

KESESUAIAN PEMANFAATAN RUANG UNTUK MENJAGA DAN MENGONTROL KEBERLANGSUNGAN FUNGSI KAWASAN RESAPAN AIR TERHADAP PERKEMBANGAN WILAYAH DI KECAMATAN KWANDANG

*La Ode Juni Akbar¹, Andri Darmawan Antule III², & Titi Hawanda Metania Cono³

¹Universitas Bina Taruna Gorontalo, Gorontalo, Indonesia

²Dinas Pekerjaan Umum dan Penataan Ruang Kabupaten Gorontalo Utara, Gorontalo, Indonesia

³Universitas Pohuwato, Gorontalo, Indonesia

juniLaode23@gmail.com¹, andreantule@gmail.com², mettaniak@gmail.com³

Abstrak: Kesesuaian pemanfaatan ruang untuk menjaga dan mengontrol keberlangsungan fungsi kawasan resapan air terhadap Perkembangan wilayah di Kecamatan Kwandang

Penelitian bertujuan untuk mengendalikan dan melestarikan fungsi kawasan resapan air agar manfaat ekologisnya tetap terjaga, serta mendukung kelestarian lingkungan untuk keberlanjutan pembangunan. Metode penelitian yang dapat digunakan dalam studi ini adalah metode deskriptif analitis. Menyusun gambaran tentang RTRW yang ada dan kondisi kawasan resapan air yang sebenarnya dan menganalisis kesesuaian antara keduanya, apakah penggunaan ruang yang direncanakan sesuai dengan kondisi yang ada atau justru berpotensi merusak resapan air. Menggunakan *Geographic Information System* (GIS) untuk memetakan dan membandingkan lokasi kawasan resapan air dengan peta penggunaan lahan yang tercantum dalam RTRW. Kelas tutupan lahan berdasarkan hasil analisis menunjukkan kelompok kelas infiltrasi Agak Besar yang memiliki luasan terbesar yaitu 16.932,80 ha. Kelas infiltrasi Kecil memiliki luasan 2648,55 ha dan luasan kelas infiltrasi Sedang memiliki luasan yang paling kecil yaitu sebesar 26,67 ha. Berdasarkan jenis penggunaan lahan area hutan produksi terbatas memiliki luas sebesar 11.196 ha dan merupakan jenis penggunaan lahan terbesar di kecamatan kwandang, sedangkan area penggunaan lahan untuk Sempadan Patahan Aktif memiliki luas yang paling kecil yaitu sebesar 26,67 ha. Kondisi kawasan resapan air berdasarkan overlay infiltrasi alami dan aktual. Kondisi Baik (cB, dB) mencakup 78,16% dari total luas, kondisi Normal Alami (bB, cC) mencakup 8,23%, kondisi Mulai Kritis (bC, dE) mencakup 0,1%, kondisi Agak Kritis (cE) mencakup 10,57%, yang mengindikasikan kawasan yang mengalami penurunan signifikan dalam kemampuan resapan air. Kondisi kritis (bE) mencakup 2,92%.

Kata kunci: Kesesuaian ruang, Kawasan resapan air, GIS

Abstract: The suitability of spatial utilization to maintain and control the sustainability of the function of water catchment areas towards regional development in Kwandang District.

The research aims to control and preserve the function of water catchment areas so that the ecological benefits are maintained, and support environmental sustainability for sustainable development. The research method that can be used in this study is descriptive analytical method. Compiling a description of the existing RTRW and the actual condition of the water catchment area and analyzing the suitability between the two, whether the planned use of space is in accordance with existing conditions or has the potential to damage water catchment. Using *Geographic Information System* (GIS) to map and compare the location of water catchment areas with the land use map listed in the RTRW. The land cover class based on the results of the analysis shows that the Somewhat Large infiltration class group has the largest area, namely 16,932.80 ha. The Small infiltration class has an area of 2648.55 ha and the Medium infiltration class has the smallest area of 26.67 ha. Based on the type of land use, the limited production forest area has an area of 11,196 ha and is the largest type of land use in the kwandang sub-district, while the land use area for the Active Fault Line has the smallest area of 26.67 ha. Condition of water catchment area based on natural and actual infiltration overlay. Good condition (cB, dB) covers 78.16% of the total area, Normal Natural condition (bB, cC) covers 8.23%, Starting Critical condition (bC, dE) covers 0.1%, Somewhat Critical condition (cE) covers 10.57%, which indicates areas that

have experienced a significant decrease in water infiltration capability. Critical condition (bE) covers 2.92%.

Keywords: *Spatial suitability, Water catchment area, GIS*

History & License of Article Publication:

Received: 13/12/2024 **Revision:** 15/12/2024 **Published:** 16/12/2024

DOI: <https://doi.org/10.37971/radial.vXXiXX.XXX>



This work is licensed under a [Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/).

PENDAHULUAN

Rencana tata ruang wilayah (RTRW) berfungsi sebagai panduan untuk mencapai keterpaduan antara kawasan budidaya, lindung, dan penyangga di suatu daerah. Pada dasarnya, RTRW dirancang untuk mendukung keseimbangan antara pemanfaatan ruang untuk kebutuhan pembangunan dan perlindungan lingkungan. Namun dalam praktiknya, pelaksanaan RTRW kerap menghadapi tantangan terutama karena arahan pemanfaatan pola ruang sering kali sudah terpengaruh seperti pemanfaatan lahan yang meluas akibat pertumbuhan penduduk (Robbi et al., 2022; Utami, et al., 2020; Mujib et al., 2021). Kecenderungan perencanaan ruang yang lebih fokus pada aspek ekonomi ketimbang aspek lingkungan dapat menurunkan kemampuan fisik lahan serta berdampak pada keberlanjutan sumber daya (Ridwan & Sarjito, 2024; Susanti & Miardini, 2019) serta peran pemerintah daerah memberikan izin kepada investor untuk penggunaan lahan di luar koridor kawasan yang telah ditetapkan (Robbi et al., 2022)

Akibat dari orientasi pembangunan yang lebih mengutamakan kawasan budidaya dalam Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW), banyak daerah memang lebih memilih pengembangan kawasan industri, permukiman, pariwisata, dan peruntukan lain, sementara kawasan lindung termasuk kawasan resapan air sering diabaikan. Sesuai dengan Peraturan Daerah Kabupaten Gorontalo Utara, kawasan resapan air merupakan area yang memiliki kemampuan infiltrasi tinggi ke dalam tanah, yang berfungsi sebagai sumber pengisian air tanah (akuifer) dan penting untuk menjaga ketersediaan air (Banjara et al., 2024; Ridwan & Sarjito, 2024). Konversi lahan resapan ke lahan terbangun berdampak signifikan pada stabilitas sumber daya air (Atharinafi & Wijaya, 2021; Setyowati, 2021)

Keberadaan kawasan resapan air menjadi sangat penting untuk menampung air hujan, mencegah banjir, dan memastikan ketersediaan air tanah di suatu wilayah. (Muin et al., 2015) menyatakan bahwa penurunan fungsi kawasan resapan air meningkatkan risiko kejadian banjir, yang menyebabkan kerugian besar setiap tahunnya. Ketika kawasan ini dialihfungsikan menjadi area terbangun, kemampuan tanah untuk menyerap air berkurang, dan air hujan sulit masuk ke dalam tanah. Kondisi ini menyebabkan limpasan permukaan yang berlebihan, meningkatkan potensi banjir. Ekspansi lahan pertanian berlebih, dan pengembangan lahan terbangun pembangunan yang dilakukan tanpa mempertimbangkan aspek konservasi lingkungan berpotensi menyebabkan risiko banjir, penurunan kualitas lingkungan, dan berkurangnya cadangan air tanah (Agaton et al., 2016; Fadhil et al., 2021). Berkurangnya kawasan resapan air di berbagai wilayah dapat meningkatkan risiko bencana

banjir, terutama karena volume air hujan yang sulit diserap oleh tanah. Pengaruh alih fungsi lahan yang mengurangi daya serap tanah, sehingga air hujan cenderung mengalir sebagai limpasan permukaan/runoff. (Permatasari et al., 2017) menemukan bahwa kurangnya area resapan air memperparah banjir, karena curah hujan yang tinggi tidak dapat diserap secara optimal.

Kabupaten Gorontalo Utara sering terjadi bencana banjir khususnya di Kecamatan Kwandang. Pada tahun 2018, banjir melanda Desa Pontolo, Molingkapoto Selatan, dan Desa Boalemo. Pada tahun 2019, Desa Pontolo dan Pontolo Atas terdampak banjir, disusul pada tahun 2020 oleh Desa Ombulodata dan Molingkapoto. Di tahun 2021, banjir bahkan terjadi dua kali dalam setahun: di bulan Januari, yang berdampak pada Desa Moluo, Cisadane, dan Titidu, serta pada bulan November di Desa Leboto, Poso, Bulalo, dan Molingkapoto Selatan. Di tahun 2022-2023, banjir kembali melanda Desa Moluo, Katialada, dan Leboto (BPBD Kabupaten Gorontalo Utara). Kecamatan Kwandang memiliki potensi untuk terus berkembang, yang dikhawatirkan dapat mempengaruhi pemanfaatan ruang, termasuk konversi kawasan resapan air menjadi peruntukan lainnya. Oleh karena itu, diperlukan upaya serius untuk mengendalikan dan melestarikan fungsi kawasan resapan air agar manfaat ekologisnya tetap terjaga, serta mendukung kelestarian lingkungan untuk keberlanjutan pembangunan.

METODE

Lokasi Penelitian

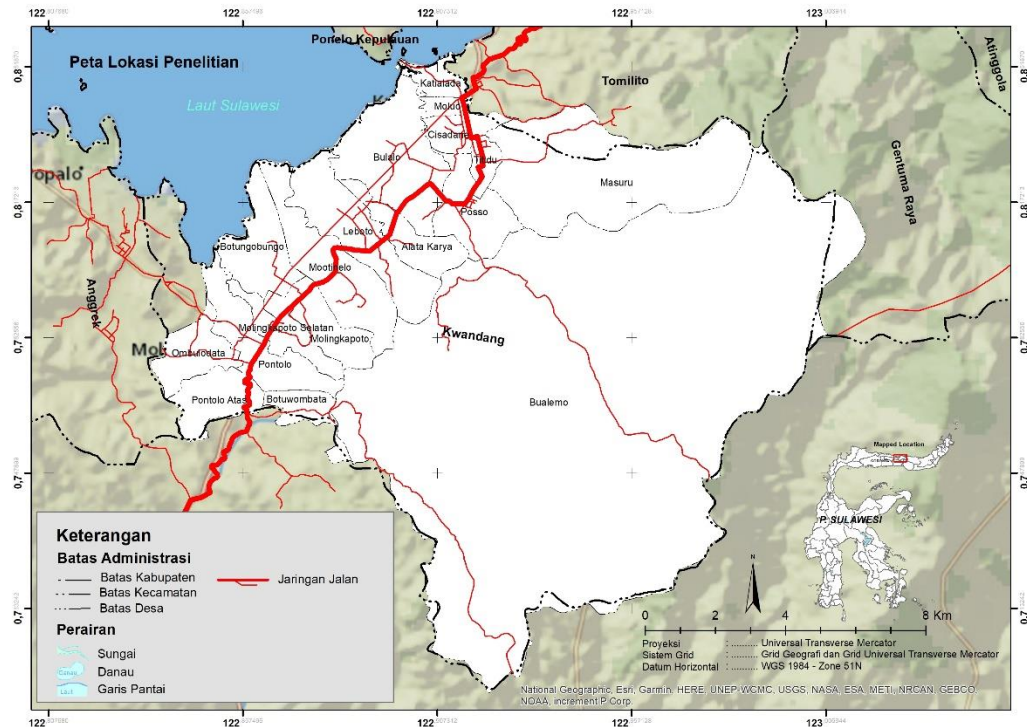
Penelitian dilakukan di Kecamatan Kwandang Kabupaten Gorontalo Utara. Secara geografis berada pada posisi $0^{\circ}59'22'' - 0^{\circ}41'33''$ LU dan $122^{\circ}49'17'' - 123^{\circ}0'42''$ BT. Luas wilayah Kecamatan Kwandang $190,75 \text{ Km}^2$. Bagian Utara berbatasan dengan Laut Sulawesi, bagian Timur berbatasan dengan Kecamatan Gentuma Raya, bagian Selatan berbatasan dengan Kabupaten Gorontalo dan wilayah bagian Barat berbatasan dengan kecamatan Anggrek.

Metode Penelitian

Penelitian metode deskriptif analitis yaitu menyusun gambaran tentang RTRW yang ada dan kondisi kawasan resapan air yang sebenarnya dan menganalisis kesesuaian antara keduanya, apakah penggunaan ruang yang direncanakan sesuai dengan kondisi yang ada atau justru berpotensi merusak resapan air.

Jenis Penelitian

Jenis penelitian menggunakan penelitian kuantitatif dilakukan dengan pemetaan spasial untuk melihat seberapa besar kawasan resapan air yang telah berubah menjadi kawasan yang memiliki penggunaan lahan yang tidak sesuai (misalnya, lahan terbangun, permukiman, industri, atau area komersial).



Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian

Teknik pengumpulan Data

Penelitian menggunakan data sekunder dan data primer. Data sekunder meliputi dokumen RTRW yang memuat peta zonasi dan peruntukan ruang, serta peta kawasan resapan air yang mengidentifikasi kawasan resapan air. Data primer diperoleh melalui observasi lapangan untuk mengamati langsung kondisi kawasan resapan air di wilayah yang diteliti, serta wawancara dengan stakeholder.

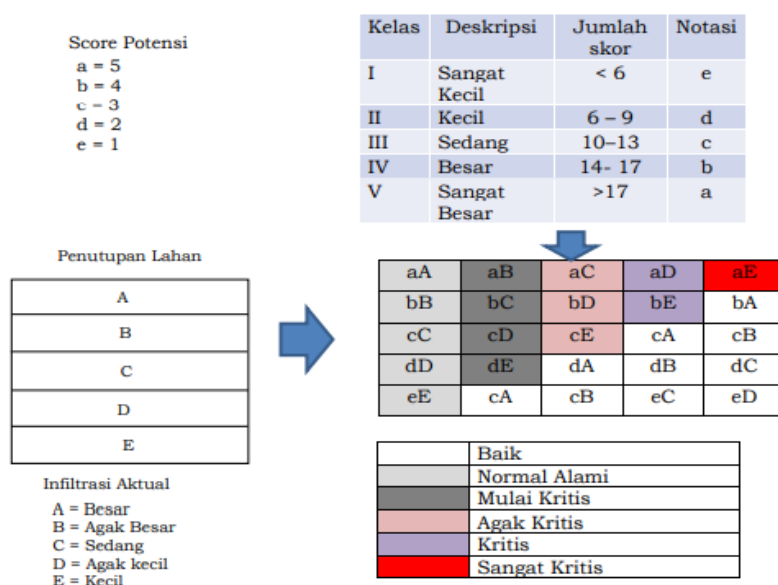
Analisis Data

Menggunakan Geographic Information System (GIS) untuk memetakan dan membandingkan lokasi kawasan resapan air dengan peta penggunaan lahan yang tercantum dalam RTRW. Kondisi kawasan resapan air dipengaruhi infiltrasi alami dan infiltrasi aktual. Peta RTRW di Overlay dengan peta kawasan resapan air untuk memeriksa apakah ada zona resapan air yang telah digunakan untuk kegiatan yang tidak sesuai.

Tabel 1. Pengelompokan Tingkat Infiltrasi Aktual Berdasarkan Kelas Penutupan Lahan

No	Kelompok Kelas Penutupan Lahan	Infiltrasi	Notasi
1	Hutan lahan kering Primer, Hutan lahan kering Sekunder	Besar	A
2	Hutan produksi, perkebunan, Hutan Tanaman	Agak Besar	B
3	Semak/belukar, padang rumput	Sedang	C
4	Hortikultura, Pertanian Lahan Kering, Pertanian Lahan Kering Campur	Agak Kecil	D
5	Pemukiman, sawah, Airport, Belukar Rawa, Hutan Mangrove Primer, Hutan Mangrove Sekunder, Hutan Rawa Primer, Hutan Rawa Sekunder, Pertambangan, Rawa, Tambak, Tanah Terbuka, Transmigrasi, Tubuh Air.	Kecil	E

Sumber: Permen LHK Nomor 10 tahun 2022



Gambar 2. Garis Besar Pendekatan Penyusunan Kekritisan Daerah Resapan Air
Sumber: Permen LHK Nomor 10 tahun 2022

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Penelitian

Hasil analisis pengkelasan penutupan lahan pada rencana pola ruang di kecamatan kwandang dapat dilihat pada tabel berikut.

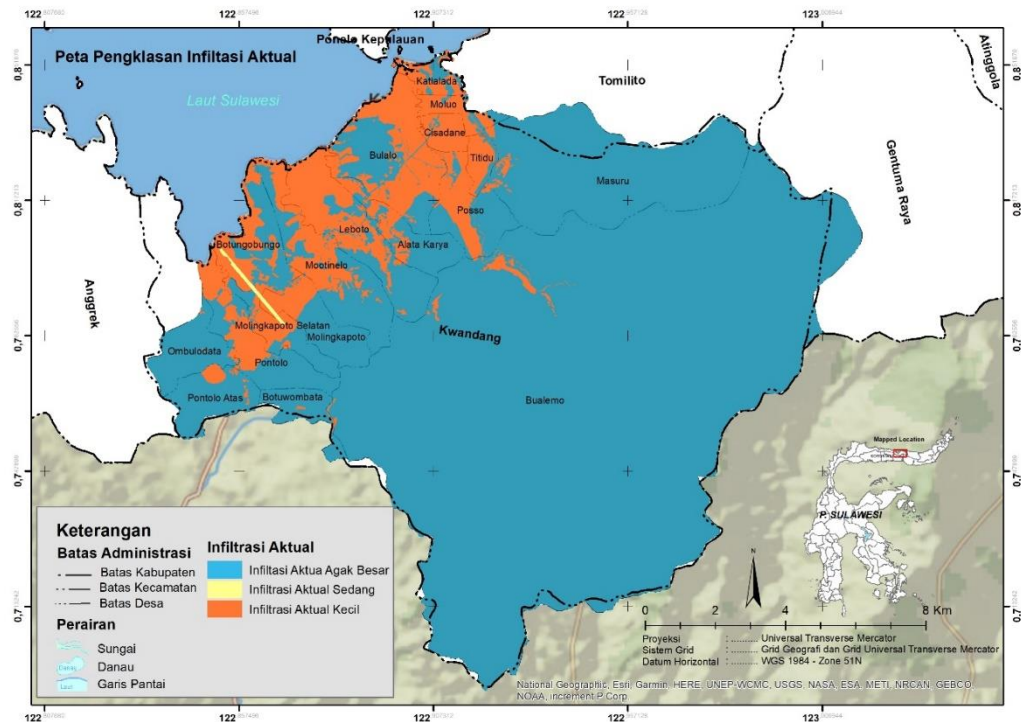
Tabel 2. Pengkelasan Tingkat Infiltrasi Aktual Berdasarkan Kelas Tutupan Lahan

NO.	KELAS PENUTUPAN LAHAN	INFILTASI	NOTASI	LUAS (Ha)
1.	Perkebunan, Hutan Rakyat dan Hutan Produksi Terbatas.	Agak Besar	B	16932.80
2.	Sempadan Patahan Aktif	Sedang	C	26.67
3.	Permukiman Perkotaan, Tanaman Pangan, Perikanan Budidaya, Hutan Lindung (Magrove) dan Tubuh Air	Kecil	E	2648.56

(Hasil Analisis, 2023)

Pengkelasan penggunaan lahan berdasarkan tata ruang wilayah di Kecamatan Kwandang dapat dilihat pada gambar 3.

Kelas tutupan lahan berdasarkan hasil analisis menunjukkan kelompok kelas infiltrasi Agak Besar yang memiliki luasan terbesar yaitu 16.932,80 ha. Kelas infiltrasi Kecil memiliki luasan 2648,55 ha dan luasan kelas infiltrasi Sedang memiliki luasan yang paling kecil yaitu sebesar 26,67 ha. Berdasarkan jenis penggunaan lahan area hutan produksi terbatas memiliki luas sebesar 11.196 ha dan merupakan jenis penggunaan lahan terbesar di kecamatan kwandang, sedangkan area penggunaan lahan untuk Sempadan Patahan Aktif memiliki luas yang paling kecil yaitu sebesar 26,67 ha.



Gambar 3. Pengkelasan Penggunaan Lahan Berdasarkan Tata Ruang Wilayah

Hasil analisis spasial terhadap arahan penggunaan lahan di kawasan resapan air memberikan gambaran mengenai luas lahan terbangun yang sesuai dan tidak sesuai di Kecamatan Kwandang. Beberapa lokasi yang seharusnya diperuntukan sebagai kawasan resapan air mengalami perubahan fungsi akibat penggunaan lahan yang tidak sesuai. Kondisi kawasan resapan air dapat dibedakan berdasarkan fungsinya, apabila fungsi kawasan ini mengalami penurunan maka kawasan tersebut dikategorikan dalam kondisi kritis. Tingkat kekritisan akibat perubahan penggunaan lahan di kawasan resapan air Kecamatan Kwandang dapat dilihat pada penjelasan yang terdapat dalam tabel dan gambar berikut.

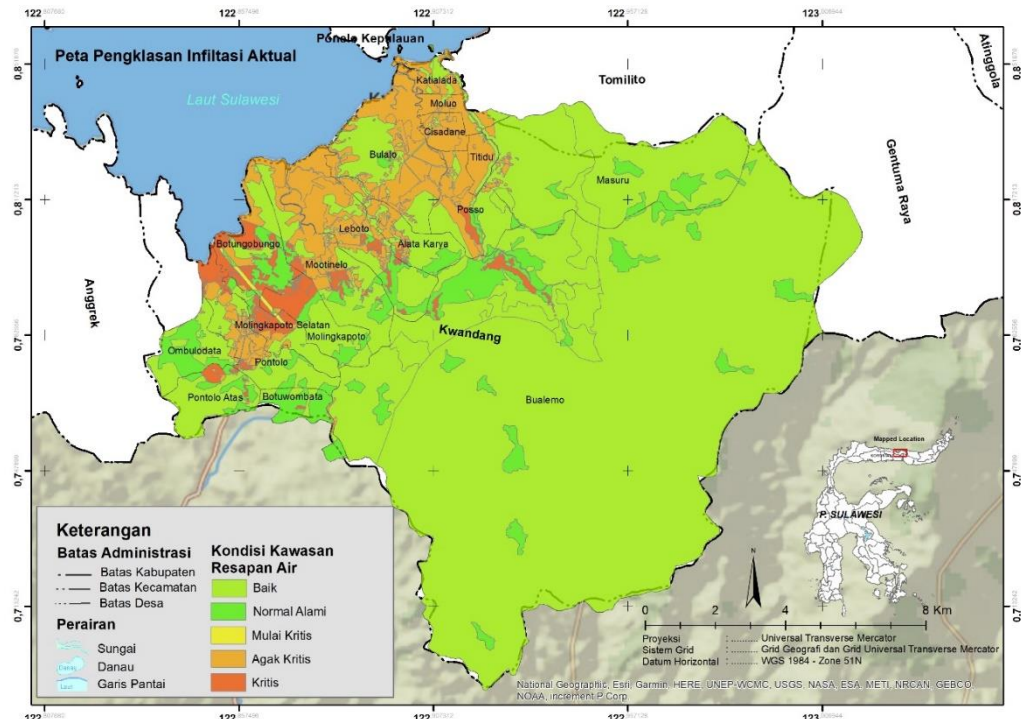
Tabel 3. Kesesuaian Pemanfaatan RTRW pada Kawasan Resapan Air Kecamatan Kwandang

No	Notasi (Overlay Infiltrasi Alami & Aktual)	Kondisi Kawasan	Luas (Ha)	Persentase (%)
1	cB, dB	Baik	15325.75	78.16
2	bB, cC	Normal Alami	1614.01	8.23
3	bC, dE	Mulai Kritis	19.70	0.1
4	cE	Agak Kritis	2074.09	10.57
5	bE	Kritis	574.45	2.92
Jumlah			19608.02	100

(Hasil analisis, 2023)

Tabel tersebut menggambarkan Kawasan resapan air di Kecamatan Kwandang berdasarkan overlay infiltrasi alami dan aktual. Kondisi Baik (cB, dB) mencakup 15.325,75 ha atau 78,16% dari total luas, kondisi Normal Alami (bB, cC) mencakup 1.614,01 ha atau 8,23%, kondisi Mulai Kritis (bC, dE) mencakup 19,70 ha atau 0,1%, kondisi "Agak Kritis" (cE) mencakup 2.074,09 ha atau 10,57%, yang mengindikasikan kawasan yang mengalami penurunan signifikan dalam kemampuan resapan air. Kondisi kritis (bE) mencakup 574,45

ha atau 2,92%, menunjukkan kawasan yang sangat terdegradasi dengan infiltrasi air yang sangat rendah. Secara keseluruhan Kecamatan Kwandang memiliki kawasan resapan air masih dalam kondisi baik, meskipun ada sebagian kecil kawasan yang sudah memasuki kategori kritis atau hampir kritis.



Gambar 4. Peta Kesesuaian Pemanfaatan Tata Ruang Wilayah Pada Kawasan Resapan Air

Berdasarkan peta potensi infiltrasi alami, Kecamatan Kwandang didominasi kawasan resapan air memiliki potensi infiltrasi alami besar dan sedang, sementara potensi infiltrasi alami kecil sangat terbatas yang terletak di Desa Masuru dan Poso. Memiliki potensi untuk digunakan dalam pembangunan dan pengembangan kawasan budidaya, sesuai dengan arahan penggunaan ruang. Sementara itu, kawasan resapan air dengan infiltrasi alami besar disarankan untuk dijadikan kawasan lindung. Meskipun kondisi alami kawasan resapan air di Kecamatan Kwandang tergolong sangat baik, hal ini perlu dievaluasi lebih lanjut. Kecamatan Kwandang tengah mengalami dinamika pembangunan wilayah perkotaan, perlu ada perhatian khusus agar fungsi dan kondisi kawasan resapan air ini tetap terjaga di masa depan.

Perencanaan tata ruang khususnya wilayah perkotaan, arahan penggunaannya pasti akan di dominasi oleh kawasan yang diperuntukkan untuk menunjang ekonomi dan sosial wilayah, seperti pusat pemerintahan, permukiman perkotaan, pusat perdagangan dan fasilitas umum lainnya, hal tersebut apabila arahan penggunaannya tidak melihat aspek pengelolaan lingkungan maka kondisi kawasan resapan air dikhawatirkan akan mengalami penurunan fungsinya.

Jika arahan penggunaan ruang di Kecamatan Kwandang tidak memperhatikan aspek pengelolaan lingkungan secara menyeluruh, maka fungsi kawasan resapan air yang selama ini sangat penting dalam menjaga keseimbangan ekosistem, dapat terancam. Penurunan kualitas dan luas kawasan resapan air dapat berdampak pada berkurangnya kemampuan tanah untuk menyerap air hujan, yang pada gilirannya dapat menyebabkan peningkatan resiko banjir dan degradasi kualitas air tanah. Hal ini sejalan dengan temuan dalam beberapa penelitian yang menyebutkan bahwa perubahan penggunaan lahan, terutama konversi lahan

terbuka menjadi kawasan perkotaan, berpotensi mengurangi infiltrasi air tanah. Sebagai contoh, penelitian yang dilakukan oleh beberapa wilayah perkotaan di Indonesia menunjukkan bahwa konversi lahan resapan air menjadi lahan terbangun dapat mengurangi infiltrasi hingga 40%, yang berimbas pada peningkatan genangan air dan potensi banjir di musim hujan.

Kajian oleh (Sari et al., 2017) menegaskan bahwa pengelolaan kawasan resapan air yang tidak memperhatikan karakteristik tanah dan kondisi ekologis setempat dapat menyebabkan kerusakan jangka panjang pada fungsi hidrologis suatu kawasan. Kawasan resapan air di Kecamatan Kwandang tidak dilindungi secara tepat, akan terjadi penurunan kapasitas daya dukung lingkungan, yang berisiko merusak keseimbangan ekosistem lokal. Oleh karena itu, penelitian tersebut merekomendasikan pendekatan berbasis kawasan lindung untuk daerah-daerah yang memiliki potensi infiltrasi besar, agar dapat mempertahankan fungsi resapan air sekaligus mengurangi dampak negatif dari perkembangan kawasan perkotaan.

Penting bagi perencana tata ruang di Kecamatan Kwandang untuk mengadopsi strategi pengelolaan kawasan yang berbasis pada prinsip keberlanjutan. Penerapan kebijakan zonasi yang lebih ketat untuk kawasan resapan air dengan potensi infiltrasi alami, sedang dan besar sangat diperlukan. Selain itu, pembangunan infrastruktur di kawasan yang memiliki infiltrasi alami kecil juga harus disertai dengan sistem drainase yang efisien dan ramah lingkungan, serta penerapan teknologi untuk mengoptimalkan pengelolaan air hujan, seperti sistem resapan buatan atau biopori. Upaya untuk melindungi kawasan resapan air dan menjaga kualitas lingkungan hidup di Kecamatan Kwandang, penelitian yang dilakukan oleh (Rahmawati et al., 2021) juga menyarankan perlunya kolaborasi secara komprehensif antara pemerintah, swasta dan masyarakat dalam merumuskan kebijakan yang lebih responsif terhadap isu-isu lingkungan. Dengan sinergi yang baik antar pemangku kepentingan, diharapkan kawasan resapan air di Kecamatan Kwandang dapat terus berfungsi dengan optimal, sekaligus mendukung pembangunan yang berkelanjutan dan ramah lingkungan.

KESIMPULAN

Kawasan resapan air di Kecamatan Kwandang, yang didominasi oleh potensi infiltrasi alami dengan kategori besar dan sedang, memainkan peran ekologis yang sangat vital dalam menjaga keseimbangan hidrologis serta kualitas lingkungan, dengan membantu mengatur aliran air, mencegah banjir, dan mendukung keberlanjutan ekosistem lokal. Meskipun demikian, seiring dengan dinamika pembangunan yang cenderung mengarah pada pengembangan kawasan perkotaan, potensi penurunan fungsi resapan air sangat mungkin terjadi jika perencanaan tata ruang tidak mengintegrasikan pengelolaan lingkungan secara holistik. Konversi lahan resapan air menjadi kawasan terbangun, tanpa memperhatikan daya dukung alam, dapat mengurangi kapasitas infiltrasi air, meningkatkan risiko banjir, serta menurunkan kualitas air tanah.

DAFTAR PUSTAKA

- Agaton, M., Setiawan, Y., & Effendi, H. (2016). Land Use/Land Cover Change Detection in an Urban Watershed: A Case Study of Upper Citarum Watershed, West Java Province, Indonesia. *Procedia Environmental Sciences*, 33(April), 654–660. <https://doi.org/10.1016/j.proenv.2016.03.120>
- Atharinafi, Z., & Wijaya, N. (2021). Land use change and its impacts on surface runoff in rural areas of the upper citarum watershed (case study: Cirasea subwatershed). *Journal of Regional and City Planning*, 32(1), 36–55. <https://doi.org/10.5614/jpwk.2021.32.1.3>
- Banjara, M., Bhusal, A., Ghimire, A. B., & Kalra, A. (2024). Impact of Land Use and Land Cover Change on Hydrological Processes in Urban Watersheds: Analysis and Forecasting for Flood Risk Management. *Geosciences (Switzerland)*, 14(2). <https://doi.org/10.3390/geosciences14020040>
- Fadhil, M. Y., Hidayat, Y., & Baskoro, D. P. T. (2021). Identifikasi Perubahan Penggunaan

- Lahan dan Karakteristik Hidrologi DAS Citarum Hulu. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia*, 26(2), 213–220. <https://doi.org/10.18343/jipi.26.2.213>
- Muin, S., Boer, R., & Suharnoto, Y. (2015). Pemodelan Banjir dan Analisis Kerugian Akibat Bencana Banjir di DAS Citarum Hulu. *Jurnal Tanah Dan Iklim*, 39(2), 75–84.
- Mujib, M. A., Apriyanto, B., Kurnianto, F. A., Ikhsan, F. A., Nurdin, E. A., Pangastuti, E. I., & Astutik, S. (2021). Assessment of Flood Hazard Mapping Based on Analytical Hierarchy Process (AHP) and GIS: Application in Kencong District, Jember Regency, Indonesia. *Geosfera Indonesia*, 6(3), 353. <https://doi.org/10.19184/geosi.v6i3.21668>
- Permatasari, R., Arwin, & Natakusumah, D. K. (2017). Pengaruh Perubahan Penggunaan Lahan terhadap Rezim Hidrologi DAS (Studi Kasus : DAS Komerling) Arwin Dantje Kardana Natakusumah. *Jurnal Teknik Sipil*, 24(1), 91–98. <https://doi.org/10.5614/jts.2017.24.1.11>
- Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan RI, Nomor 10. Tahun 2022 Tentang *Penyusunan Rencana Umum Rehabilitasi Hutan Dan Lahan Daerah Aliran Sungai Dan Rencana Tahunan Rehabilitasi Hutan Dan Lahan*. Jakarta
- Rahmawati, L., & Purwanto, B. (2011). Impact of land use change on flood frequency in Musi Watershed. *Journal of Hydrology*, 400, 60-70.
- Ridwan, M., & Sarjito, J. (2024). *Studi Kajian Dampak Perubahan Tutupan Lahan terhadap Kejadian Banjir di Daerah Aliran Sungai*. 26, 38–45.
- Robbi, R. A., Astutik, S., & Kurnianto, F. A. (2022). Kajian Kerawanan Bencana Longsor Berbasis Sistem Informasi Geografis Sebagai Acuan Mitigasi Bencana di Kecamatan Panti, Kabupaten Jember. *Majalah Pembelajaran Geografi*, 5(1), 1. <https://doi.org/10.19184/pgeo.v5i1.29716>
- Sari, R. F., Boer, R., & Anwar, S. (2017). The impacts of land-use change on the hydrology of the Citarum River basin. *Procedia Environmental Sciences*, 33, 415-421.
- Setyowati, D. L. (2021). Assessment of Watershed Carrying Capacity and Land Use Change on Flood Vulnerability Areas in Semarang City. *Forum Geografi*, 35(2), 141–152. <https://doi.org/10.23917/forgeo.v35i2.15542>
- Susanti, P. D., & Miardini, A. (2019). Identifikasi Karakteristik dan Faktor Pengaruh pada Berbagai Tipe Longsor. *AgriTECH*, 39(2), 97. <https://doi.org/10.22146/agritech.40562>
- Utami, W. U., Wahjunie, E. D., & Tarigan, S. D. (2020). *Land use/land cover change detection in an urban watershed: a case study of upper Citarum Watershed, West Java Province, Indonesia*. *Procedia Environmental Sciences*, 33, 654-660.