

KAJIAN KETERKAITAN TINGKAT KEKRITISAN DAERAH RESAPAN AIR TERHADAP KEJADIAN BANJIR DI KOTA BALIKPAPAN

Doni Prakasa Eka Putra^{1*}, Esa Pradindra Fassa Zaini Zam Zam¹, Dessy Fitrianita², Alih Janu Putra²,
Fitria Majid², Arif Bando Sigit²

¹Departemen Teknik Geologi, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta

²Badan Perencanaan Pembangunan Daerah, Penelitian dan Pengembangan (Bappeda Litbang) Kota Balikpapan
e-mail : putra_dpe@ugm.ac.id

Abstrak. Kota Balikpapan merupakan salah satu wilayah dengan tingkat urbanisasi tertinggi di Provinsi Kalimantan Timur. Perkembangan pesat kawasan terbangun di kota ini menyebabkan berkurangnya daerah resapan air yang berperan penting dalam menjaga keseimbangan hidrologi. Penurunan kemampuan lahan dalam meresapkan air hujan berkontribusi terhadap kejadian banjir dengan total 88 kasus tercatat pada periode 2019–2024 di Kota Balikpapan. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi zona tingkat kekritisian daerah resapan air dan menganalisis keterkaitannya dengan kejadian banjir. Analisis dilakukan dengan mengintegrasikan metode *Analytical Hierarchy Process* (AHP) dan Sistem Informasi Geografis (SIG) menggunakan empat parameter berupa tata guna lahan, laju infiltrasi, kemiringan lereng, dan kedalaman muka air tanah. Hasil analisis menunjukkan bahwa Kota Balikpapan didominasi oleh tingkat kekritisian baik. Validasi lapangan menunjukkan adanya keterkaitan antara tingkat kekritisian daerah resapan air dengan wilayah bahaya banjir. Kajian ini dapat menjadi dasar dalam perencanaan tata ruang dan strategi mitigasi banjir berkelanjutan di Kota Balikpapan.

Kata Kunci: AHP; banjir; daerah resapan air; Kota Balikpapan; SIG

Abstract. Balikpapan City is one of the most urbanized areas in East Kalimantan Province, Indonesia. The rapid expansion of built-up areas has reduced groundwater recharge zones that are crucial for maintaining hydrological balance. The decline in the land's infiltration capacity has contributed to an increase in flood occurrences, with a total of 88 flood events recorded between 2019 and 2024. This study aims to identify the spatial distribution of groundwater recharge criticality levels and to analyze their relationship with flood occurrences in Balikpapan City. The analysis integrates the *Analytical Hierarchy Process* (AHP) and *Geographic Information System* (GIS) approaches using four key parameters: land use, infiltration rate, slope, and groundwater table depth. The results indicate that most areas of Balikpapan City fall into the good criticality category, while zones classified as moderately to highly critical are spatially associated with flood-prone areas. Field validation supports these findings, confirming the relationship between groundwater recharge degradation and flood vulnerability. The outcomes of this study provide a scientific basis for spatial planning and the development of sustainable flood mitigation strategies in Balikpapan City.

Keywords: AHP; flood; groundwater recharge area; Balikpapan city; GIS

PENDAHULUAN

Urbanisasi melibatkan perubahan tata guna lahan non-perkotaan menjadi perkotaan sehingga dapat berdampak negatif terhadap lingkungan (Nuissl & Siedentop, 2021). Salah satu dampak negatif perubahan tata guna lahan adalah bertambahnya wilayah kedap air di wilayah perkotaan dan menyebabkan penurunan laju infiltrasi di permukaan (Feng dkk., 2021). Infiltrasi air ke tanah merupakan salah satu proses penting dalam hidrologi karena menentukan jumlah air yang dapat meresap ke tanah (Purnama, 2016). Penurunan laju infiltrasi mengakibatkan peningkatan limpasan permukaan sehingga potensi banjir dapat semakin meningkat. Kota Balikpapan tercatat mengalami banjir sebanyak 88 kasus dalam rentang tahun 2019-2024 (Badan Pusat Statistik Balikpapan, 2024). Kota Balikpapan merupakan wilayah dengan tingkat urbanisasi tertinggi di Provinsi Kalimantan Timur pada periode 2000 hingga 2020 (Dewi & Adhar, 2024). Selain itu, Kota Balikpapan memiliki kepadatan penduduk 1.404 jiwa per km² dan laju pertumbuhan penduduk 1,03% per tahun (Badan Pusat Statistik Kota Balikpapan, 2025)

Terkait dengan laju infiltrasi dan potensi banjir, perlu dipahami bahwa kondisi intrinsik alamiah Kota Balikpapan umumnya tersusun oleh Formasi Kampungbaru yang didominasi oleh perselingan batulempung (Hidayat & Umar, 1994) yang kemungkinan bersifat kedap air, Sehingga, tingginya pertumbuhan kepadatan

dan pemukiman serta alih fungsi lahan dari kawasan alami menjadi kawasan terbangun akan meningkatkan kekedapan lahan di Kota Balikpapan. Oleh karena itu, kajian ini bertujuan untuk mengetahui zona tingkat kekritisian daerah resapan air di Kota Balikpapan dengan memperhatikan faktor alami dan tata guna lahan menurut Peraturan Menteri LHK No. 10 Tahun 2022.

METODOLOGI

Pembuatan peta zonasi kekritisian daerah resapan air di lokasi penelitian dilakukan dengan menggabungkan metode multi kriteria analisis dan Sistem Informasi Geografis dengan pendekatan *Analytical Hierarchy Process* (AHP) (Amin dkk., 2023; Septio dkk., 2024). Hasil zona tingkat kekritisian daerah resapan air kemudian dianalisis keterkaitannya dengan riwayat kejadian banjir. Seperti disebutkan pada latar belakang, penentuan parameter untuk tingkat kekritisian daerah resapan air di Kota Balikpapan mengacu pada Peraturan Menteri LHK No. 10 Tahun 2022 yaitu meliputi parameter sebagai berikut; (1) tata guna lahan, (2) laju infiltrasi, (3) kemiringan lereng, dan (4) kedalaman muka air tanah.

Pada penelitian ini, data parameter-parameter untuk penentuan zonasi kekritisian daerah resapan air berasal dari data primer dan data sekunder. Parameter tata guna lahan dihasilkan dari data sekunder yang berasal dari Dinas Pertanahan dan Penataan Ruang (Data Portal Balikpapan, 2021). Parameter laju infiltrasi dihasilkan melalui pengukuran di lapangan menggunakan *double ring infiltrometer* pada 15 titik dengan mempertimbangkan formasi geologi. Hasil pengukuran kemudian diolah dengan Model Kostiakov dan diklasifikasikan berdasarkan Kohnke (1968) dalam (Tamod dkk., 2020). Parameter kemiringan lereng dihasilkan melalui pengolahan data DEMNAS. Parameter kedalaman muka air tanah dihasilkan melalui observasi pada sumur gali dan mata air. Data kedalaman muka air tanah kemudian diinterpolasi dengan metode *Inverse Distance Weighting* (IDW).

Seluruh parameter kemudian dilakukan pembobotan dengan metode AHP untuk mendukung obyektivitas pengambilan keputusan secara matematis sehingga mengurangi preferensi subyektif (Brunelli, 2015; Saaty & Vargas, 2012). Metode ini menggunakan skala prioritas dari perbandingan parameter yang digunakan. AHP diawali dengan menyusun matriks perbandingan berpasangan berdasarkan parameter dengan skala tingkat kepentingan 1 sampai 9 atau kebalikannya 1/9 sampai 1. Hasil matriks tersebut kemudian dilakukan normalisasi untuk perhitungan bobot kriteria/parameter dan mendapatkan nilai *eigenvalue* maksimum (λ_{max}). *Eigenvalue* maksimum digunakan untuk menghitung nilai *Consistency Index* (CI) (1). Tahap akhir adalah menghitung nilai *Consistency Ratio* (CR) (2).

$$CI = (\lambda_{max} - n)/(n - 1) \quad (1)$$

$$CR = CI/RI \quad (2)$$

Nilai Random Indeks (RI) dapat diperoleh melalui Tabel 1 sesuai dengan jumlah parameter (n) yang digunakan. Jika nilai CR bernilai <0,1 maka perhitungan bobot dapat diterima (Saaty & Vargas, 2012). Hasil bobot dikalikan skor klas yang ada disetiap kriteria/parameter kemudian di-*overlay* sehingga dihasilkan zona tingkat kekritisian daerah resapan air.

Tabel 1. Nilai *Random Index* (RI) (Saaty & Vargas, 2012)

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
RI	0	0	0,58	0,9	1,12	1,25	1,32	1,41	1,45	1,49

HASIL DAN PEMBAHASAN

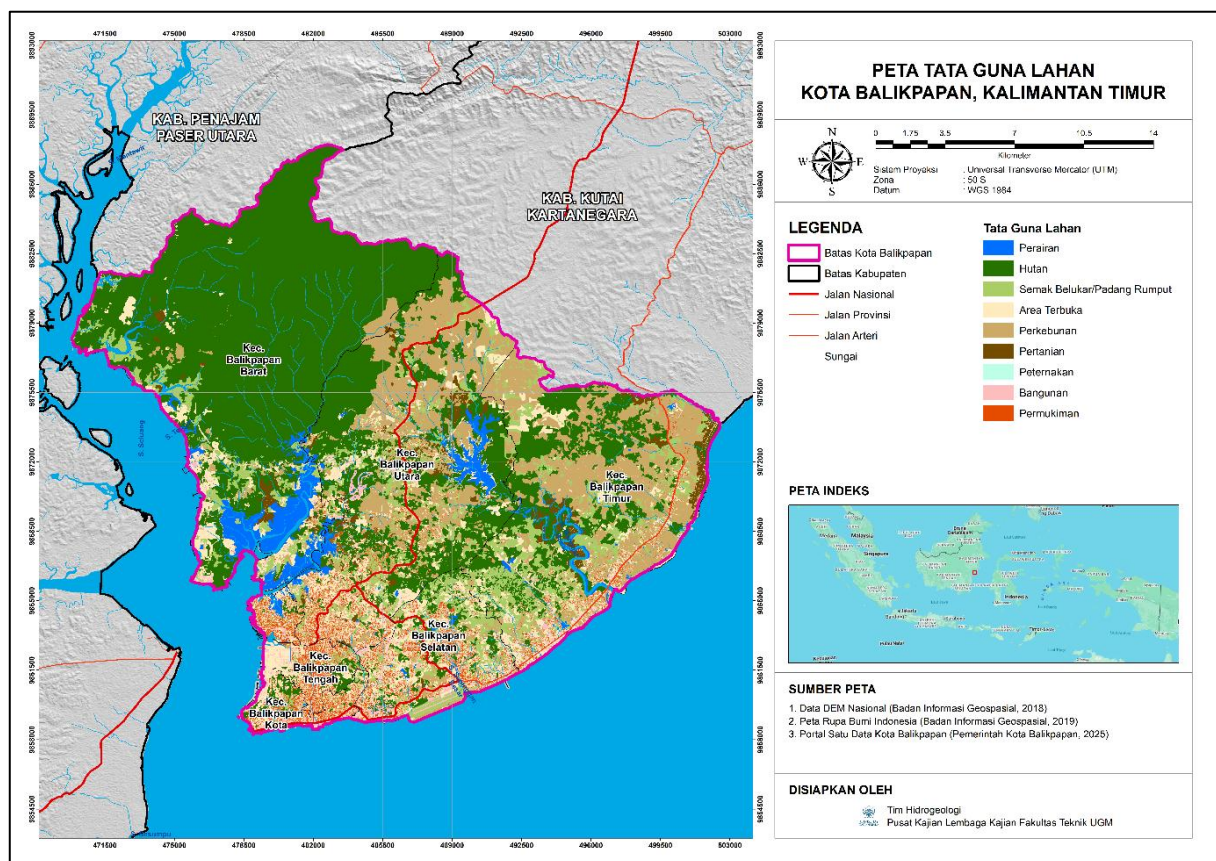
Tata Guna Lahan

Kota Balikpapan memiliki tata guna lahan berupa hutan, perkebunan, area terbuka, semak belukar/padang rumput, perairan, permukiman, bangunan, pertanian, dan peternakan (Gambar 1). Tata guna lahan yang mendominasi adalah hutan (Tabel 2) yaitu menempati kurang lebih 45% dari keseluruhan lokasi penelitian dan dominan pada bagian utara-barat Kota Balikpapan. Kondisi tata guna lahan pada area tersebut terkonservasi

dengan baik oleh karena merupakan hutan lindung. Secara hidrologi dan hidrogeologi, keberadaan kawasan hutan lindung ini sangat penting dalam konservasi air.

Tabel 2. Luas tata guna lahan

Tata Guna Lahan	Luas (km ²)	Persentase (%)
Hutan	229,5	45
Perkebunan	90,5	18
Area terbuka	63,7	12
Semak belukar/padang rumput	55,3	11
Perairan	24,4	5
Permukiman	19,5	4
Bangunan	16,1	3
Pertanian	11,7	2
Peternakan	0,0003	0,00006



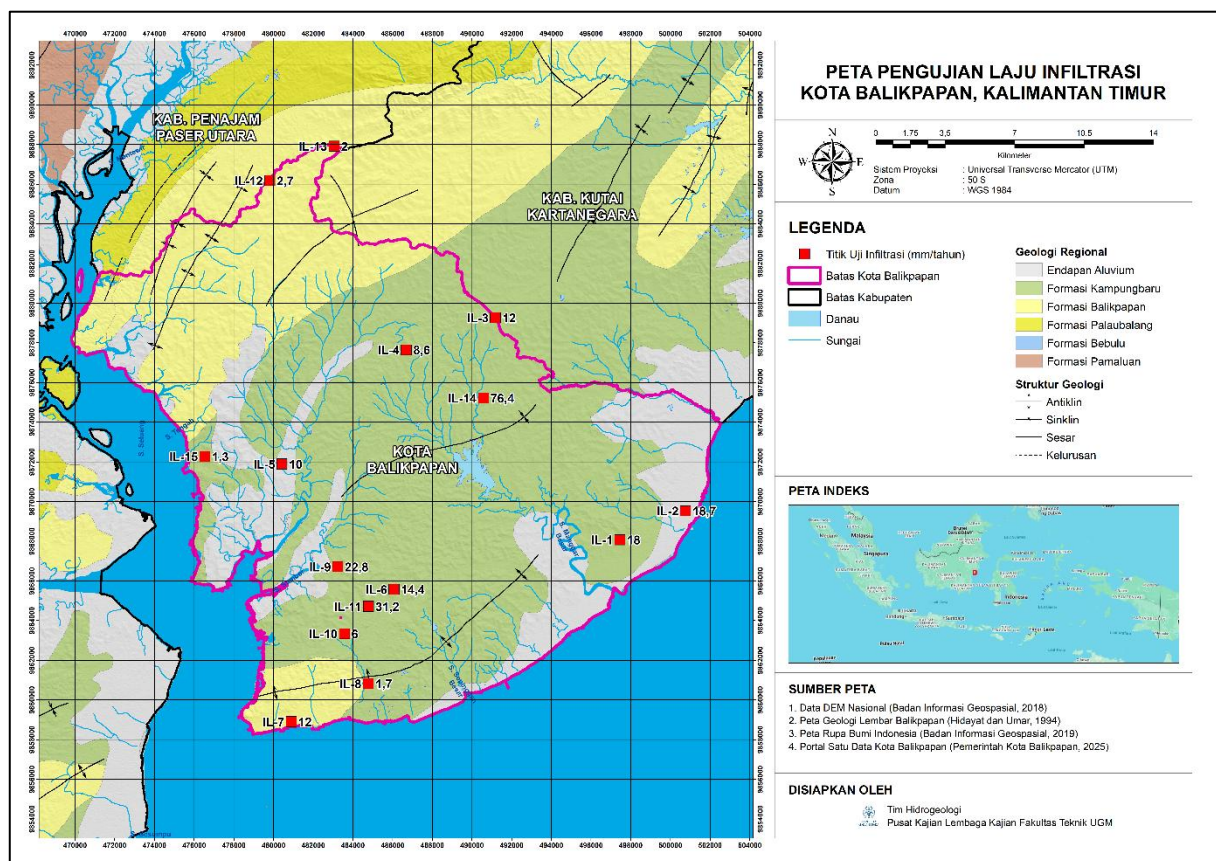
Gambar 1. Peta tata guna lahan di area kajian

Laju Infiltrasi

Hasil pengukuran laju infiltrasi menghasilkan nilai laju infiltrasi pada setiap formasi geologi (Tabel 3). Laju infiltrasi pada Endapan Aluvium berkisar antara 2,0-19,5 mm/jam, Formasi Balikpapan berkisar antara 3-12 mm/ jam, dan Formasi Kampungbaru berkisar antara 2,5-88,8 mm/jam. Sebaran lokasi uji laju infiltrasi ditunjukkan pada Gambar 2. Secara rerata dari data primer yang diuji, nilai laju infiltrasi dari masing-masing formasi geologi adalah Formasi Balikpapan memiliki nilai rata-rata laju infiltrasi 6,3 mm/jam, Endapan Aluvium 11,6 mm/jam, dan Formasi Kampungbaru 23,6 mm/jam.

Tabel 3. Hasil perhitungan laju infiltrasi

Titik Pengujian	Laju infiltrasi Model Kostiakov (mm/jam)	Klasifikasi laju infiltrasi (Kohnke, 1968 dalam Tamod dkk., 2020)	Formasi	Rata-rata laju infiltrasi (mm/jam)	Klasifikasi laju infiltrasi (Kohnke, 1968 dalam Tamod dkk., 2020)
IL-2	19,5	Sedang-lambat	Endapan Aluvium	11,6	Sedang-lambat
IL-5	13,3	Sedang-lambat			
IL-15	2,0	Lambat			
IL-7	12,0	Sedang-lambat	Formasi Balikpapan	6,3	Sedang-lambat
IL-12	3,0	Lambat			
IL-13	4,0	Lambat			
IL-1	19,6	Sedang-lambat	Formasi Kampungbaru	23,6	Sedang
IL-3	12,0	Sedang-lambat			
IL-4	11,3	Sedang-lambat			
IL-6	14,8	Sedang-lambat			
IL-8	2,5	Lambat			
IL-9	23,6	Sedang			
IL-10	6,9	Sedang-lambat			
IL-11	33,4	Sedang			
IL-14	88,8	Sedang-cepat			



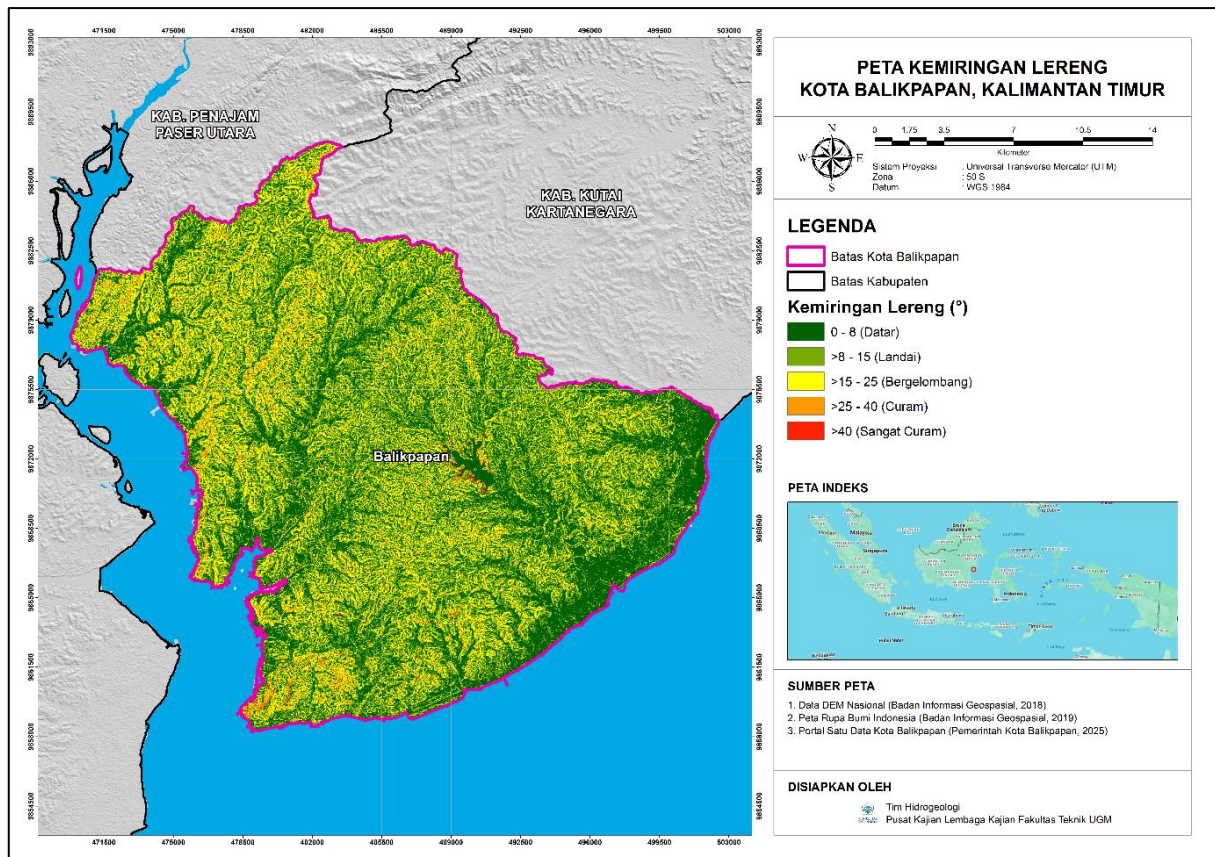
Gambar 2. Peta pengujian laju infiltrasi di area kajian

Kemiringan Lereng

Data parameter kemiringan lereng diperoleh dari Data DEMNAS. Data DEMNAS diolah menjadi slope menggunakan SIG kemudian diklasifikasikan berdasarkan Direktur Jenderal Reboisasi dan Rehabilitasi Lahan (1998) dalam Peraturan Menteri LHK No. 10 Tahun 2022 (Gambar 3). Secara umum, daerah kajian didominasi oleh morfologi dengan kemiringan lereng datar hingga bergelombang (Tabel 4).

Tabel 4. Klasifikasi dan luas kemiringan lereng di area kajian

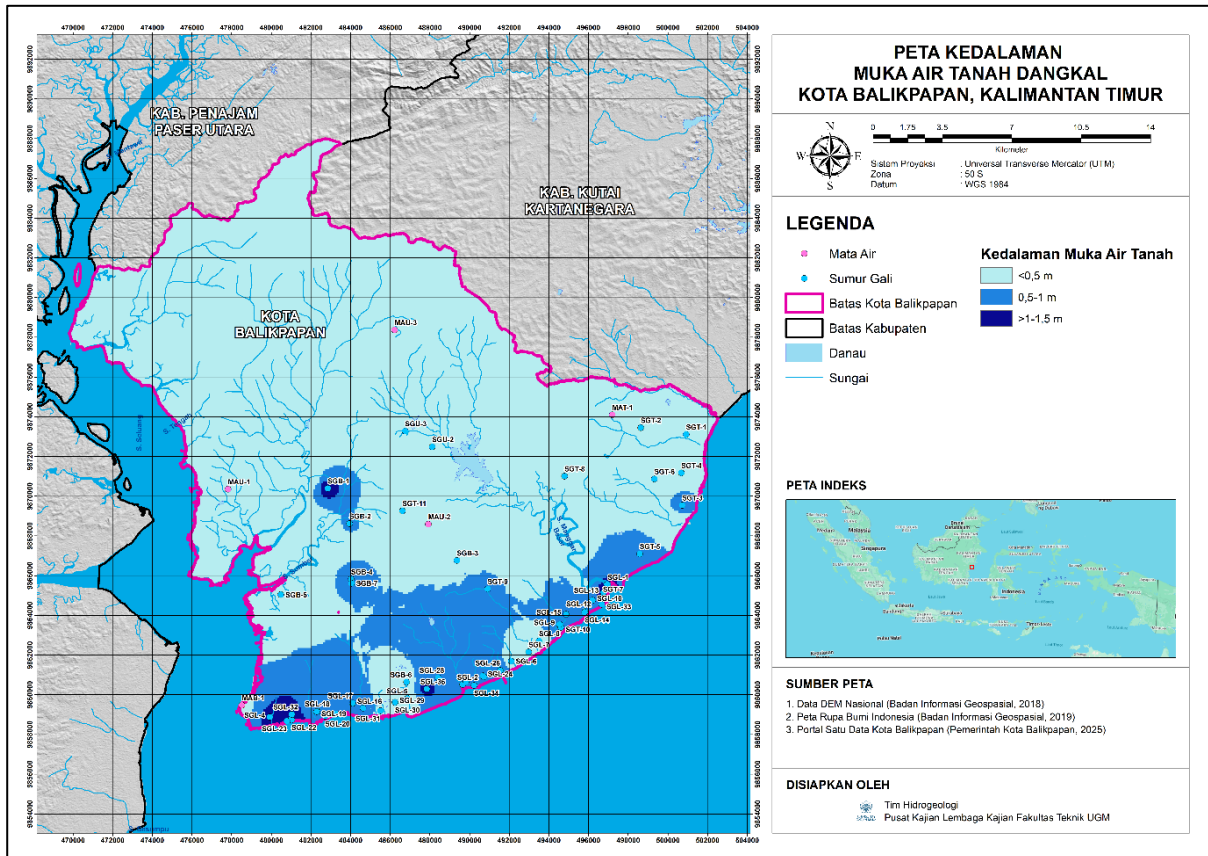
Kemiringan Lereng (°)	Klasifikasi	Luas (km ²)	Persentase (%)
0-8	Datar	169	36
>8-15	Landai	169	36
>15-25	Bergelombang	112	24
>25-40	Curam	19	4
>40	Sangat curam	1	0,2



Gambar 3. Peta kemiringan lereng di area kajian

Kedalaman Muka Air Tanah

Observasi pada sumur gali dan mata air tersebar pada sisi selatan-timur dan menghasilkan nilai kedalaman muka air tanah yang bervariasi antara 0-1,57 meter. Data kemudian diinterpolasi dan diklasifikasikan menjadi tiga zona yaitu <0,5 m; 0,5-1 m; dan >1-1,5 m (Gambar 4). Pada proses interpolasi ini, kedalaman muka air tanah terkhusus wilayah kawasan lindung di bagian barat-utara yang tidak dapat diakses, diasumsikan sesuai dengan topografi elevasi sungai yang ada.



Gambar 4. Peta kedalaman muka air tanah di area kajian

Penentuan Bobot dan Skor Parameter

Penentuan bobot pada setiap kriteria dilakukan dengan metode AHP. Tabel 5 menunjukkan matrik perbandingan kepentingan antara parameter yang dievaluasi. Parameter tata guna lahan memiliki nilai kepentingan terbesar karena berhubungan dengan kandungan bahan organik dan ruang pori tanah (Tamod dkk., 2020). Parameter laju infiltrasi juga memiliki nilai kepentingan tinggi karena menunjukkan kemampuan tanah untuk meloloskan air sehingga berpengaruh terhadap limpasan permukaan dan imbuhan air tanah (Vereecken dkk., 2019). Kemiringan lereng dapat mempengaruhi durasi air permukaan untuk mengalir, semakin landai maka air memiliki waktu yang lebih lama untuk meresap (Fadhilah dkk., 2024). Kedalaman muka air tanah berpengaruh terhadap ketebalan zona tidak jenuh (Liu dkk., 2025), semakin dangkal muka air tanah maka semakin tipis zona tidak jenuh sehingga menurunkan kapasitas tanah untuk meresapkan air.

Tabel 5. Matrik perbandingan kepentingan kriteria/parameter

Parameter	Tata guna lahan	Laju infiltrasi	Kemiringan lereng	Kedalaman muka air tanah
Tata guna lahan	1	1	5	7
Laju infiltrasi	1	1	3	5
Kemiringan lereng	1/5	1/3	1	3
Kedalaman muka air tanah	1/7	1/5	1/3	1
Total	2,34	2,53	9,33	16

Berdasarkan perbandingan kepentingan tersebut, perhitungan bobot dilakukan dengan melakukan normalisasi nilai kepentingan dan kemudian nilai *consistency ratio* (CR) seperti ditunjukkan pada Tabel 6. Berdasarkan perhitungan di Tabel 6, bobot untuk seluruh parameter dapat diterima karena memiliki nilai CR < 0,1 yaitu sebesar 0,04. Bobot setiap kriteria/parameter kemudian ditentukan sesuai hasil perhitungan AHP tersebut, sedangkan klas setiap sub-parameter diberi skor dengan rentang 1-9 mengacu pada Peraturan Menteri LHK No. 10 Tahun 2022 (Tabel 7).

Tabel 6. Perhitungan normalisasi nilai kepentingan, bobot dan CR

Parameter	Tata guna lahan	Laju infiltrasi	Kemiringan lereng	Kedalaman muka air tanah	Bobot (1+2+3+4)/n
	(1)	(2)	(3)	(4)	
Tata guna lahan	0,43	0,39	0,54	0,44	0,45
Laju infiltrasi	0,43	0,39	0,32	0,31	0,36
Kemiringan lereng	0,09	0,13	0,11	0,19	0,13
Kedalaman muka air tanah	0,06	0,08	0,04	0,06	0,06
$\lambda_{max} = (2,34 \times 0,45) + (2,53 \times 0,36) + (9,33 \times 0,13) + (16 \times 0,06)$					4,12
Consistency Index (CI)					0,04
Random Index (RI)					0,90
Consistency Ratio (CR)					0,04

Tabel 7. Nilai bobot AHP parameter dan skor untuk setiap klas sub-parameter

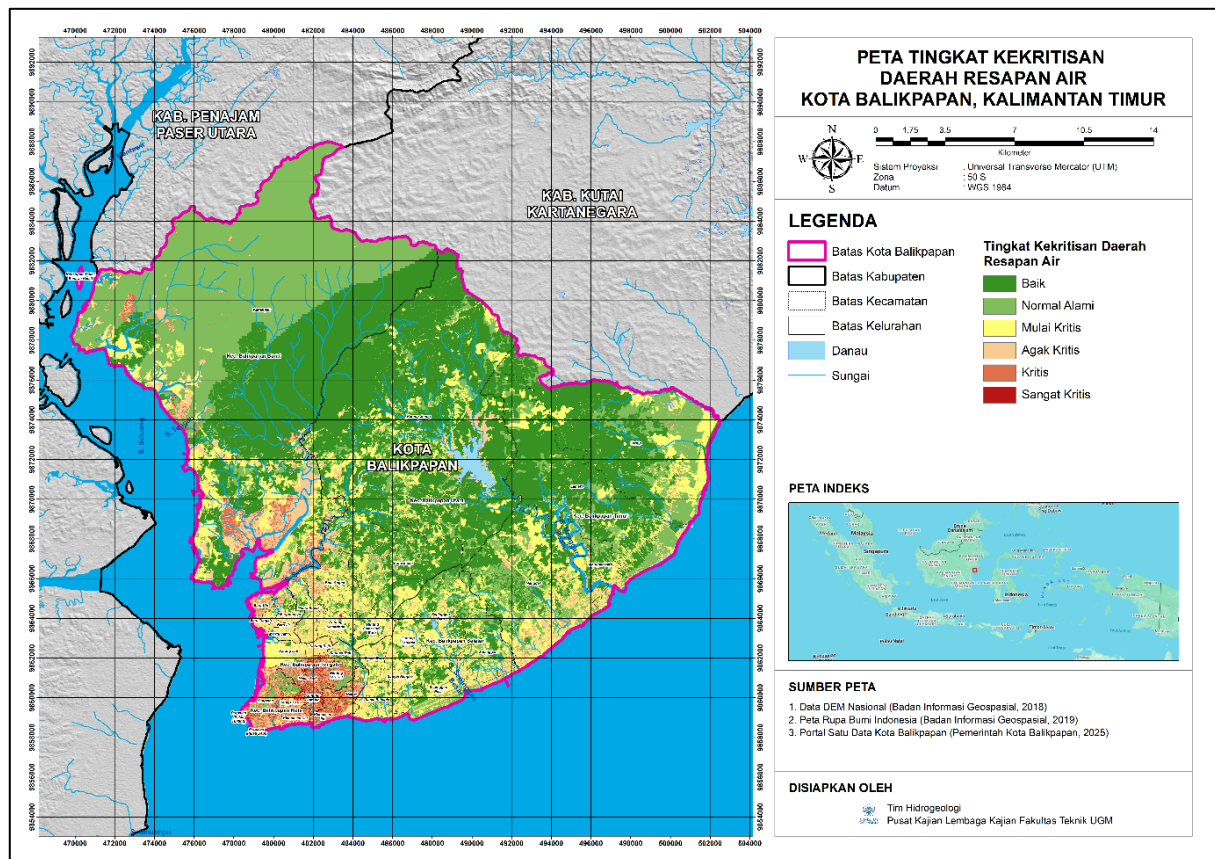
Parameter	Bobot AHP	Sub-parameter	Skor
Tata Guna Lahan	0,45	Perairan	1
		Permukiman	2
		Bangunan	3
		Area Terbuka	4
		Peternakan	5
		Pertanian	6
		Semak Belukar/Padang Rumput	7
		Perkebunan	8
		Hutan	9
Laju Infiltrasi	0,36	Rata-rata <6,3 mm/jam	1
		Rata-rata 6,3 mm/jam	3
		Rata-rata 11,6 mm/jam	5
		Rata-rata 23,6 mm/jam	7
		Rata-rata >23,6 mm/jam	9
Kemiringan Lereng (%)	0,13	>40	1
		>25-40	3
		>15-25	5
		>8-15	7
		<8	9
Kedalaman Muka Air Tanah (m)	0,06	0	1
		>0-0,5	3
		>0,5-1	5
		>1-1.5	7
		>1.5	9

Tingkat Kekritisan Daerah Resapan Air

Seluruh parameter kemudian dilakukan *overlay* sesuai bobot dan skor sehingga menghasilkan zona tingkat kekritisan daerah resapan air dengan enam klasifikasi zona yaitu baik, normal alami, mulai kritis, agak kritis, kritis, dan sangat kritis (Tabel 8). Area kajian memiliki tingkat kekritisan daerah resapan air didominasi katgeori baik dengan persentase 41% dari keseluruhan luas wilayah kajian (Tabel 8). Secara spasial sebaran zona tingkat kekritisan daerah resapan air untuk Kota Balikpapan diperlihatkan pada Gambar 5.

Tabel 8. Sebaran zona tingkat kekritisan daerah resapan air di area kajian

Tingkat Kekritisan Daerah Resapan Air	Nilai Total <i>Overlay</i>	Luas (km ²)	Persentase (%)
Baik	>6	209	41
Normal Alami	>5- 6	148	29
Mulai Kritis	>4-5	81	16
Agak Kritis	>3-4	51	10
Kritis	>2-3	14	3
Sangat Kritis	≤ 2	2	0,4

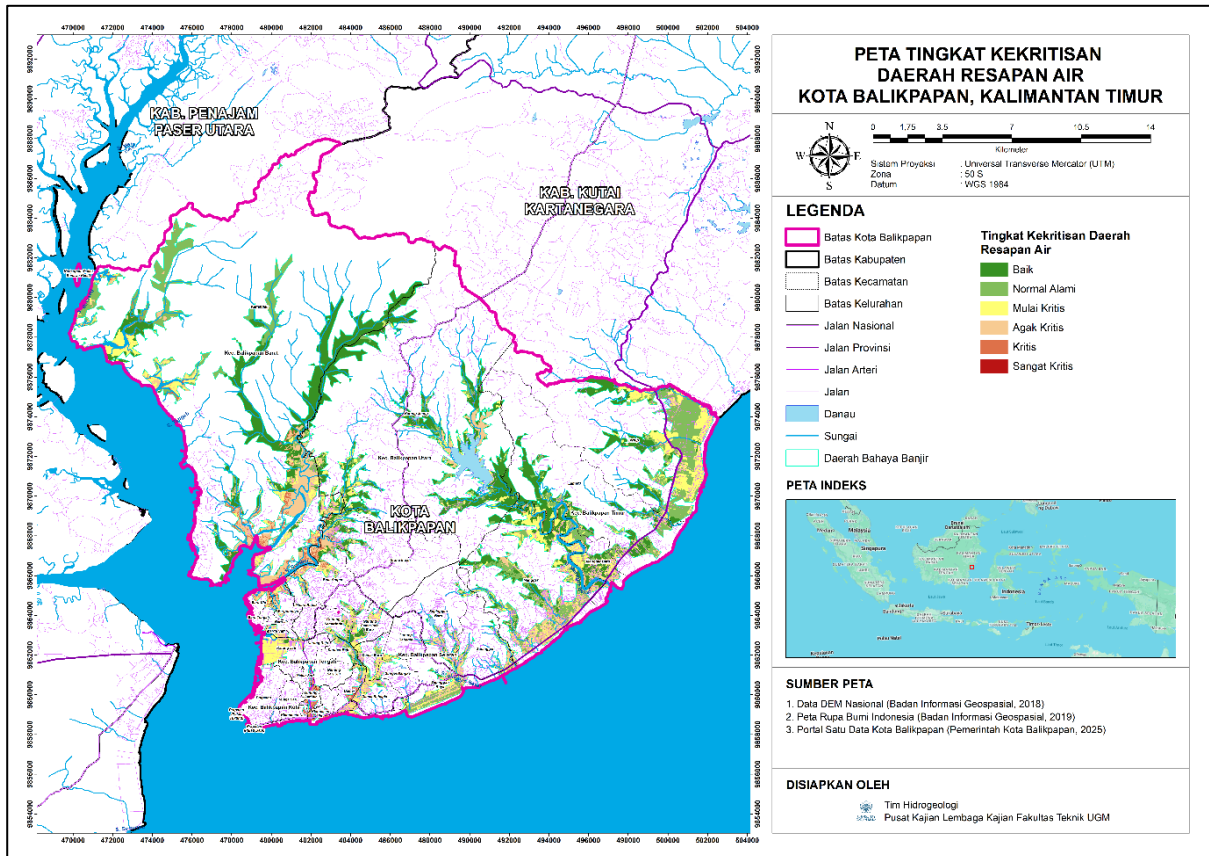


Gambar 5. Peta tingkat kekritisan daerah resapan air di area kajian

Peta tingkat kekritisan daerah resapan air kemudian dipadukan dengan wilayah yang memiliki bahaya banjir (Gambar 6). Area kajian memiliki tingkat kekritisan daerah resapan air berupa baik hingga agak kritis (Tabel 9). Wilayah yang perlu diperhatikan adalah zona mulai kritis hingga sangat kritis karena memiliki potensi untuk terjadi banjir.

Tabel 9. Sebaran zona tingkat kekritisan daerah resapan air pada wilayah bahaya banjir

Tingkat Kekritisan Daerah Resapan Air	Luas (km ²)	Persentase (%)
Baik	42	34
Normal Alami	26,7	22
Mulai Kritis	27,2	22
Agak Kritis	21,3	17
Kritis	4,7	4
Sangat Kritis	0,2	0,2



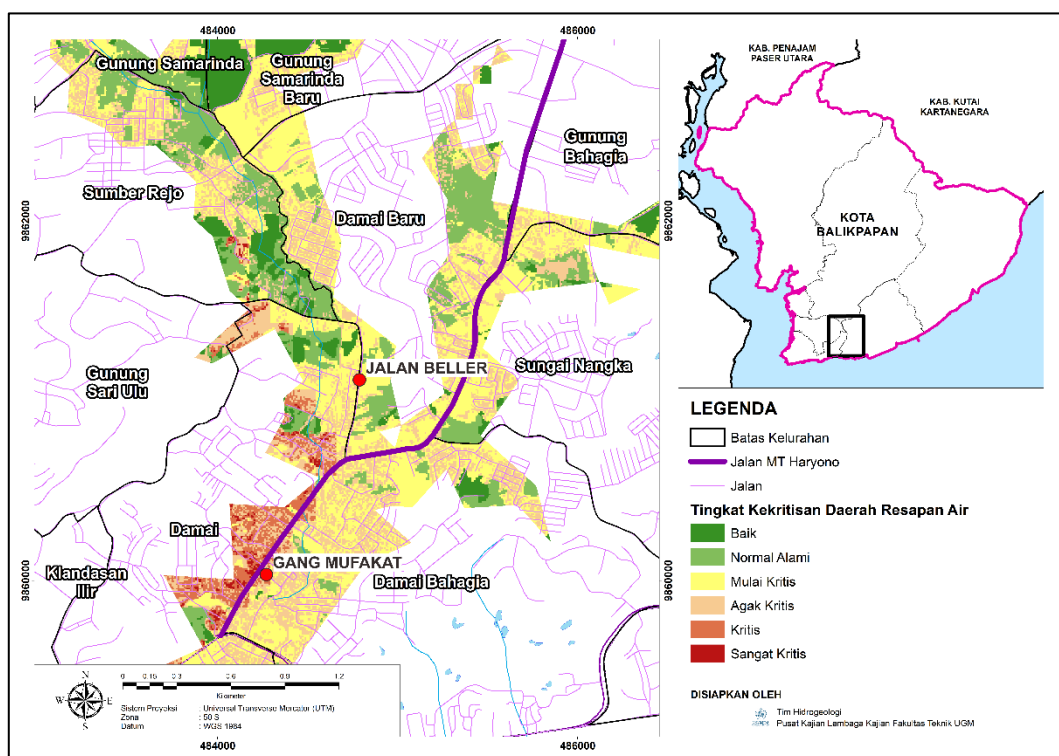
Gambar 6. Peta tingkat kekritisan daerah resapan air pada wilayah bahaya banjir

Validasi Lapangan

Validasi kemudian dilakukan untuk mengetahui korelasi dengan kejadian banjir di lapangan. Berdasarkan artikel daring (Fadillah, 2025), hujan deras yang melanda Kota Balikpapan pada 7 Maret 2025 menyebabkan banjir setinggi satu meter di Jalan MT Haryono dengan titik terparah berada di Gang Mufakat dan Jalan Beller (Jalan Mayor Pol. Zainal Arifin) (Gambar 7). Tingkat kekritisan daerah resapan air di Jalan MT Haryono didominasi oleh zona mulai kritis hingga sangat kritis sehingga dapat menjadi faktor penyebab terjadinya banjir (Gambar 8).



Gambar 7. Banjir di Jalan MT Haryono Balikpapan (Fadillah, 2025)

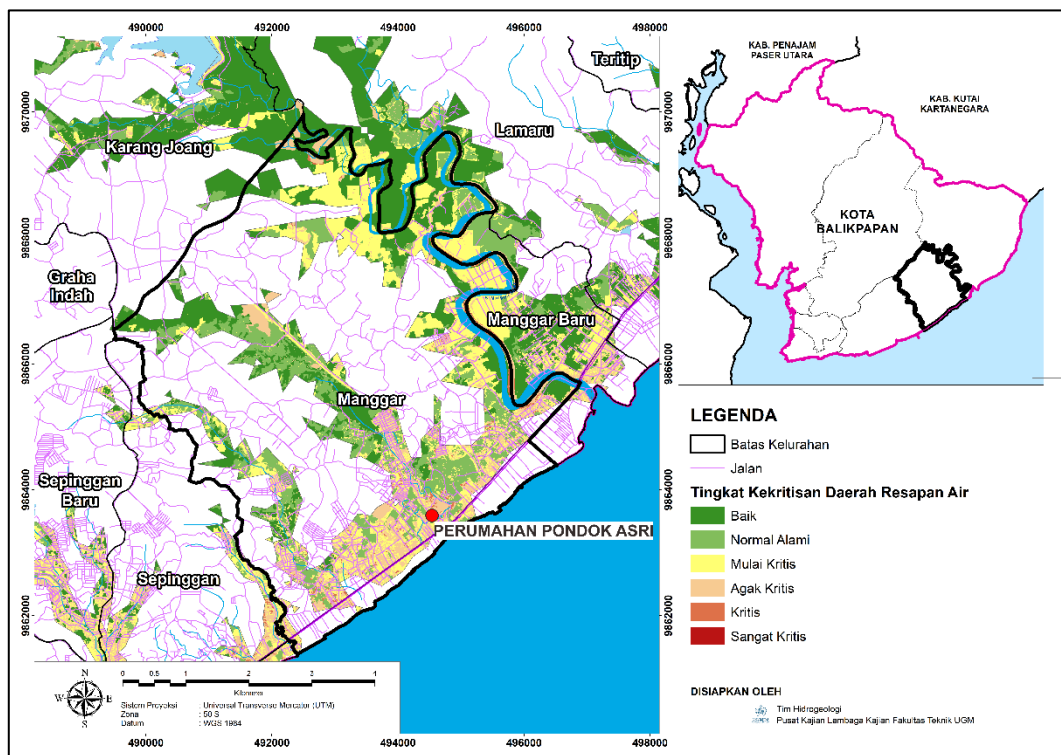


Gambar 8. Tingkat kekritisian daerah resapan air di Jalan MT Haryono

Berdasarkan artikel daring (Dani, 2022), hujan deras yang melanda Kota Balikpapan pada 4 Mei 2022 menyebabkan banjir setinggi 20-60 cm di kawasan Perumahan Pondok Asri Graha Mulawarman, Kelurahan Manggar, Kecamatan Balikpapan Timur (Gambar 9). Perumahan Pondok Asri Graha Mulawarman terletak pada zona mulai kritis hingga agak kritis sehingga dapat menjadi faktor penyebab terjadinya banjir.



Gambar 9. Banjir di Kelurahan Manggar (Dani, 2022)

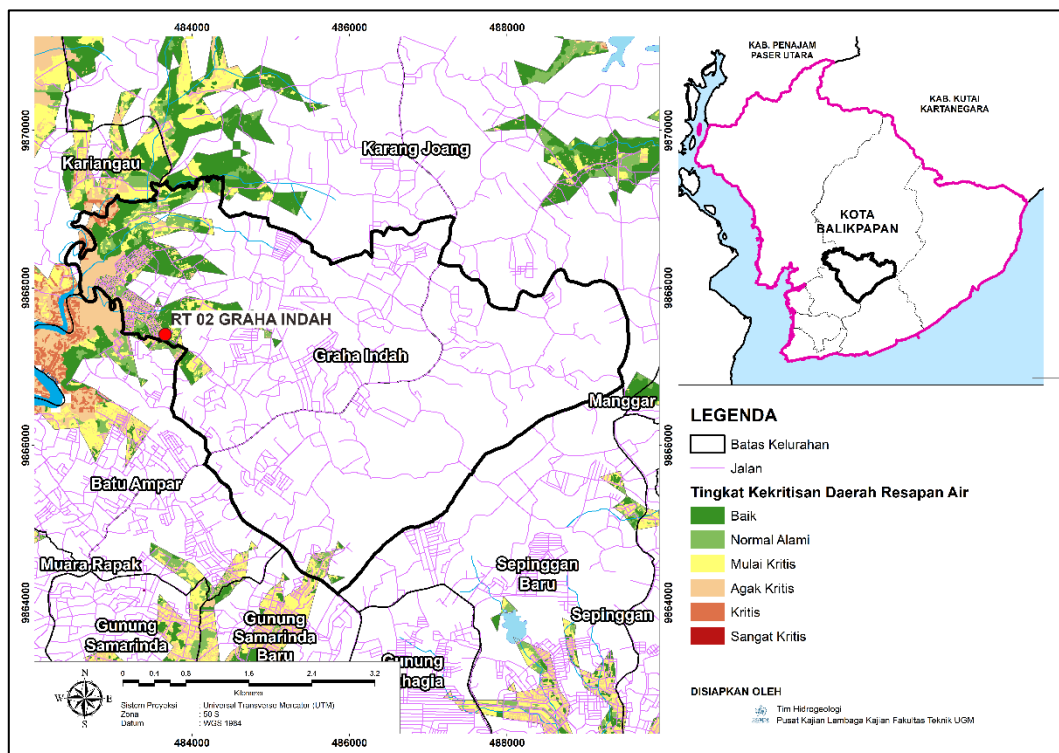


Gambar 10. Tingkat kekritisn daerah resapan air di Kelurahan Manggar

Banjir melanda RT 01, 02, 03, 04, 21, 33 , 36 dan 53 di Kelurahan Graha Indah, Balikpapan Utara pada 9 Oktober 2022 (BPBD Kota Balikpapan, 2022) (Gambar 11). Alih fungsi hutan bakau menjadi lahan kosong diduga menjadi penyebab banjir. Kelurahan Graha Indah pada sisi barat laut memiliki zona mulai kritis hingga sangat kritis sehingga dapat menjadi faktor penyebab terjadinya banjir (Gambar 12). Selain itu, daerah ini dilalui oleh Sungai Sumber sehingga dapat meningkatkan volume aliran saat hujan.



Gambar 11. Banjir di Kelurahan Graha Indah (Suyono, 2024)

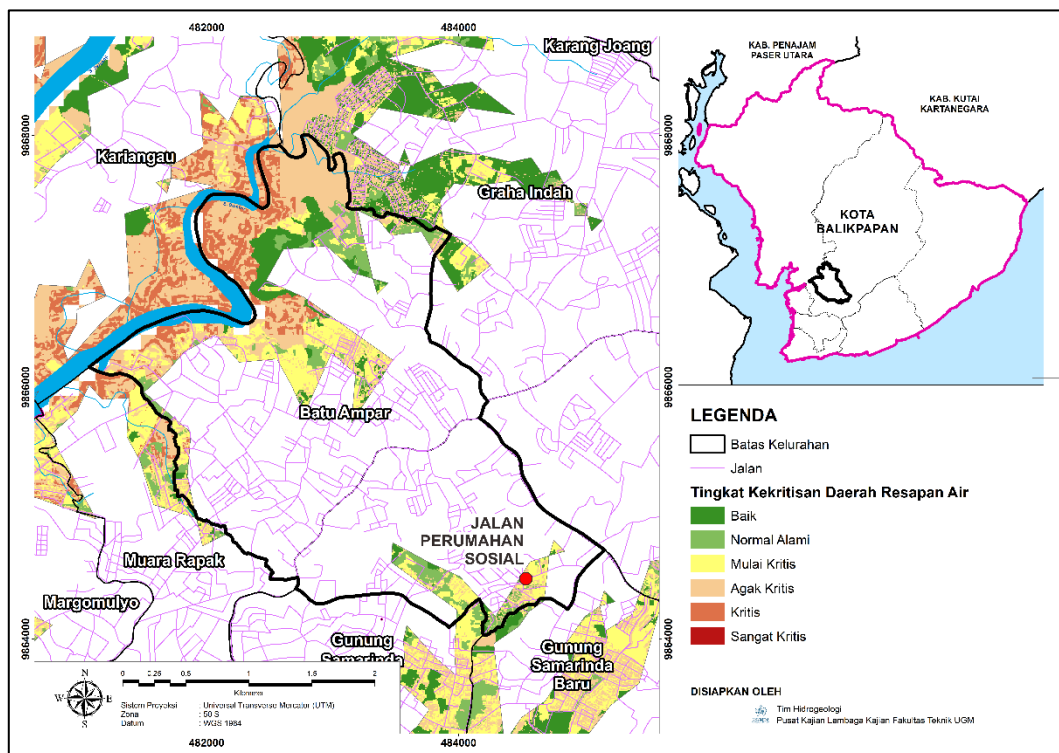


Gambar 12. Tingkat kekritisian daerah resapan air di Kelurahan Graha Indah

Berdasarkan artikel daring (Maulana, 2021), hujan deras yang melanda Kota Balikpapan pada 23 Maret 2021 menyebabkan banjir setinggi satu meter di RT 28 dan Perumahan Sosial, Kelurahan Batu Ampar, Kecamatan Balikpapan Utara (Gambar 13). Area di sekitar Jalan Perumahan Sosial terletak pada zona mulai kritis sehingga dapat menjadi faktor penyebab terjadinya banjir (Gambar 14).



Gambar 13. Banjir di Kelurahan Batu Ampar (Maulana, 2021)



Gambar 14. Tingkat kekritisian daerah resapan air di Kelurahan Batu Ampar

PENUTUP

Simpulan dan Saran

Tingkat kekritisian daerah resapan air di Kota Balikpapan didominasi oleh tingkat kekritisian baik dengan luas 209 km² atau 41% dari total luas Kota Balikpapan. Sebaran tingkat kekritisian daerah resapan air ini dipengaruhi oleh tata guna lahan, laju infiltrasi, kemiringan lereng, dan kedalaman muka air tanah. Terkait dengan kejadian banjir pada beberapa wilayah, terindikasi adanya keterkaitan antara daerah bahaya banjir dengan tingkat kekritisian daerah resapan air. Wilayah yang mengalami banjir terbukti berasosiasi dengan zona tingkat kekritisian resapan air kategori mulai kritis hingga sangat kritis.

Berdasarkan hasil kajian, Pemerintah Kota Balikpapan perlu memperhatikan wilayah dengan tingkat kekritisian resapan air yang berkategori mulai kritis hingga sangat kritis. Rekomendasi strategi pengelolaan yang dapat dilakukan pada aspek infrastruktur adalah dengan pembangunan sumur resapan, kolam retensi,

penerapan pengerasan berpori, dan rehabilitasi vegetatif. Di lain pihak, pengelolaan pada aspek non-infrastruktur dapat dilakukan melalui aspek kelembagaan, kebijakan, dan sosial untuk mendukung keberlanjutan fungsi daerah resapan air dalam rangka menjaga sumber daya air dan mengurangi bahaya banjir.

DAFTAR PUSTAKA

- Amin, M. F. F., Dharmawan, K. I., Budianta, W., & Hendrayana, H. (2023). Pemetaan Kekritisasi Zonasi Resapan Air di Kota Semarang Mapping of Infiltration Critical Zone in Semarang City. *Jurnal Wilayah dan Lingkungan*, 11, 264–278. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.14710/jwl.11.3.264-278>
- Badan Penanggulangan Bencana Daerah Kota Balikpapan. (2022). Bencana Hidrometeorologi Basah melanda 5 Kelurahan di Balikpapan. Diambil 8 November 2025, dari <https://bpbd.balikpapan.go.id/berita/5075/bencana-hidrometeorologi-basah-melanda-5-kelurahan>
- Badan Pusat Statistik Kota Balikpapan. (2024). Jumlah Kecamatan yang Mengalami Bencana Alam di Kota Balikpapan, 2019-2021. Diambil 8 November 2025, dari <https://balikpapankota.bps.go.id/id/statistics-table/1/MjE2IzE=/jumlah-kecamatan-yang-mengalami-bencana-alam-di-kota-balikpapan--2019-2021.html>
- Badan Pusat Statistik Kota Balikpapan. (2025). Penduduk, Laju Pertumbuhan Penduduk, Distribusi Persentase Penduduk Kepadatan Penduduk, Rasio Jenis Kelamin Penduduk Menurut Kecamatan di Kota Balikpapan, 2024. Diambil 8 November 2025, dari <https://balikpapankota.bps.go.id/id/statistics-table/3/V1ZSbFRUY3ITbFpEYTNsVWNGcDZjek53YkhsNFFUMDkjMyM2NDcx/jumlah-penduduk-laju-pertumbuhan-penduduk--distribusi-persentase-penduduk--kepadatan-penduduk--rasio-jenis-kelamin-penduduk-menurut-kecamatan-di-kota-balikpapan.html?year=2024>
- Brunelli, M. (2015). Introduction to the Analytic Hierarchy Process. In *Learning from Failures*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-12502-2>
- Dani, R. (2022). *Banjir di Manggar, Rendam 225 Rumah Warga*. Diambil 8 November 2025, dari <https://www.inibalikpapan.com/masih-suasana-lebaran-warga-rt-60-manggar-malah-kebanjiran/>
- Data Portal Balikpapan. (2021). *Peta Tutupan Lahan Tahun 2018*. Dinas Pertanahan dan Penataan Ruang. Diambil 8 November 2025, dari <https://data.balikpapan.go.id/dataset/tutupan-lahan/resource/b426397a-4c1a-4544-9284-ababe2cb0060>
- Dewi, D. P., & Adhar, K. (2024). Dinamika Urbanisasi di Provinsi Kalimantan Timur. *COMPACT: Spatial Development Journal*, 3(2), 41–48. <https://doi.org/https://doi.org/10.35718/compact.v3i2.1293>
- Fadhilah, I. N., Setiawan, B., & Ikhsan, C. (2024). Pengaruh Kemiringan Lereng terhadap Infiltrasi Air Hujan Menggunakan Model Green-Ampt. 5th Civil Engineering, Environmental, and Disaster Risk Management Symposium 2024, 5(1), 111–118
- Fadillah, A. (2025). *Banjir Balikpapan Belum Surut, Gang Mufakat dan Jalan Beller Masih Lumpuh*. Diambil 8 November 2025, dari <https://pusaranmedia.com/read/36304/banjir-balikpapan-belum-surut-gang-mufakat-dan-jalan-beller-masih-lumpuh>
- Feng, B., Zhang, Y., & Bourke, R. (2021). Urbanization impacts on flood risks based on urban growth data and coupled flood models. *Natural Hazards*, 106(1), 613–627. <https://doi.org/10.1007/s11069-020-04480-0>
- Hidayat, S., & Umar, I. (1994). *Peta Geologi Lembar Balikpapan*. Bandung: Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi.
- Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan. (2022). Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor 10 Tahun 2022 tentang Penyusunan Rencana Umum Rehabilitasi Hutan dan Lahan Daerah Aliran Sungai dan Rencana Tahunan Rehabilitasi Hutan dan Lahan. Jakarta: Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia
- Liu, K., Zhai, J., Zhao, Y., Wang, Q., Wang, H., Cao, J., Li, X., Pei, Y., Min, L., & Wang, L. (2025). Soil Water Infiltration Under Thickening Unsaturated Zone: Patterns, Mechanisms, and Quantitative Formula. *Journal of Hydrology*, 660(B), 133450, 1-18. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2025.133450>
- Maulana, S. (2021). *Ratusan Rumah Terendam Banjir di Balikpapan, Tim SAR Siaga di Lokasi*. Diambil 8 November 2025, dari <https://kaltim.suara.com/read/2021/03/23/085911/ratusan-rumah-terendam-banjir-di-balikpapan-tim-sar-siaga-di-lokasi>
- Nuissl, H., & Siedentop, S. (2021). Urbanisation and Land Use Change. In E. F. Moran (Ed.), *Human-Environment Interactions*. Springer International Publishing, 75–99. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-50841-8>

- Purnama, S. (2016). Water Infiltration Into Soil and its Effect to Surface Runoff in Subdistrict of Kasihan, Bantul Regency. *Proceedings of the 1st International Conference on Geography and Education (ICGE 2016)*, 79, 87–91. <https://doi.org/https://doi.org/10.2991/icge-16.2017.17>
- Saaty, T. L., & Vargas, L. G. (2012). *Models, Methods, Concepts & Applications of the Analytic Hierarchy Process*. Springer Science+Business Media. <https://doi.org/10.1007/978-1-4614-3597-6>
- Septio, G., Budianta, W., & Setijadji, L. D. (2024). The Critical Level of Water Infiltration Mapping in Gunungpati Sub-Districts, Semarang City. *Journal Technology of Civil, Electrical, Mechanical, Geology, Mining, and Urban Design*, 9(1), 83–94. <https://doi.org/https://doi.org/10.33579/krvtk.v9i1.4699>
- Suyono. (2024). *Banjir di RT 13 Graha Indah Balikpapan Belum Berhenti, Camat dan Anggota DPRD Tinjau Lokasi*. Diambil 8 November 2025, dari <https://www.balpos.com/kecamatan/1795340722/banjir-di-rt-13-graha-indah-balikpapan-belum-berhenti-camat-dan-anggota-dprd-tinjau-lokasi>
- Tamod, C. J. K. T., Aryanto, R., & Purwiyono, T. T. (2020). Analisis Laju Infiltrasi Berbagai Penggunaan Lahan di Desa Kaligending, Karangsambung, Jawa Tengah. *Indonesian Mining and Energy Journal*, 3(2), 76–68.
- Vereecken, H., Weihermüller, L., Assouline, S., Šimůnek, J., Verhoef, A., Herbst, M., Archer, N., Mohanty, B., Montzka, C., Vanderborght, J., Balsamo, G., Bechtold, M., Boone, A., Chadburn, S., Cuntz, M., Decharme, B., Ducharne, A., Ek, M., Garrigues, S., Goergen, K., Ingwersen, J., Kollet, S., Lawrence, D.M., Li, Q., Or, D., Swenson, S., de Vrese, P., Walko, R., Wu, Y., & Xue, Y. (2019). Infiltration from the Pedon to Global Grid Scales: An Overview and Outlook for Land Surface Modeling. *Vadose Zone Journal*, 18, 180191, 1-53. <https://doi.org/10.2136/vzj2018.10.0191>