

ANALISIS KONDISI KEMAMPUAN RESAPAN AIR DI KABUPATEN KARANGANYAR DENGAN PEMANFAATAN SISTEM INFORMASI GEOGRAFIS

Kenny Riva Riswanto, Dewi Novita Sari, M.Sc.

Program Studi Geografi, Fakultas Geografi

Universitas Muhammadiyah Surakarta

Abstrak

Kejadian banjir dan kekeringan dapat terjadi akibat permasalahan terkait daerah resapan air. Penelitian ini memiliki tujuan menganalisis kondisi infiltrasi potensial dan infiltrasi aktual di Kabupaten Karanganyar serta menganalisis persebaran dan tingkat kemampuan resapan air di berbagai kawasan di Kabupaten Karanganyar. Metode yang digunakan adalah analisis skoring dan overlay 4 parameter menggunakan system informasi geografis. Parameter yang digunakan adalah jenis tanah, parameter curah hujan, parameter kemiringan lereng dan parameter penggunaan lahan. Penelitian ini dibuat berdasarkan Peraturan Menteri Kehutanan Republik Indonesia No : P.32/MENHUT-II/2009 tentang tatacara penyusunan rencana teknik rehabilitasi hutan dan lahan daerah aliran sungai/RTkRHL-DAS (2009). Hasil analisis menunjukkan bahwa kondisi infiltrasi potensial di kabupaten Karanganyar didominasi oleh kondisi infiltrasi potensial kecil dengan jenis tanah Litosol Coklat Kemerahan, tingkat infiltrasi curah hujan sedang dan tingkat kemiringan lereng landai, sementara kondisi infiltrasi aktual didominasi oleh kondisi infiltrasi aktual kecil dengan penggunaan lahan berupa pemukiman, sawah, waduk dan sungai. Kondisi kemampuan resapan air di Kabupaten Karanganyar memiliki 5 kondisi, yaitu kondisi Baik dengan luas 19.389,61 Ha dengan persentase 24,24 %, Kondisi Normal Alami dengan luas 8.389,61 Ha dengan persentase 10,49 %, Kondisi mulai kritis dengan luas 26.655,77 Ha dengan persentase 33,33 %, Kondisi agak kritis dengan luas 25.467,70 Ha dengan persentase 31,84 % dan Kondisi kritis dengan luas 75,39 Ha dengan persentase 0,09 %, dimana kondisi mulai kritis mendominasi di Kabupaten Karanganyar.

Kata Kunci : Sistem Informasi Geografis, Skoring, Daerah Resapan Air

Abstract

Floods and droughts can occur due to problems related to recharge area. This study aims to analyze the condition of potential infiltration and actual infiltration in Karanganyar Regency and analyze the distribution and level of water infiltration capability in various areas in Karanganyar Regency. The method used is scoring analysis and overlaying 4 parameters using a geographic information system. The parameters used are soil type, rainfall parameter, slope parameter and land use parameter. This research was made based on the Regulation of the Minister of Forestry of the Republic of Indonesia No : P.32 / MENHUT-II / 2009 concerning procedures for preparing technical plans for forest and land rehabilitation in watershed areas / RTkRHL-DAS (2009). The results of the analysis show that potential infiltration conditions in Karanganyar district are dominated by small potential infiltration conditions with Reddish Brown Litosol soil types, moderate rainfall infiltration rates and gentle slope levels, while actual infiltration conditions are dominated by small actual infiltration conditions with land use in the form of settlements, rice fields, reservoirs and rivers. The condition of water infiltration capacity in Karanganyar Regency has 5 conditions, namely Good condition with an area of 19,389.61 Ha with a percentage of 24.24%, Normal Natural condition with an area of 8,389.61 Ha with a percentage of 10.49%, starting to be critical with an area of 26,655.77 Ha with a percentage of 33.33%, somewhat critical condition with an area of 25,467.70 Ha with a percentage of 31.84% and critical condition with an area of 75.39 Ha with a percentage of 0.09%, where starting to be critical conditions dominate in Karanganyar Regency.

Keywords: Geographic Information System, Scoring, Recharge Area

1. PENDAHULUAN

Proses resapan air memerlukan sebuah, permukaan tanah digunakan sebagai media resapan. Terdapat 2 macam media resapan air. yaitu media resapan air alami serta media resapan air buatan. Media resapan air alami terdiri dari vegetasi di atasnya, seperti sawah, belukar, kebun dan hutan. Media resapan air buatan terdiri dari situ buatan, waduk dan sumur. (Purwantara, 2013).

Daerah resapan air sangat penting bagi Kabupaten Karanganyar untuk mengatasi kekeringan dan banjir. Salah satu akibat dari ketidakseimbangan yang ada antara jumlah air yang tersedia dan jumlah air yang dibutuhkan adalah bencana kekeringan (Sari, 2015). Kabupaten Karanganyar termasuk dalam wilayah DAS Solo, sebagian wilayahnya merupakan kawasan pegunungan yang berfungsi sebagai daerah resapan air. Dalam kurun waktu 10 tahun terakhir telah terjadi beberapa kali musibah banjir akibat luapan sungai Bengawan Solo. Kejadian ini menjadi indikator telah terjadi penurunan fungsi kawasan resapan air di wilayah DAS Solo bagian hulu termasuk sebagian wilayah Karanganyar. (Siarudin et al. 2012).

Sistem informasi geografis dapat melakukan pengolahan data dan menyajikan data hidrologi yang telah diperoleh melalui penginderaan jauh. Dengan menggunakan teknik SIG seperti overlay atau tumpang susun, data fisik seperti penggunaan lahan, kemiringan lereng, curah hujan dan jenis tanah. Jika digabungkan dengan perhitungan, metode tumpang susun ini akan menghasilkan informasi baru. Selain itu, penyajian data yang dihasilkan oleh SIG menjadi lebih mudah untuk dibaca dan dianalisis, yang membantu pengambilan kebijakan (Puspitaningrum and Murti 2020).

Hal ini dijelaskan dalam Peraturan No. P.32/MENHUT-II/2009 tentang Tata Cara Penyusunan Rencana Teknik Rehabilitasi Hutan dan Lahan Daerah Aliran Sungai (RTkRHL-DAS). Teknik tumpang susun peta, atau juga dikenal sebagai *overlay map*, digunakan untuk mengidentifikasi kemampuan resapan air. kemiringan lereng, jenis tanah, curah hujan dan penggunaan lahan adalah faktor-faktor yang digunakan untuk menentukan kemampuan peresapan atau infiltrasi (Wibowo, 2006).

2. METODE

Penelitian ini menggunakan metode kuantitatif, Metode ini melibatkan pengumpulan data jenis tanah, curah hujan, kemiringan lereng, dan penggunaan lahan aktual. Data-data ini kemudian diberi skor dan diolah secara aritmatik untuk menghasilkan peta kondisi kemampuan resapan air. Metode Pengumpulan data pada penelitian ini dilakukan dengan data sekunder, sehingga

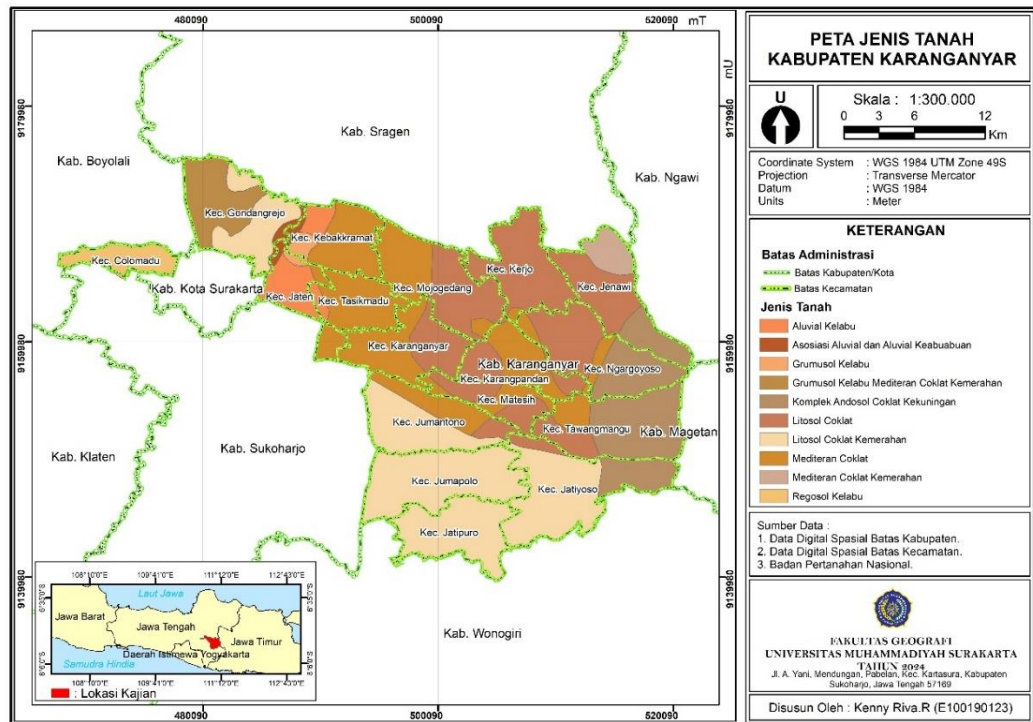
peneliti tidak perlu ke lapangan secara langsung. Data sekunder merupakan data yang telah ada sebelumnya dan dapat ditemukan dalam literatur, arsip pemerintah, atau basis data online.

Teknik pengolahan data merujuk pada serangkaian metode, prosedur, atau langkah-langkah yang digunakan untuk mengelola, mengubah, menganalisis, dan menyusun data sehingga dapat diinterpretasikan dengan lebih baik dan menghasilkan informasi yang berguna. Penelitian ini berpedoman pada Peraturan Menteri Kehutanan Republik Indonesia Nomor : P.32/MENHUTII/2009 tentang Tata Cara Penyusunan Rencana Teknik Rehabilitasi Hutan dan Lahan Daerah Aliran Sungai (RTkRHL-DAS). Metode pengolahan data yang digunakan adalah skoring dan overlay, yaitu menggabungkan data spasial yang telah diberi skor dan notasi untuk membuat peta baru dengan informasi yang lebih lengkap. Ini dilakukan dengan menggabungkan beberapa peta dalam SIG.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Jenis Tanah

Dalam pembuatan peta jenis tanah Kabupaten Karanganyar, peneliti menggunakan data shapefile yang bersumber dari web mapping (Arcgis.com) yang kemudian di komparasikan dengan tabel jenis tanah Kabupaten Karanganyar lalu dilakukan editing attribut untuk menyesuaikan data di shapefile dengan tabel jenis tanah Kabupaten Karanganyar.



Gambar 3.1 Peta Jenis Tanah

Tabel 3.1 Skoring & Notasi Jenis Tanah Kabupaten Karanganyar

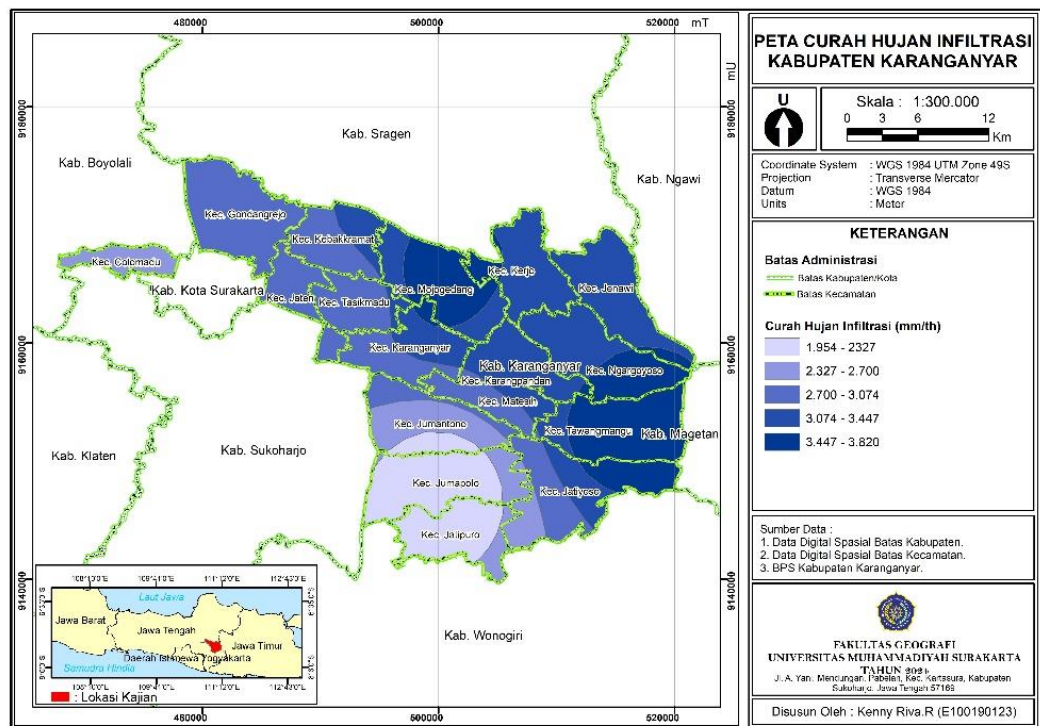
No.	Jenis Tanah	Infiltrasi	Harkat /Skor	Notasi	Luas (Ha)	Persentase (%)
1.	Grumusol Kelabu Mediteran Coklat Kemerahan	Kecil	1	e	3.133,57	3,91
2.	Asosiasi Aluvial dan Aluvial Keabuabuan	Kecil	1	e	608,96	0,76
3.	Aluvial Kelabu	Kecil	1	e	2.490,87	3,10
4.	Grumusol Kelabu	Kecil	1	e	524,14	0,65
5.	Mediteran Coklat	Sedang	3	c	18.402,07	22,93
6.	Litosol Coklat	Agak Kecil	2	d	20.358,68	25,37
7.	Komplek Andosol Coklat Kekuningan	Agak Besar	4	b	9.858,92	12,29
8.	Mediteran Coklat Kemerahan	Sedang	3	c	1.189,02	1,48
9.	Litosol Coklat Kemerahan	Agak Kecil	2	d	21.903,26	27,30
10.	Regosol Kelabu	Sedang	3	c	1.775,49	2,21

Sumber : Peneliti, 2024

Berdasarkan data tersebut, jenis tanah yang mendominasi di Kabupaten Karanganyar adalah Litosol Coklat Kemerahan dengan luas 21.903,26 dan persentase 27,30%. Jenis tanah tersebut memiliki infiltrasi agak kecil. Jenis tanah Litosol Coklat Kemerahan terdapat di Kecamatan Jumantono, Kecamatan Jumapolo, Kecamatan Jatiyoso dan Kecamatan Jatipuro.

3.2 Curah Hujan

Data yang digunakan dalam penelitian ini diambil dari data BPS Kabupaten Karanganyar tahun 2017, 2019, 2020, 2021, dan 2023.



Gambar 3.2 Peta Curah Hujan

Tabel 3.2 Skoring & Notasi Curah Hujan Infiltrasi Kabupaten Karanganyar

No.	Curah Hujan Infiltrasi (mm/th)	Infiltrasi	Skor	Notasi	Luas (Ha)	Persentase (%)
1.	1.954 – 2327	Rendah	1	e	9.775,75	12,19
2.	2.327 – 2700	Sedang	2	d	8.088,78	10,08
3.	2.700 – 3.074	Sedang	2	d	22.427,56	27,96
4.	3.074 – 3.447	Sedang	2	d	25.123,7	31,32
5.	3.447 – 3.820	Agak Besar	3	c	14.790,37	18,44

Sumber : Peneliti, 2024

3.3 Kemiringan Lereng

Tabel 3.3 Skoring & Notasi Kelerengan Kabupaten Karanganyar

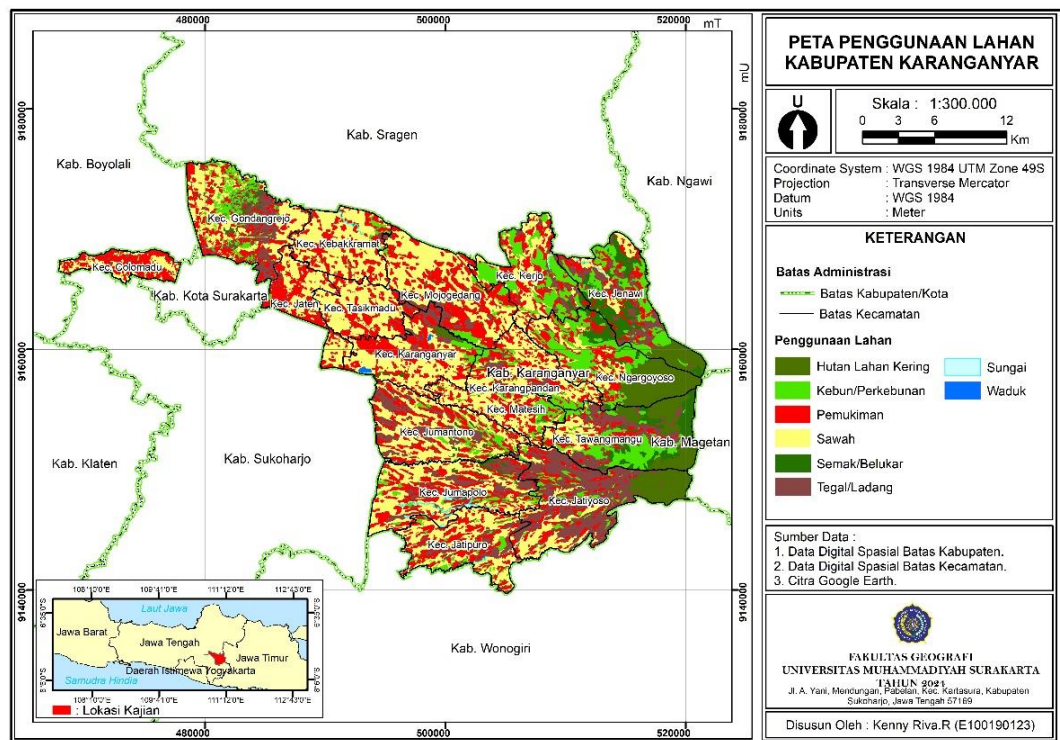
No.	Kelerengan (%)	Deskripsi	Infiltrasi	Skor	Notasi	Luas (Ha)	Persentase (%)
1.	<8	Datar	Besar	5	a	32.868,45	40,96
2.	8 – 15	Landai	Agak Besar	4	b	18.992,18	23,67
3.	15 – 25	Bergelombang	Sedang	3	c	12.223,06	15,23
4.	25 – 40	Curam	Agak Kecil	2	d	10.606,65	13,22
5.	>40	Sangat Curam	Kecil	1	e	5.550,32	6,92

Sumber : Peneliti, 2024

Kelerengan yang mendominasi di Kabupaten Karanganyar adalah kemiringan lereng datar dengan luas 32.868,45 Ha dan persentase 40,96% dengan tingkat infiltrasi besar. Secara garis besar tingkat kemiringan lereng datar terdapat di Kecamatan Matesih, Kecamatan Kebakkramat, Kecamatan Karanganyar, Kecamatan Tasikmadu, Kecamatan Gondangrejo, Kecamatan Colomadu dan Kecamatan Jaten.

3.4 Penggunaan Lahan

Parameter penggunaan lahan bersumber dari Arcgis Webmap by Rifkapratiwi tahun 2016. Untuk memperbarui data penggunaan lahan, peneliti melakukan editing dan digitasi terhadap shapefile penggunaan lahan, menyesuaikan dengan citra Kabupaten Karanganyar tahun 2024 yang bersumber dari *google earth*.



Gambar 3.4 Peta Penggunaan Lahan

Tabel 3.4 Skoring & Notasi Penggunaan Lahan Kabupaten Karanganyar

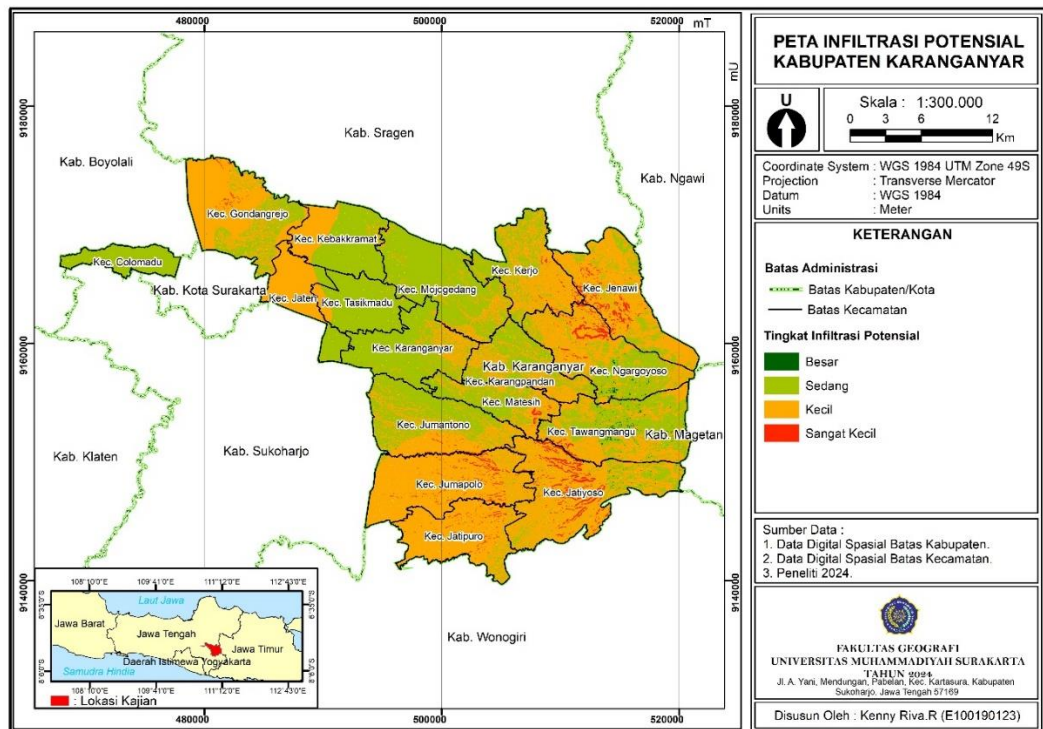
No.	Keterangan	Infiltrasi	Skor	Notasi	Luasan (Ha)	Persentase (%)
1.	Hutan Lahan Kering	Besar	5	A	4.963	6,17
2.	Kebun/Perkebunan	Agak Besar	4	D	10.303,53	12,80
3.	Pemukiman	Kecil	1	E	22.712,83	28,21
4.	Sawah	Kecil	1	E	27.236,7	33,83
5.	Semak/Belukar	Sedang	3	C	3.045,69	3,78
6.	Sungai	Kecil	1	E	287,45	0,36
7.	Tegal/Ladang	Agak Kecil	2	B	11.891,35	14,77
8.	Waduk	Kecil	1	E	58,91	0,07

Sumber : Peneliti, 2024

Berdasarkan peta penggunaan lahan Kabupaten Karanganyar dapat diketahui bahwa yang paling mendominasi adalah lahan sawah dengan persentase sebesar 33,83%, sedangkan lahan untuk pemukiman sebesar 28,21% hal inilah yang menjadikan Kabupaten Karanganyar menjadi wilayah dengan karakter agraris.

3.5 Infiltrasi Potensial

Pembuatan peta infiltrasi potensial Kabupaten Karanganyar menggunakan data sekunder berupa parameter jenis tanah, parameter curah hujan, dan parameter kemiringan lereng. Proses pembuatan peta tersebut dilakukan dengan melakukan tumpang susun (*Overlay*) pada parameter-parameter tersebut menggunakan analisis spasial *intersect* berbasis Sistem Informasi Geografis.

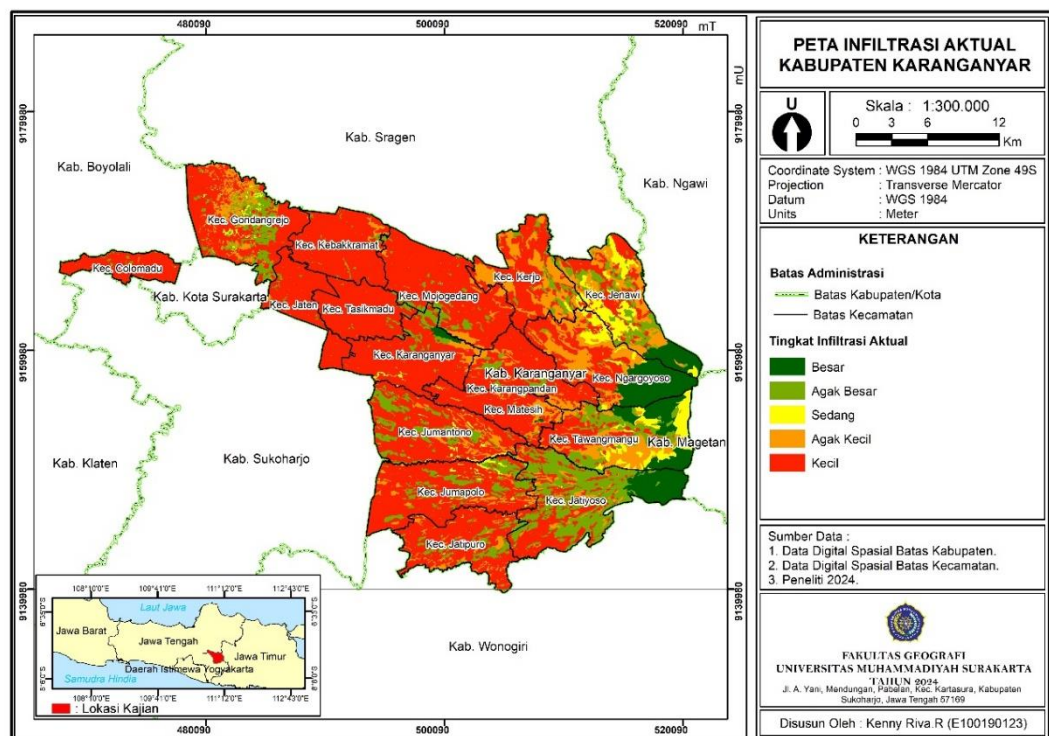


Infiltrasi potensial Kabupaten Karanganyar memiliki beberapa tingkatan infiltrasi, yaitu besar, sedang, kecil, dan sangat kecil. Berdasarkan data pada tabel, luas infiltrasi potensial sangat kecil sekitar 1.736,85 Ha (2,17 %), luas infiltrasi potensial kecil mencapai 43.227,80 Ha (54,11 %) dan luas infiltrasi potensial sedang mencapai 34.732,66 Ha (43,48 %). Sementara itu tingkat infiltrasi potensial besar hanya 193,47 Ha (0,24 %). Dari data tersebut diketahui bahwa infiltrasi potensial kecil menjadi dominasi di Kabupaten Karanganyar. Infiltrasi potensial tingkat kecil terdapat pada seluruh kecamatan di Kabupaten Karanganyar dengan kecamatan yang mendominasi adalah Kecamatan Jumapolo dengan luas infiltrasi potensial kecil 5761,58 Ha dan persentase 13,33%. Infiltrasi potensial terdiri atas parameter jenis tanah, parameter curah hujan, dan parameter kemiringan lereng, berikut merupakan parameter penyusun infiltrasi potensial. Kondisi infiltrasi

potensi sangat kecil memiliki jenis tanah Litosol Coklat Kemerahan, tingkat infiltrasi curah hujan sedang dan tingkat kemiringan lereng sangat curam. Kondisi infiltrasi potensi kecil memiliki jenis tanah Litosol Coklat Kemerahan, tingkat infiltrasi curah hujan sedang dan tingkat kemiringan lereng landai. Kondisi infiltrasi potensi sedang memiliki jenis tanah Mediteran Coklat, tingkat infiltrasi curah hujan sedang dan tingkat kemiringan lereng datar. Kondisi infiltrasi potensi besar memiliki jenis tanah Komplek Andosol Coklat Kekuningan, tingkat infiltrasi curah hujan agak besar dan tingkat kemiringan lereng datar.

3.6 Infiltrasi Aktual

Peta infiltrasi aktual Kabupaten Karanganyar dibuat berdasarkan parameter penggunaan lahan yang termasuk data sekunder. Proses pembuatan peta infiltrasi aktual berlandaskan pada tabel skor parameter penggunaan lahan yang bersumber dari Direktorat Jendral RTkRHL-DAS (2009).



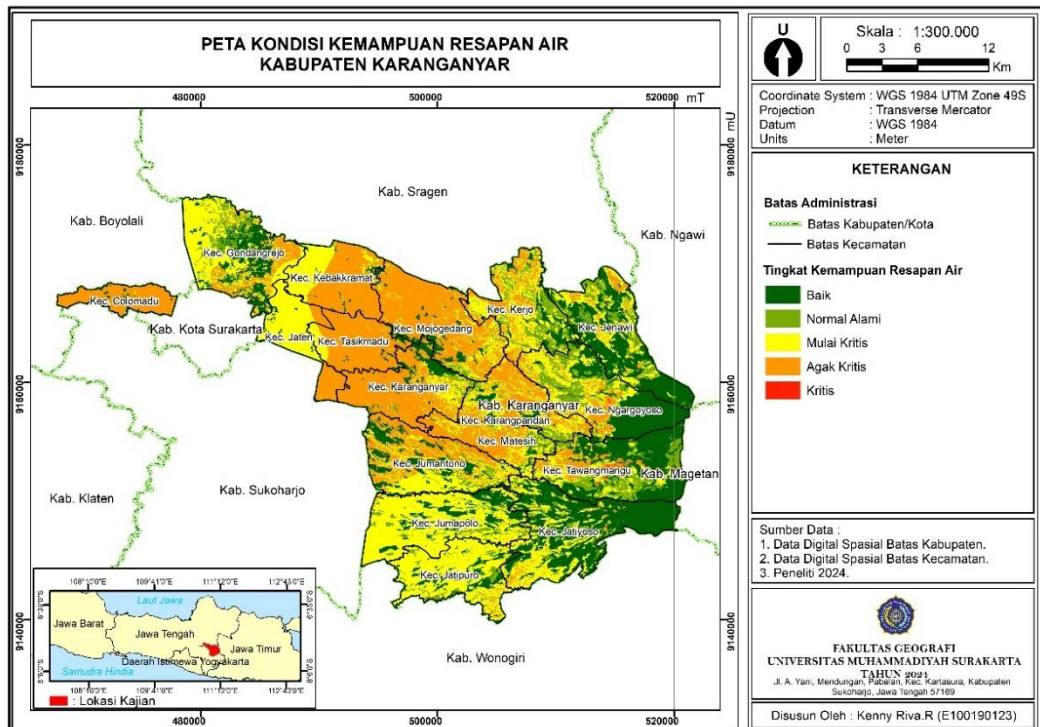
Gambar 3.6 Peta Infiltrasi Aktual Kabupaten Karanganyar

Infiltrasi aktual Kabupaten Karanganyar memiliki 5 kondisi infiltrasi aktual, yaitu kecil, agak kecil, sedang, agak besar dan besar. Kondisi infiltrasi aktual kecil memiliki luas 50.295,90 Ha dengan persentase 62,48%, kondisi infiltrasi aktual

agak kecil memiliki luas 10.303,53 Ha dengan persentase 12,80%, kondisi infiltrasi aktual sedang memiliki luas 3.045,69 Ha dengan persentase 3,78%, kondisi infiltrasi aktual agak besar memiliki luas 11.891,35 Ha dengan persentase 14,77%, dan kondisi infiltrasi aktual besar memiliki luas 4.963 Ha dan persentase 6,17%. Pada peta infiltrasi aktual Kabupaten Karanganyar dapat terlihat bahwa tingkat infiltrasi yang paling mendominasi adalah infiltrasi aktual kecil dengan luas 50.295,90 ha dan persentase 62,48 %. Tingkat infiltrasi aktual kecil terdapat diseluruh kecamatan di Kabupaten Karanganyar dengan kecamatan yang mendominasi adalah Kecamatan Mojogedang dengan luas infiltrasi aktual kecil 5138,87 Ha dan persentase 10,22%. Kondisi infiltrasi aktual kecil memiliki 4 jenis penggunaan lahan yaitu pemukiman, sungai, sawah dan waduk, dengan penggunaan lahan yang mendominasi adalah sawah dengan luas 27.236,7 Ha dan persentase 54,15 %, sementara yang terendah adalah waduk dengan luas 58,91 Ha dan persentase 0,12 %. Kondisi infiltrasi aktual agak kecil hanya terdiri dari kebun/perkebunan dengan luas 10.303,53 Ha dan persentase 100 %. Kondisi infiltrasi aktual sedang hanya terdiri dari semak/belukar dengan luas 3.045,69 Ha dan persentase 100 %. Kondisi infiltrasi aktual agak besar hanya terdiri dari tegal/ladang dengan luas 11.891,35 Ha dan persentase 100 %. Kondisi infiltrasi aktual besar hanya terdiri dari hutan lahan kering dengan luas 4.963 Ha dan persentase 100 %.

3.7 Kondisi Kemampuan Resapan Air di Kabupaten Karanganyar

Pemetaan Kondisi kemampuan resapan air Kabupaten Karanganyar dilakukan dengan melakukan overlay peta infiltrasi aktual dengan peta infiltrasi potensial dengan analisis spasial intersect berbasis Sistem Informasi Geografis. Menurut Tata Cara Penyusunan Rencana Teknik Rehabilitasi Hutan dan Lahan Daerah Aliran Sungai (RTkRLHDAS).



Gambar 3.7 Peta Kondisi Kemampuan Resapan Air Kabupaten Karanganyar

Tabel 3.7 Kondisi Resapan Air di Kabupaten Karanganyar

No.	Notasi	Kondisi Resapan Air	Luas (Ha)	Persentase (%)
1.	eB, dB, cB, eC, dC, eD, eA, dA, cA, bA	Baik	19.389,61	24,24
2.	eE, bB, cC, dD	Normal Alami	8.389,61	10,49
3.	dE, bC, cD	Mulai Kritis	26.655,77	33,33
4.	cE, bD	Agak Kritis	25.467,70	31,84
5.	bE	Kritis	75,39	0,09

Sumber : Peneliti, 2024

Dari peta tersebut klasifikasi kondisi kemampuan resapan air yang terdapat di Kabupaten Karanganyar adalah kondisi Baik dengan luas 19.389,61 Ha dengan persentase 24,24 %, Kondisi Normal Alami dengan luas 8.389,61 Ha dengan persentase 10,49 %, Kondisi mulai kritis dengan luas 26.655,77 Ha dengan persentase 33,33 %, Kondisi agak kritis dengan luas 25.467,70 Ha dengan persentase 31,84 % dan Kondisi kritis dengan luas 75,39 Ha dengan persentase 0,09 %. Klasifikasi kondisi kemampuan resapan air yang mendominasi di Kabupaten Karanganyar adalah kondisi mulai kritis dimana di daerah tersebut didominasi oleh

penggunaan lahan pemukiman dengan luas 11.031,28 Ha dan sawah dengan luas 12.777,78 Ha. Kondisi mulai kritis terdapat diseluruh kecamatan di Kabupaten Karanganyar dengan kecamatan yang mendominasi adalah kecamatan Jumapolo dengan luas 4.382,50 Ha dan persentase 16,44%.

4. PENUTUP

4.1 Kesimpulan

Infiltrasi potensial tersusun dari parameter jenis tanah, curah hujan dan kemiringan lereng. Tingkat infiltrasi potensial yang mendominasi adalah tingkat kecil dengan luas 43.227,80 Ha dan persentase 54,11 % dengan kecamatan yang mendominasi adalah Kecamatan Jumapolo. Infiltrasi aktual memiliki tingkat infiltrasi aktual yang mendominasi adalah tingkat kecil dengan luas 50.295,90 Ha dan persentase 62,48 % dengan kecamatan yang mendominasi adalah Kecamatan Mojogedang. Dengan mendominasinya tingkat kecil pada infiltrasi potensial dan infiltrasi actual maka daya resapan air ke zona jenuh air mulai menurun.

Kondisi kemampuan resapan air diperoleh dari hasil overlay infiltrasi potensial dan infiltrasi aktual, kondisi kemampuan resapan air yang terdapat di Kabupaten Karanganyar adalah kondisi baik dengan luas 19.389,61 Ha dengan persentase 24,24 %, kondisi normal alami dengan luas 8.389,61 Ha dengan persentase 10,49 %, kondisi mulai kritis dengan luas 26.655,77 Ha dengan persentase 33,33 %, kondisi agak kritis dengan luas 25.467,70 Ha dengan persentase 31,84 % dan kondisi kritis dengan luas 75,39 Ha dengan persentase 0,09 %. Klasifikasi kondisi kemampuan resapan air yang mendominasi di Kabupaten Karanganyar adalah kondisi mulai kritis dengan kecamatan yang mendominasi adalah kecamatan Jumapolo. kondisi kemampuan resapan air mulai kritis menandakan bahwa resapan air kedalam tanah mulai terhambat oleh permukaan.

4.2 Saran

Bagi peneliti yang ingin/akan melakukan penelitian yang sama diharapkan dapat menambahkan data primer dengan melakukan survey kondisi aktual dari daerah penelitian, untuk meninjau kesesuaian penggunaan lahan di peta dengan kondisi sebenarnya dilapangan, serta menguji nilai permeabilitas tanah di setiap jenis tanah agar mendapatkan hasil yang lebih akurat. Kabupaten Karanganyar

memiliki kondisi kemampuan resapan air yang cenderung dalam kondisi mulai kritis dan kondisi agak kritis, sebagai daerah yang termasuk mempunyai daerah resapan air, pemerintah harus mengambil langkah agar daerah resapan air yang ada tetap terjaga dengan baik serta melakukan tindakan lebih lanjut untuk menangani kondisi resapan air yang mulai kritis dan agak kritis.

DAFTAR PUSTAKA

- Peraturan Menteri Kehutanan RI No P.39/Menhut-II/2009. (2009) *Pedoman Penyusunan Rencana Pengelolaan Daerah Aliran Sungai Terpadu*.
- Purwantara, Suhadi. (2013) Resapan Buatan Solusi Mengatasi Problema Air. *INFORMASI, No. 1, XXXIX, Th. 2013*
- Puspitaningrum, Diyah, and Sigit Heru Murti. (2020) Pemanfaatan Citra Penginderaan Jauh Dan Sistem Informasi Geografis Dalam Pemetaan Potensi Daerah Resapan Air Untuk Pelestarian Waduk Selorejo Kabupaten Malang Provinsi Jawa Timur. *Jurnal Bumi Indonesia: 1–19*.
- Sari, D. N. (2015). Analisis Penggunaan Lahan Tahun 2013 Terhadap Ketersediaan Air Di Sub Daerah Aliran Sungai Blongkeng. *Oktaviani.J.*
- Siarudin, Mohamad et al. (2012) Kajian Strategi Pembangunan Kehutanan Untuk Mendukung Pengelolaan Daerah Aliran Sungai (DAS) (Studi Kasus Kabupaten Karanganyar , Jawa Tengah). *prosiding SNaPP2016 Sains dan Teknologi: 71–79*.
- Wibowo, Mardi. (2006) Model Penentuan Kawasan Resapan Air Untuk Perencanaan Tata Ruang Berwawasan Lingkungan. *Jurnal Hidrosfir 1(1): 1–7*.