkan dengan model-model lainnya (Kencanawati & Maulana, 2024). Metode Horton menyebutkan bahwa kapasitas infiltrasi berkurang seiring dengan bertambahnya waktu hingga mendekati nilai yang konstan (Kencanawati & Maulana, 2024) Penurunan kapasitas infiltrasi banyak dipengaruhi faktor yang terjadi di permukaan tanah dibandingkan dengan proses yang terjadi pada aliran di dalam tanah (Kencanawati & Maulana, 2024)

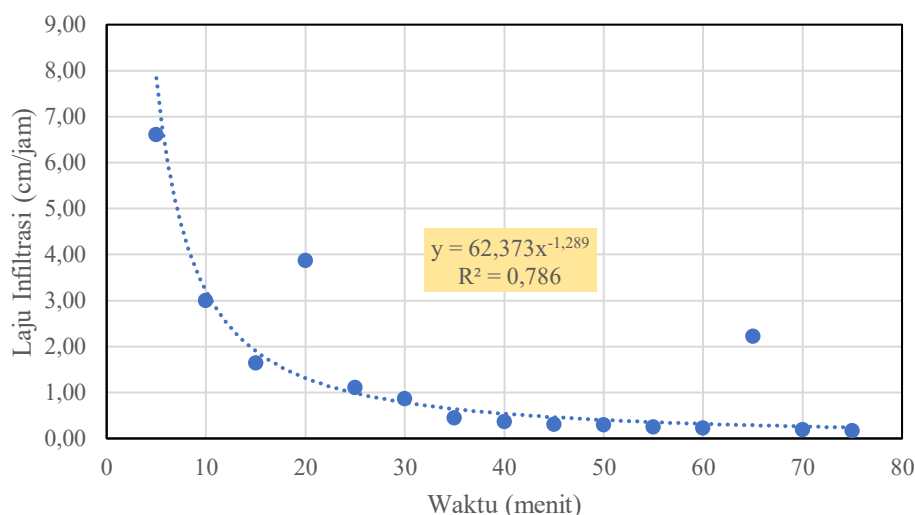
Model ini sesuai digunakan pada pengambilan data lapangan. Kelemahan dalam model ini terletak pada penentuan parameter *f_{ofc}* dan *k* dan ditentukan dengan data fitting ((Kencanawati &

Maulana, 2024); (Susanawati et al., 2018) Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode deskriptif analisis dengan pendekatan kuantitatif yaitu penelitian yang dilakukan dengan cara observasi pengumpulan data langsung di lapangan dalam periode tertentu dan dengan dilakukan pencatatan dengan logbook penelitian (Kencanawati, 2024). Adapun hasil pengamatan dan perhitungan laju penurunan air pada permukaan tanah pada lokasi penelitian dapat dilihat pada Tabel 1. Sebagai berikut.

Tabel 1. Data Laju Infiltrasi pada lokasi sampling titik 1 sub DAS Lanang Desa Pandantoyo-Ngadirejo

No	Waktu (menit)	Penurunan (cm)	Laju Penurunan (cm/jam)
1	5	0,55	40,2
2	10	0,5	24,6
3	15	0,41	25,2
4	20	1,29	23,7
5	25	0,46	20,4
6	30	0,43	19,8
7	35	0,26	19,2
8	40	0,24	15,6
9	45	0,23	15,9
10	50	0,24	15,6
11	55	0,22	12,6
12	60	0,22	12
13	65	2,4	13,2
14	70	0,22	13,2
15	75	0,21	9,6

Nilai infiltrasi adalah laju penurunan air pada permukaan tanah. Jika kondisi tanah pada awalnya kering, kemungkinan gradien dapat menjadi gaya pendorong dominan ke bawah. Ketika tanah sangat basah hingga kedalaman tertentu, kemungkinan gaya gravitasi dapat mendominasi laju penurunan tersebut. Pada umumnya, air terserap lebih cepat di awal dan akan melambat ketika permukaan tanah mengalami kejenuhan. Laju penyerapan air di permukaan tanah ini sangat dipengaruhi dengan kemiringan lahan dan juga jenis tanah di Sub DAS.



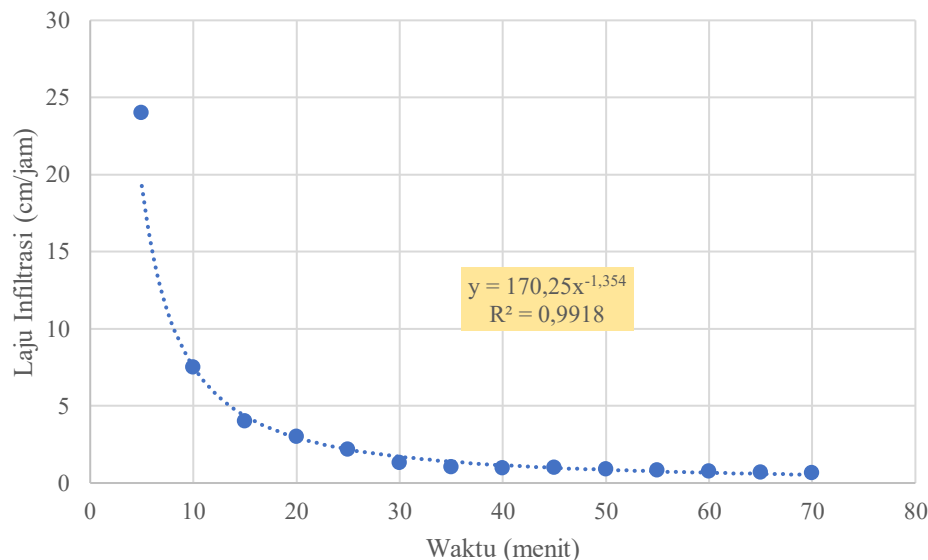
Gambar 3 Laju Infiltrasi di permukaan tanah sandy loam yang diobservasi di Desa Ngadirejo dengan interval 5 menit.

Laju infiltrasi di lokasi sampling desa Ngadirejo, merupakan daerah agak berpasir, tutupan lahan berupa semak dan kemiringan lahan yang relatif curam sehingga laju infiltrasi yang terjadi relatif besar. Dari hasil pengukuran di lapangan dan perhitungan analisa dengan menggunakan Horton Method maka didapatkan penurunan air dan laju penurunannya di daerah hulu (Desa Pandantoyo Kecamatan Ngancar Kediri) yang tertuang di dalam perhitungan sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Data Laju Infiltrasi pada lokasi sampling titik 1 sub DAS Lanang Desa Pandantoyo-Ngadirejo

No	Waktu (menit)	Penurunan (cm)	Laju Penurunan (cm/jam)
1	5	2	24
2	10	1,25	15
3	15	1	12
4	20	1	12
5	25	0,9	10,8
6	30	0,65	7,8
7	35	0,6	7,2
8	40	0,65	7,8
9	45	0,75	9
10	50	0,75	9
11	55	0,75	9
12	60	0,75	9
13	65	0,75	9
14	70	0,75	9

Sedangkan hasil visualisasi laju infiltrasi di permukaan tanah (sandy loam sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 3 berikut.

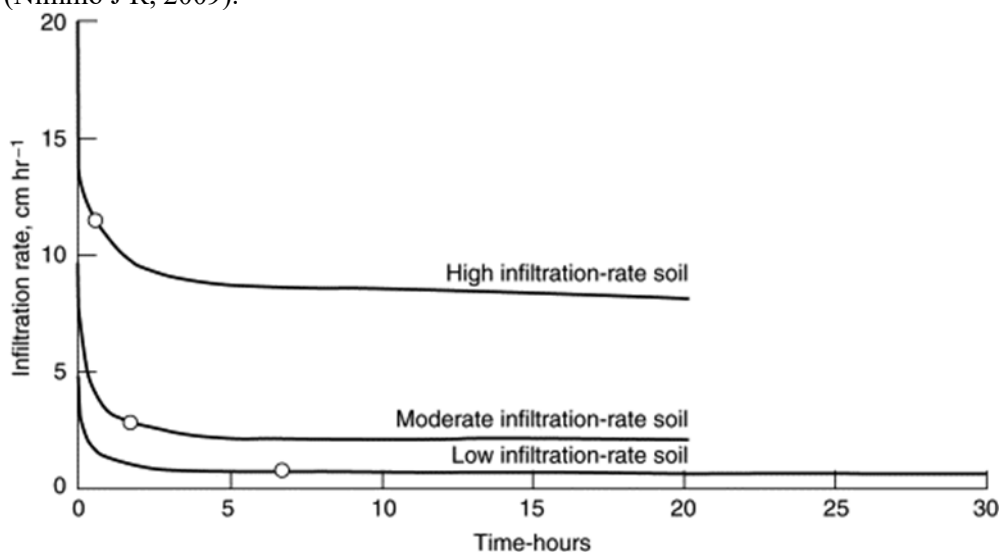


Gambar 4 Laju Infiltrasi dan persamaan trendline di lokasi hulu desa Pandantoyo Kecamatan Ngancar

Pada Gambar 3 terdapat penurunan nilai kapasitas infiltrasi berkurang seiring dengan bertambahnya waktu hingga mendekati nilai yang konstan, yaitu ketika mendekati waktu 40 menit. Penurunan kapasitas infiltrasi ini dipengaruhi faktor yang terjadi di permukaan tanah dibandingkan dengan proses yang terjadi pada aliran di dalam tanah (Susanawati et al., 2019). Faktor lainnya yang

mempengaruhi pengurangan laju infiltrasi adalah penutupan retakan tanah oleh koloid tanah dan pembentukan kerak tanah, penghancuran struktur permukaan lahan dan pengangkutan partikel halus dipermukaan tanah oleh tetesan air hujan (Susanawati et al., 2019).

Dari hasil analisa data dan perhitungan dengan rumus horton method, didapatkan bahwa laju infiltrasi di subDAS ini memiliki kesamaan dengan Teori Horton Method yang terdapat pada penelitian (Nimmo J R, 2009).



Gambar 2. 1 Mengukur laju infiltrasi dari waktu ke waktu untuk tiga tanah yang berbeda. Data diambil dari Swarner LR (1959) Irigasi di pertanian barat. Buletin Informasi Pertanian 199, Departemen Dalam Negeri AS dan Departemen Pertanian AS: Washington, DC (Nimmo J R, 2009).

KESIMPULAN

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui laju resapan kemampuan lahan untuk menyerap air hujan di Sub DAS PAndantoyo dan Sub DAS Ngadirejo serta menentukan limpasan langsung untuk modify persamaan Horton. Dari pengukuran in situ dapat disimpulkan bahwa grafik analisis dibandingkan dengan grafik pada Teori metode Horton menghasilkan hasil mendekati dengan teori. Kapasitas infiltrasi menurun secara merata ke nilai konstan, dan hasil dari laju resapan dari nilai infiltrometer cincin ganda yang diperoleh adalah 90 mm/jam di daerah hulu. Area hilir menghasilkan laju resapan sebesar 26,4 mm/jam atau sekitar 30% dari nilai area hulu. Peningkatan persamaan Horton dalam penelitian ini membenarkan kondisi lapangan parsial kolam serta sebagian besar metode Horton yang dimodifikasi untuk memodelkan peristiwa curah hujan tertentu atau intermitent.

DAFTAR PUSTAKA

- Babaei, F., Zolfaghari, A. A., Yazdani, M. R., & Sadeghipour, A. (2018). Spatial analysis of infiltration in agricultural lands in arid areas of Iran. *Catena*, 170, 25-35.
- Bergeson, C. B., Martin, K. L., Doll, B., & Cutts, B. B. (2022). Soil infiltration rates are underestimated by models in an urban watershed in central North Carolina, USA. *Journal of Environmental Management*, 313, 115004.
- Fernández-Pato, J., Caviedes-Voullième, D., & García-Navarro, P. (2016). Rainfall/runoff simulation with 2D full shallow water equations: Sensitivity analysis and calibration of infiltration parameters. *Journal of hydrology*, 536, 496-513.
- Juwita, R., & Santoso, I. B. (2019). Assessment of Soil Infiltration Capability in Balikpapan City. *IPTEK Journal of Proceedings Series*, 5, 291-297.

Kencanawati, M. (2024). *MODIFIKASI KOEFISIEN PENGALIRAN PADA METODE RASIONAL BERDASARKAN DATA TIME SERIES (STUDI KASUS SUB DAS PANDANTOYO DAN SUB DAS NGADIREJO)* (Doctoral dissertation, Institut Teknologi Sepuluh Nopember).

Kencanawati, M., & Maulana, M. A. Modified Horton Method Based on Field Work During Intermittent Rainfall. <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-3883455/v1>

Limantara, L. M. (2018). *Rekayasa hidrologi. Penerbit Andi, Yogyakarta.*

Masduqi, A., Widodo, A., Mahendra, A. M., & Tatas, T. (2013), Penilaian Kemampuan Kawasan Resapan Air (Studi Kasus Mata Air Umbulan). *Jurnal Aplikasi Teknik Sipil*, 11(2), 79-88.

Morbidelli, R., Saltalippi, C., Flammini, A., & Govindaraju, R. S. (2018). Role of slope on infiltration: A review. *Journal of hydrology*, 557, 878-886.

Nimmo J R. (2009), *Vadose Water*. In: Gene Author's E. Likens, personal (Editor) copy Encyclopedia of Inland Waters. Volume 1, pp. 766-777 Oxford: Elsevier

Susanawati, L. D., Rahadi, B., & Tauhid, Y. (2019). Penentuan Laju Infiltrasi Menggunakan Pengukuran Double Ring Infiltrometer dan Perhitungan Model Horton pada Kebun Jeruk Keprok 55 (Citrus Reticulata) Di Desa Selorejo, Kabupaten Malang. *Jurnal Sumberdaya Alam dan Lingkungan*, 5(2), 28-34.

Yang, M., Zhang, Y., & Pan, X. (2020). Improving the Horton infiltration equation by considering soil moisture variation. *Journal of Hydrology*, 586, 124864.