ISSN [e]: 2579-4264 | DOI: https://doi.org/10.26760/jrh.V10i3.247-262 November 2026

Perubahan Penggunaan Lahan dan Dampaknya Terhadap Banjir di Kabupaten Bantul

Land Use Change and Its Impact on Flooding in Bantul Regency

Waskito Aji Hutomo[1], Lutfia Nursetya Fuadina[2*], Westi Utami[1]

[1]Program Studi Pertanahan, Politeknik Agraria STPN, Yogyakarta
[2]Program Studi Manajemen Penataan Ruang dan Pertanahan, Politeknik Agraria STPN, Yogyakarta

Email: *lutfia.nursetya@stpn.ac.id,

Received 1 Oktober 2026| Revised 7 Oktober 2026| Accepted 15 Oktober 2026

ABSTRAK

Perubahan penggunaan lahan yang ditandai dengan berkurangnya tutupan vegetasi yang berfungsi sebagai lahan resapan air dapat memengaruhi kondisi hidrologi suatu wilayah serta meningkatkan potensi terjadinya banjir. Kabupaten Bantul mengalami perubahan penggunaan lahan yang cukup pesat dalam beberapa tahun terakhir dan diikuti oleh meningkatnya kejadian banjir. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis perubahan penggunaan lahan 2017–2025, mengkaji kesesuaiannya terhadap RTRW Kabupaten Bantul, serta mendeskripsikan dampaknya terhadap kejadian banjir. Penelitian menggunakan metode deskriptif kuantitatif dengan pendekatan spasial. Data yang digunakan meliputi citra Sentinel-2 tahun 2017 dan 2025, peta RTRW Kabupaten Bantul, data kejadian banjir. Analisis dilakukan melalui interpretasi citra secara supervised classification, analisis perubahan penggunaan lahan, analisis kesesuaian penggunaan lahan terhadap RTRW, dan analisis NDVI. Hasil penelitian menunjukkan adanya perubahan penggunaan lahan yang didominasi oleh peningkatan kawasan terbangun dan penurunan luasan lahan non-terbangun. Perubahan tersebut berimplikasi pada berkurangnya area resapan air dan penurunan tutupan vegetasi yang berpotensi meningkatkan limpasan permukaan serta risiko banjir.

***Kata kunci**: banjir, perubahan penggunaan lahan, ndvi, rtrw, sig*

ABSTRACT

Land-use changes that diminish plant cover, which serves as a water infiltration area, can have an impact on a region's hydrological conditions and raise the risk of flooding. Bantul Regency has undergone substantial land-use changes in recent years, coinciding with an increase in flood occurrences. The purpose of this study is to examine land-use changes between 2017 and 2025, assess their compliance with the Bantul Regency Spatial Plan (RTRW), and characterize their impact on flooding. A quantitative descriptive method with a spatial aspect was applied. The data used includes Sentinel-2 imagery between 2017 and 2025, the Bantul Regency Spatial Plan map, and flood occurrence data. Analyzes included supervised image classification, land-use change analysis, land-use conformity analysis with a spatial plan, and NDVI analysis. The findings show that land-use changes are primarily driven by the development of built-up regions and the decline of non-built-up land. These alterations have reduced water infiltration areas and vegetation coverage, thereby increasing surface runoff and flood risk.

***Keywords**: flooding, gis, land use change, ndvi, spatial planning*

1. PENDAHULUAN

Perubahan penggunaan lahan merupakan salah satu fenomena yang banyak terjadi seiring dengan meningkatnya kebutuhan ruang akibat pertumbuhan penduduk, perkembangan ekonomi, dan pembangunan wilayah. Menurut Warsilan [1], lahan yang seharusnya berfungsi sebagai area resapan air atau kawasan konservasi ruang hijau sering kali dialihfungsikan menjadi wilayah terbangun, sehingga pelanggaran terhadap ketentuan tata ruang tersebut dapat memicu terjadinya perubahan fungsi lahan yang menimbulkan pergeseran dalam siklus hidrologi, yaitu ditandai dengan menurunnya aliran utama (*main flow*) serta meningkatnya aliran permukaan (*surface runoff*). Hal tersebut memperbesar risiko terjadinya banjir, terutama pada wilayah yang berada dalam sistem Daerah Aliran Sungai (DAS). Menurut Jannah dkk [2], banjir dapat terjadi akibat menurunnya kemampuan infiltrasi tanah yang dipengaruhi oleh perubahan penggunaan lahan. Selain itu, limpasan permukaan (*surface runoff*) yang volumenya melebihi kapasitas sistem drainase, terutama saat terjadi hujan dengan durasi panjang dan intensitas tinggi. Kabupaten Bantul merupakan salah satu wilayah yang terdampak bencana banjir serta termasuk dalam kawasan aglomerasi Kartamantul (Yogyakarta-Sleman-Bantul). Berdasarkan Peraturan Daerah Kabupaten Bantul Nomor 4 Tahun 2011 tentang Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW) Kabupaten Bantul Tahun 2010–2030, wilayah ini berperan sebagai daerah penyangga bagi aktivitas perkotaan Yogyakarta dengan fungsi utama pada sektor pertanian, konservasi lingkungan, dan pariwisata. Selain menjadi penyangga, secara hidrologis Kabupaten Bantul juga berperan ekologis karena merupakan wilayah hilir dari Daerah Aliran Sungai (DAS) Opak dan Progo [3]. Kedua sungai besar ini bermuara di pesisir selatan Bantul yang berhadapan langsung dengan Samudra Hindia. Kondisi tersebut menjadikan Bantul sebagai muara utama aliran air permukaan dari wilayah hulu di Sleman dan Kota Yogyakarta. Oleh karena itu, perubahan penggunaan lahan di bagian hulu dan tengah Sub-DAS Oyo dan sepanjang DAS Opak, telah berdampak signifikan terhadap peningkatan limpasan aliran permukaan yang merupakan faktor penyebab banjir di wilayah hilir Bantul, terutama pada musim hujan [4].

Peningkatan limpasan permukaan akibat perubahan penggunaan lahan di wilayah hulu dan tengah kawasan aglomerasi Kartamantul, khususnya pada Sub-DAS Oyo dan DAS Opak, menjadi salah satu faktor yang memperbesar kerentanan banjir di bagian hilir Kabupaten Bantul selama musim hujan [4]. Selain faktor perubahan penggunaan lahan dan posisi Bantul sebagai wilayah hilir DAS Opak-Progo, karakteristik curah hujan juga menjadi bagian penting dari kondisi hidrometeorologis wilayah Bantul [5]. Menurut data BPBD pada tahun 2025, bencana banjir yang terjadi pada bulan Maret menunjukkan peningkatan signifikan, yang berdampak meluas terhadap dua puluh enam titik kejadian di tujuh kecamatan (Banguntapan, Piyungan, Pleret, Imogiri, Jetis, Pundong, dan Kretek). Kondisi tersebut mengindikasikan adanya kombinasi antara curah hujan ekstrem dan perubahan penggunaan lahan yang turut memperburuk limpasan permukaan di wilayah Bantul. Fenomena ini memperkuat temuan BPBD Bantul bahwa sebagian besar bencana banjir disebabkan dari yang awalnya lahan pertanian kemudian beralih fungsi menjadi kawasan lahan terbangun dan perumahan. Dengan demikian, dapat dikatakan bahwa perubahan penggunaan lahan merupakan salah satu faktor yang terindikasi berkontribusi terhadap meningkatnya frekuensi dan luas genangan banjir di wilayah Bantul.

Berbagai penelitian sebelumnya telah mengkaji perubahan penggunaan lahan dengan pendekatan spasial menggunakan Sistem Informasi Geografis (SIG) dan penginderaan jauh untuk mengidentifikasi perubahan tutupan lahan, kawasan terbangun serta kesesuaian pemanfaatan ruang. Penelitian lain berfokus pada dampak perubahan penggunaan lahan terhadap kondisi hidrologi melalui analisis kemampuan resapan air, limpasan permukaan, maupun peningkatan debit banjir. Selain itu, terdapat penelitian yang mengkaji hubungan antara peningkatan luas lahan terbangun dengan kejadian banjir

menggunakan pendekatan kuantitatif, sebagaimana ditunjukkan oleh hasil penelitian [6], [7] dan [8]. Hasil-hasil kajian yang telah disebutkan menunjukkan bahwa perubahan penggunaan lahan memiliki kontribusi terhadap perubahan karakteristik hidrologi dan meningkatnya potensi banjir pada berbagai wilayah. Meskipun demikian, sebagian besar penelitian terdahulu masih berfokus pada identifikasi perubahan penggunaan lahan dan dampaknya terhadap perubahan proses hidrologi secara kuantitatif [9], [10], sedangkan kajian yang mengintegrasikan analisis perubahan penggunaan lahan, kesesuaian terhadap RTRW, kondisi kerapatan vegetasi, serta dampaknya dengan potensi terjadinya banjir dalam satu kerangka analisis spasial masih relatif terbatas. Sehingga belum ada kajian yang secara khusus mengobservasi beberapa wilayah yang memiliki keragaman dominasi penggunaan lahan. Kecamatan Banguntapan dan Piyungan memiliki karakteristik perkotaan karena berbatasan langsung dengan Kota Yogyakarta, sedangkan di Kecamatan Pleret, Imogiri, Jetis, Pundong, dan Kretek memiliki karakteristik penggunaan lahan dominan pedesaan dengan vegetasi yang lebih rapat. Secara empiris, penelitian yang secara khusus menganalisis keterkaitan tersebut menggunakan pendekatan spasial kuantitatif dengan konteks kejadian banjir pada bulan Maret 2025 di Kabupaten Bantul juga masih terbatas. Dengan demikian, analisis perubahan penggunaan lahan serta kesesuaiannya terhadap pola ruang merupakan langkah penting dalam upaya mitigasi banjir. Kajian ini diharapkan mampu memberikan pemahaman mengenai keterkaitan dinamika pemanfaatan ruang dan kejadian banjir sebagai dasar perencanaan tata ruang yang lebih adaptif. Selain itu, pemanfaatan indeks vegetasi *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI) sebagai parameter untuk menggambarkan perubahan kondisi tutupan vegetasi yang secara teoritis berkaitan dengan potensi kerawanan banjir belum banyak diterapkan pada penelitian di Kabupaten Bantul. Berdasarkan kondisi tersebut, penelitian ini menawarkan pendekatan yang mengintegrasikan analisis perubahan penggunaan lahan, kesesuaian penggunaan lahan terhadap RTRW Kabupaten Bantul, serta analisis kerapatan vegetasi menggunakan NDVI untuk mendeskripsikan dampak perubahan penggunaan lahan terhadap kejadian banjir.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis perubahan penggunaan lahan tahun 2017 dan 2025 di Kabupaten Bantul, mengevaluasi kesesuaian penggunaan lahan tahun 2025 terhadap RTRW Kabupaten Bantul, serta mendeskripsikan dampak perubahan penggunaan lahan terhadap kejadian banjir melalui analisis perubahan luas lahan resapan air dan kerapatan vegetasi berbasis NDVI. Hasil penelitian diharapkan dapat menjadi bahan pertimbangan dalam perencanaan tata ruang, pengendalian pemanfaatan ruang, dan upaya mitigasi banjir yang berkelanjutan di Kabupaten Bantul.

2. METODOLOGI

2.1 Metode

Penelitian ini menggunakan metode deskriptif kuantitatif dengan pendekatan spasial untuk menganalisis perubahan penggunaan lahan, kesesuaiannya terhadap Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW), serta dampaknya terhadap kejadian banjir di Kabupaten Bantul. Wilayah penelitian meliputi tujuh kapanewon di Kabupaten Bantul, yaitu Banguntapan, Piyungan, Pleret, Imogiri, Jetis, Pundong, dan Kretek. Data yang digunakan terdiri atas data penggunaan lahan yang berasal dari citra Sentinel-2 tahun 2017 dan 2025, peta RTRW Kabupaten Bantul, data kejadian banjir dari Badan Penanggulangan Bencana Daerah (BPBD) Kabupaten Bantul, serta data curah hujan sebagai informasi pendukung.

Tahapan *pre-processing* yang dilakukan meliputi komposit citra, yaitu penyesuaian *band* supaya pembacaan yang dilakukan oleh sistem menjadi lebih akurat karena warna yang mudah diolah oleh sistem, dilanjutkan dengan proses klasifikasi penggunaan lahan berdasarkan karakteristik citra dengan cara melakukan *training sampel* dari setiap klasifikasi penggunaan lahan. Kemudian *training sampel*

tersebut dilakukan proses *maximum likelihood* sebagai proses utama yang menghasilkan data raster penggunaan lahan. Hasil klasifikasi kemudian dikonversi dari data raster menjadi data vektor (poligon) sehingga memudahkan dalam proses analisis spasial dan perhitungan luas penggunaan lahan. Berdasarkan hasil interpretasi citra, penggunaan lahan di Kabupaten Bantul pada tahun 2017 dan 2025 diklasifikasikan ke dalam beberapa kelas penggunaan lahan seperti badan air, hutan, kebun campuran, lahan terbangun, lahan terbuka, dan sawah.

Hasil klasifikasi diuji akurasinya menggunakan *confusion matrix* berdasarkan data *ground check*. Titik sampel uji akurasi ditentukan menggunakan teknik *stratified random sampling* dengan membagi populasi ke dalam strata berdasarkan kelas penggunaan lahan sehingga setiap kelas terwakili. Data tersebut kemudian disusun dalam bentuk matriks kesalahan (*confusion matrix*) untuk mengetahui tingkat ketelitian hasil klasifikasi penggunaan lahan yang dihasilkan yang disajikan pada Tabel 1. Jumlah sampel uji akurasi ditentukan menggunakan rumus Slovin dengan tingkat kesalahan 10%, sehingga diperoleh 100 titik sampel yang digunakan untuk menghitung nilai *overall accuracy*, *producer's accuracy*, *user's accuracy*, dan koefisien Kappa.

Tabel 1. Matrik Konfusi

Data Sampel	**Data Referensi (*Ground check*)**							***User's Accuracy***
	Badan Air	**Hutan**	**Kebun Campuran**	**Lahan Terbangun**	**Lahan Terbuka**	**Sawah**	**Jumlah**	
Badan Air	10	0	0	0	0	1	11	91%
Hutan	0	8	2	1	0	2	13	62%
Kebun Campuran	0	2	14	0	0	1	17	82%
Lahan Terbangun	0	0	0	24	0	0	24	100%
Lahan Terbuka	0	0	0	0	10	0	10	100%
Sawah	0	0	1	0	0	24	25	96%
Jumlah	10	10	17	25	10	28	100	
Producer's Accuracy	100%	80%	82%	96%	100%	88%		

Berdasarkan tabel 1 hasil uji akurasi menunjukan bahwa sebagian besar kelas penggunaan lahan memiliki tingkat ketelitian yang baik. *Nilai User's Accuracy* menunjukan tingkat kepercayaan hasil klasifikasi dari sudut pandang pengguna peta. Kelas lahan terbangun dan lahan terbuka memiliki nilai *User's Accuracy* sebesar 100%, yang menunjukan bahwa seluruh sampel pada kelas tersebut telah terklasifikasi dengan benar. Nilai *Producer's Accuracy* menunjukan tingkat ketepatan klasifikasi berdasarkan kondisi dilapangan. Berdasarkan hasil perhitungan, kelas badan air dan lahan terbuka memiliki nilai sebesar 100%, yang menunjukkan bahwa seluruh data referensi pada kelas tersebut berhasil diklasifikasikan dengan benar. Melalui matriks kesalahan tersebut dapat dihitung nilai *Overall Accuracy* dan koefisien kappa sebagai indikator tingkat akurasi dari hasil klasifikasi penggunaan lahan. Perhitungan kedua parameter tersebut dilakukan berdasarkan jumlah sampel yang terklasifikasi benar pada matriks konfusi serta mempertimbangkan kemungkinan kesesuaian yang terjadi secara kebetulan. Oleh karena itu, perhitungan *Overall Accuracy* dan koefisien kappa dilakukan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\mathrm{OA} = \frac{\text{Hasil Groundcheck}}{jumlah\ sampel} \times 100\%$$

$$\mathrm{OA} = \frac{90}{100} \times 100\% = 90\%$$

$$Kappa\ (\mathrm{K}) = \frac{N\sum xii - \sum xi + x + i}{N^2 - \Sigma xi + x + \dot{l}}$$

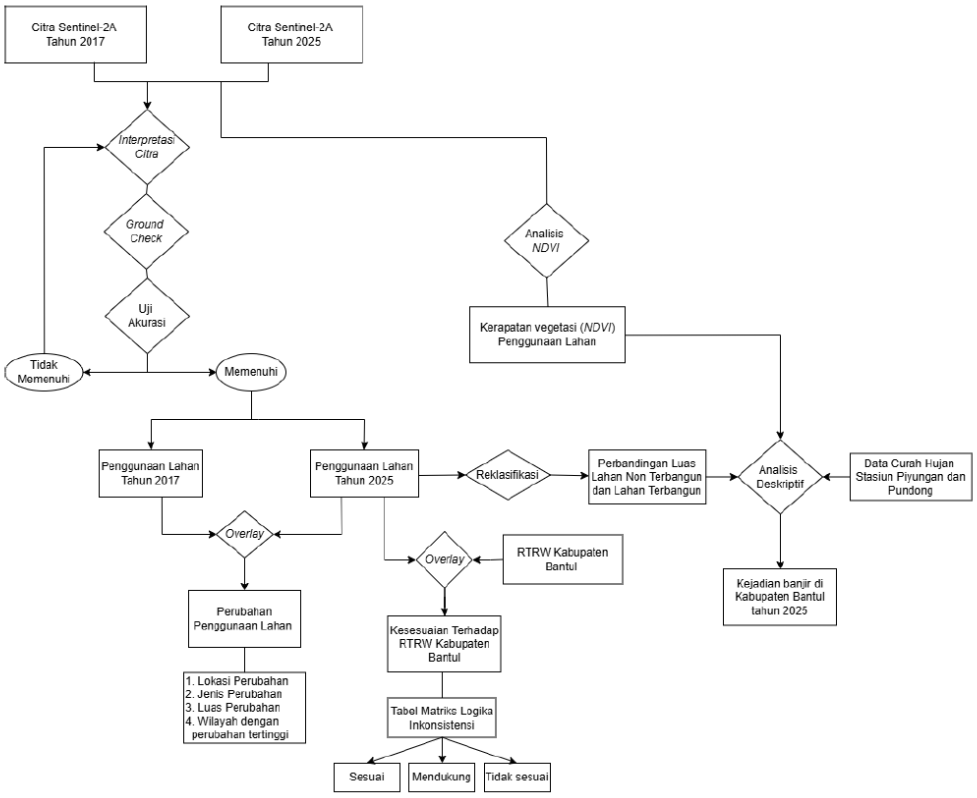
$$\mathrm{K} = \frac{(100 \times 90) - 1929}{(100 \times 100) - 1929}$$

$$\mathrm{K} = \frac{9.000 - 1929}{1.000 - 1929}$$

$$\mathrm{K} = \frac{7071}{8071}$$

$$\mathrm{K} = 0{,}88$$

Berdasarkan hasil perhitungan, diperoleh nilai *overall accuracy* sebesar 90%, yang menunjukan bahwa sebagian besar sampel hasil klasifikasi penggunaan lahan telah sesuai dengan kondisi penggunaan lahan sebenarnya di lapangan. Perubahan penggunaan lahan dianalisis dengan teknik *overlay* antara peta penggunaan lahan tahun 2017 dan 2025. Analisis kesesuaian penggunaan lahan terhadap RTRW dilakukan menggunakan teknik *overlay* antara peta penggunaan lahan tahun 2025 dan peta pola ruang RTRW Kabupaten Bantul. Dampak perubahan penggunaan lahan terhadap banjir dianalisis secara deskriptif melalui perubahan luas lahan terbangun dan non-terbangun, analisis kerapatan vegetasi menggunakan *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI), serta data kejadian banjir periode 2020–2025. Nilai NDVI dihitung menggunakan band *Near Infrared* (NIR) dan *Red* pada citra Sentinel-2 dengan rumus *NDVI = (NIR − Red)/(NIR + Red)* menggunakan persamaan NIR = Band 8, Red = Band 4 pada citra Sentinel-2 untuk mengidentifikasi tingkat kerapatan vegetasi di wilayah penelitian. Diagram alur penelitian disajikan pada Gambar 1.



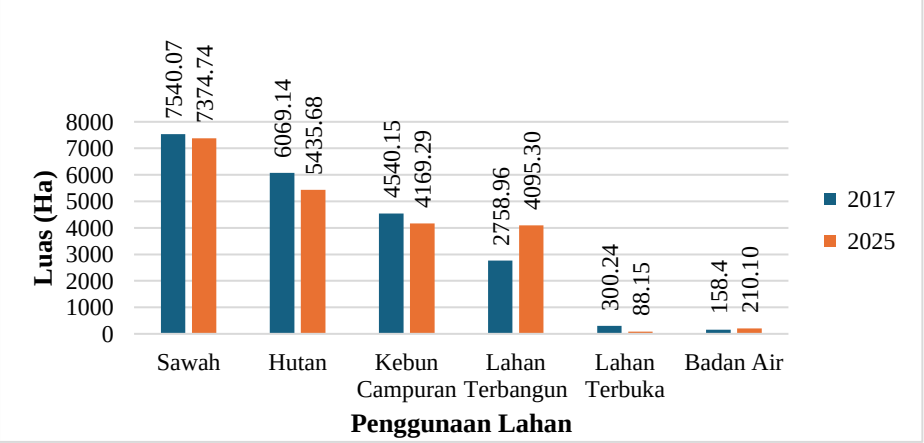
Gambar 1. Diagram Alur Penelitian

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Perubahan Penggunaan Lahan di Kabupaten Bantul Tahun 2017 dan 2025

Penggunaan lahan merupakan bentuk pemanfaatan dan campur tangan manusia terhadap kondisi fisik suatu wilayah, baik pada kawasan pertanian, ladang, maupun permukiman, yang dapat bersifat permanen maupun sementara. Kebutuhan lahan cenderung meningkat seiring dengan berkembangnya wilayah, pertumbuhan ekonomi, dan jumlah penduduk, yang semuanya mencerminkan aktivitas masyarakat dalam proses pembangunan [10]. Fenomena tersebut juga terjadi di Kabupaten Bantul yang menunjukkan dinamika penggunaan lahan seiring dengan meningkatnya aktivitas pembangunan dan pertumbuhan wilayah. Perkembangan ini menyebabkan terjadinya perubahan pemanfaatan ruang, terutama konversi lahan non-terbangun menjadi lahan terbangun untuk memenuhi kebutuhan permukiman serta aktivitas ekonomi masyarakat. Oleh karena itu, identifikasi penggunaan lahan pada tahun 2017 sebagai tahun dasar pengamatan dan analisis perubahan hingga tahun 2025 perlu dilakukan untuk memahami pola serta karakteristik perubahan penggunaan lahan yang terjadi.

Berdasarkan hasil analisis perbandingan data penggunaan tahun 2017 dan tahun 2025, terlihat bahwa telah terjadi perbedaan luas penggunaan lahan, baik pada lahan terbangun maupun non terbangun. Secara umum, penggunaan lahan masih didominasi oleh sektor pertanian khususnya penggunaan lahan sawah. Kondisi ini mengindikasikan bahwa perkembangan kawasan pemukiman dan aktifitas ekonomi menjadi faktor yang mendorong perubahan penggunaan lahan di wilayah Bantul [11]. perubahan penggunaan lahan di Kabupaten Bantul memiliki pola dan besaran yang bervariasi. Hasil perhitungan perubahan luas penggunaan pada tahun 2017-2025 disajikan pada gambar 2 dan tabel 2 yang menunjukan adanya peningkatan dan penurunan pada masing-masing kelas penggunaan.

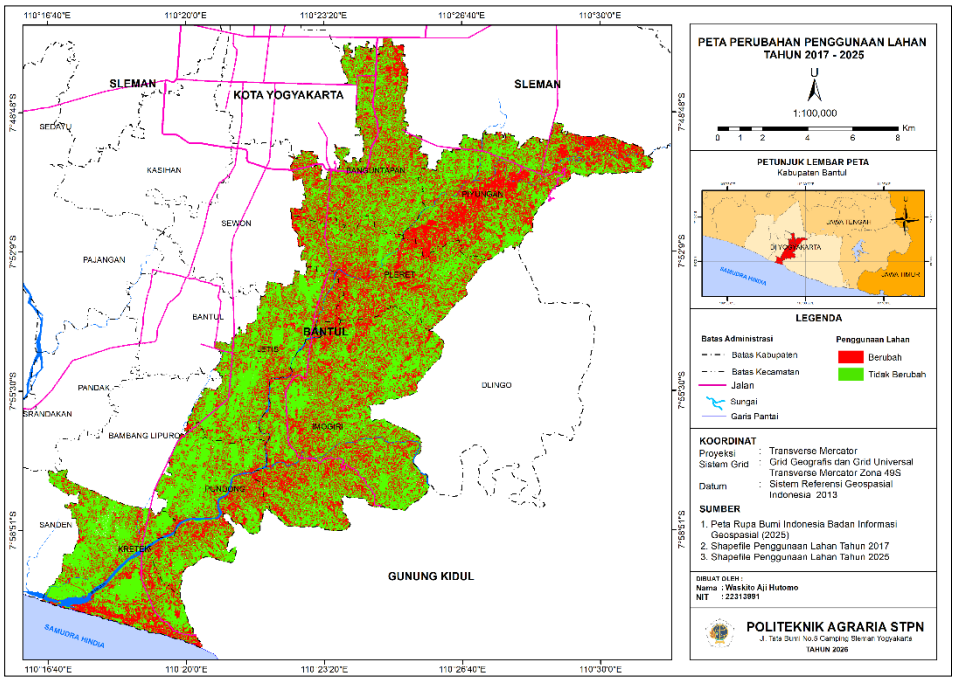


Gambar 2. Grafik Perbandingan Luas Penggunaan Lahan

Tabel 2. Perubahan Luas Penggunaan Lahan

No	Penggunaan Lahan	Luas 2017	Luas 2025	Perubahan Luas
1	Lahan Terbangun	2758.96	4095.3	(+)1336.34
2	Hutan	6069.14	5435.68	(−)633.46
3	Lahan Terbuka	300.24	88.15	(−)212.09
4	Kebun Campuran	4540.15	4169.29	(−)370.86
5	Sawah	7540.07	7374.74	(+)165.33
6	Badan Air	158.4	210.1	(+)51.7

Berdasarkan tabel 2 lahan terbangun mengalami peningkatan paling tinggi yaitu bertambah sekitar 1.336,34 ha, dari 2.758,96 ha pada tahun 2017 menjadi 4.095,30 ha pada tahun 2025. Sebaliknya penggunaan lahan yang mengalami penurunan luas yaitu lahan hutan berkurang sekitar 633,46 ha, kebun campuran berkurang sekitar 370,86 ha, sawah berkurang sebesar 165,33 ha dan lahan terbuka mengalami penurunan yaiu sekitar 212,09 ha, sementara badan air mengalami kenaikan kecil sebesar 51,70 ha. Hasil analisis dengan teknik tumpang susun antara penggunaan lahan tahun 2017 dan tahun 2025 menghasilkan peta perubahan penggunaan lahan tahun 2017-2025 yang terdapat pada gambar 3. Berdasarkan hasil analisis pada tabel 3, terdapat 9 kelas perubahan penggunaan lahan. Hasil analisis menunjukkan luas perubahan penggunaan terbesar adalah tutupan lahan berupa hutan menjadi kebun campuran dengan luas 1.274,82 ha atau sekitar 35.02% % dari total luas perubahan yang mengindikasikan adanya pemanfaatan kawasan vegetasi alami menjadi lahan budidaya oleh masyarakat. Perubahan lainnya adalah dari kebun campuran menjadi lahan terbangun sebesar 1.116,29 ha (30.67%%) menunjukan adanya tekanan terhadap lahan pertanian akibat perkembangan pemukiman dan infrastruktur. Hal ini menunjukan bahwa perkembangan kawasan terbangun tidak hanya mengkonversi lahan pertanian, tetapi juga lahan non-produktif dan vegetasi alami. Secara umum, pola perubahan penggunaan lahan menunjukan kecenderungan menyebar luas dengan konsentrasi perubahan yang tinggi di wilayah tengah hingga utara Kabupaten Bantul. Wilayah seperti Banguntapan, Sewon, dan sekitarnya memperlihatkan dominasi yang cukup padat, mengindikasikan tingginya dinamika pemanfaatan lahan pada kawasan yang berbatasan dengan Kota Yogyakarta. Temuan ini sesuai dengan kajian [11],[12] yang menyebutkan bahwa lahan pertanian di Kapanewon yang berbatasan dengan Kota Yogyakarta tertekan perkembangan Kota Yogyakarta mengingat lokasinya yang berdekatan dengan Kota Yogyakarta dan fungsinya sebagai kawasan aglomerasi Perkotaan Yogyakarta.



Gambar 3. Peta Perubahan Penggunaan Lahan Tahun 2017-2025

Tabel 3. Perubahan Penggunaan Lahan

No	Perubahan Penggunaan Lahan	Luas (ha)	Persentase
1	Hutan/Tutupan Lahan berupa Hutan menjadi Kebun Campuran	1274.82	35.02%
2	Kebun Campuran menjadi Lahan Terbangun	1116.29	30.67%
3	Sawah menjadi Lahan Terbangun	869.70	23.89%
4	Lahan Terbuka menjadi Lahan Terbangun	214.03	5.88%
5	Lahan Terbuka menjadi Kebun Campuran	108.12	2.97%
6	Sawah menjadi Lahan Terbuka	19.24	0.53%
7	Kebun Campuran menjadi Sawah	18.62	0.51%
8	Sawah menjadi Badan Air	12.47	0.34%
9	Kebun Campuran menjadi Lahan Terbuka	6.57	0.18%
	Luas Perubahan	3639.87	100.00%

Secara spasial, perubahan cenderung terkonsentrasi di wilayah tertentu, terutama di sekitar aliran Sungai Opak. Temuan ini sesuai dengan kajian [13], [14] yang menunjukkan bahwa penurunan lahan vegetasi (hutan, kebun campuran dan sawah) menjadi lahan terbangun terindikasi berpotensi menurunkan kemampuan tanah dalam menyerap air hujan akibat meningkatnya permukaan kedap air serta menurunkan kapasitas air tanah. Kondisi tersebut berimplikasi pada perubahan karakteristik lingkungan, khususnya dalam hal kemampuan lahan dalam menyerap air. Berkurangnya tutupan vegetasi alami seperti hutan, yang memiliki kapasitas infiltrasi tinggi, dapat menyebabkan penurunan daya resap tanah dan peningkatan limpasan permukaan [15], [16]. Hal ini pada akhirnya berpotensi memperbesar risiko terjadinya kerawanan banjir, terutama pada wilayah hilir yang menerima aliran air dari kawasan tersebut.

3.2 Kesesuaian Penggunaan Lahan Tahun 2025 Terhadap Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW) Kabupaten Bantul Tahun 2011

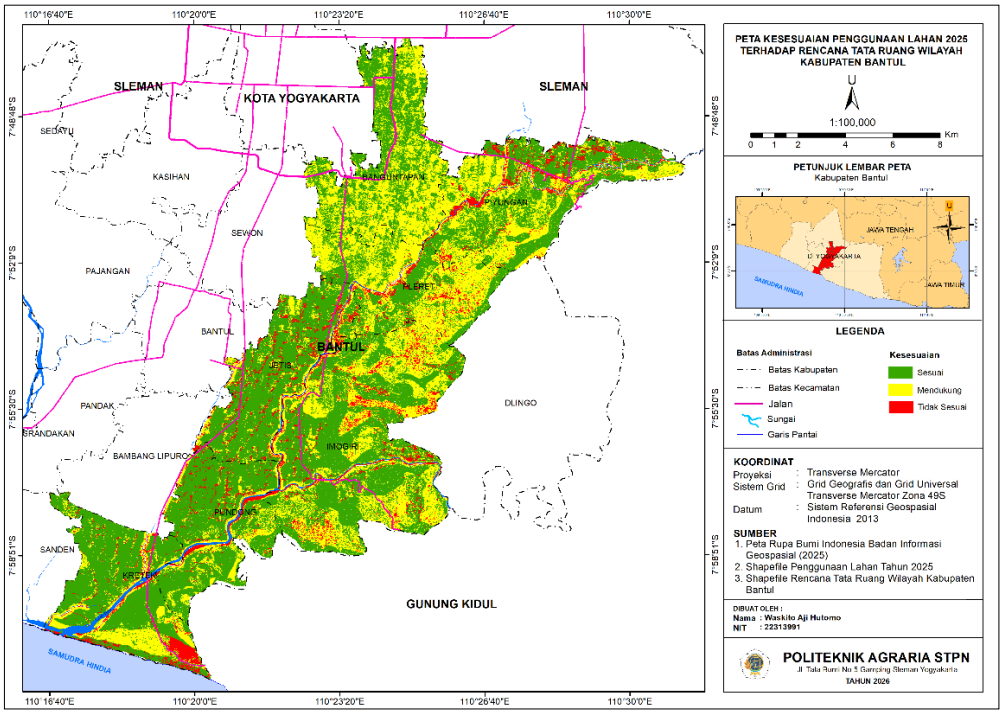
Analisis kesesuaian penggunaan lahan dilakukan dengan membandingkan penggunaan lahan tahun 2025 hasil interpretasi citra Sentinel-2 dengan arahan pola ruang RTRW Kabupaten Bantul Tahun 2010-2030 menggunakan metode tumpang susun (*overlay*). Data yang digunakan berupa peta penggunaan lahan tahun 2025 dan *shapefile* RTRW dari Kantor Pertanahan Kabupaten Bantul. Penentuan kesesuaian mengacu pada matriks kesesuaian penggunaan lahan terhadap pola ruang yang mengelompokkan hasil ke dalam tiga kategori, yaitu sesuai (S), mendukung (M), dan tidak sesuai (T). Hasil *overlay* menghasilkan peta kesesuaian penggunaan lahan yang digunakan untuk menghitung luas dan sebaran masing-masing kategori terhadap RTRW Kabupaten Bantul. Peta kesesuaian dan sebarannya disajikan pada Gambar 4. Berdasarkan hasil analisis overlay penggunaan lahan tahun 2025 terhadap RTRW Kabupaten Bantul Tahun 2010-2030, diperoleh bahwa luas wilayah yang termasuk dalam kategori sesuai (S) sebesar 11.897,44 ha atau 56,36% dari total wilayah kajian. Selain itu, kategori mendukung (M) memiliki luas sebesar 7.504,74 ha atau 35,55%. Untuk memperjelas pembagian kategori maka disajikan dalam tabel 4.

Tabel 4. Kategori Kesesuaian

Keterangan	Luas	Persentase
Sesuai	11897.44	56.36%
Mendukung	7504.74	35.55%
Tidak Sesuai	1708.88	8.09%
Total	21111.07	100%

Dominasi kategori sesuai menunjukkan bahwa sebagian besar pemanfaatan ruang di Kabupaten Bantul masih sejalan dengan arahan pola ruang yang telah ditetapkan dalam RTRW. Kesesuaian ini umumnya terdapat pada kawasan yang memang diperuntukkan bagi kegiatan budidaya, seperti kawasan pertanian, perkebunan, dan sebagian kawasan perdesaan. Sementara itu, kategori mendukung menunjukkan bahwa meskipun penggunaan lahan tidak sepenuhnya sesuai dengan peruntukan ruang, namun masih dapat ditoleransi karena tidak mengganggu fungsi utama kawasan. Kondisi ini mencerminkan adanya fleksibilitas dalam pemanfaatan ruang. Hasil analisis tabel 4 menunjukkan bahwa terdapat luas ketidaksesuaian penggunaan lahan sebesar 1.708,88 ha atau 8,09% dari total wilayah. Meskipun proporsinya lebih kecil dibandingkan kategori sesuai dan mendukung, nilai ini tetap menunjukkan adanya penyimpangan pemanfaatan ruang yang perlu mendapat perhatian serius dalam evaluasi implementasi RTRW Kabupaten Bantul. Ketidaksesuaian penggunaan lahan tersebut tersebar pada setiap kapanewon di wilayah penelitian. Berdasarkan hasil analisis tabel 5, Kapanewon Imogiri memiliki luas ketidaksesuaian terbesar yaitu 700,38 ha atau 40,98% dari total luas ketidaksesuaian. Tingginya nilai ketidaksesuaian di wilayah ini menunjukkan adanya tekanan pemanfaatan ruang yang cukup besar, terutama pada kawasan yang seharusnya dipertahankan sesuai fungsi peruntukannya.

Secara spasial, fenomena ini mencerminkan adanya tekanan perkembangan wilayah yang tidak sepenuhnya terkendali oleh instrumen tata ruang. Kebutuhan akan permukiman, infrastruktur, dan kegiatan ekonomi mendorong pemanfaatan ruang yang melampaui arahan RTRW, khususnya pada kawasan dengan fungsi lindung dan kawasan pertanian. Dari sisi lingkungan, ketidaksesuaian ini berpotensi menurunkan kualitas dan fungsi ekosistem, terutama pada kawasan yang berperan sebagai daerah resapan air dan pengendali aliran permukaan. Alih fungsi lahan pada kawasan tersebut dapat meningkatkan limpasan air, menurunkan infiltrasi, serta memperbesar potensi terjadinya kerawanan banjir.



Gambar 4. Peta Kesesuaian Penggunaan Lahan Terhadap RTRW

Tabel 5. Sebaran Luas Ketidaksesuaian Setiap Kapanewon

No	Kapanewon	Luas (Ha)	Persentase
1	Imogiri	700.38	40.98%
2	Piyungan	464.96	27.21%
3	Kretek	183.25	10.72%
4	Pundong	145.14	8.49%
5	Jetis	110.42	6.46%
6	Pleret	100.12	5.86%
7	Banguntapan	4.61	0.27%

3.3 Dampak Perubahan Penggunaan Lahan Terhadap Kejadian Banjir di Kabupaten Bantul

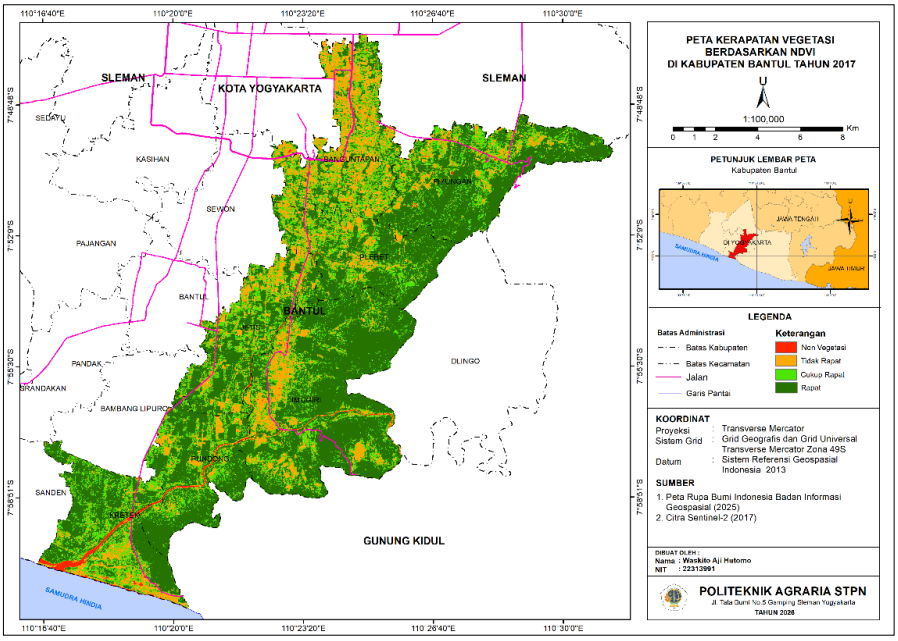
Perbandingan luas lahan non terbangun dan lahan terbangun pada tahun 2017 dan 2025 menunjukkan adanya perubahan komposisi penggunaan lahan di Kabupaten Bantul. Berdasarkan data tabel 6 luas lahan non terbangun mengalami penurunan dari 18.449,61 ha pada tahun 2017 menjadi 17.067,89 ha pada tahun 2025. Penurunan ini sebesar 1.381,72 ha atau sekitar 7,49%. Di sisi lain, luas lahan terbangun mengalami peningkatan dari 2.758,96 ha menjadi 4.095,30 ha, dengan kenaikan sebesar 1.336,34 ha atau sekitar 48,43%.

Tabel 6. Luas Lahan Non Terbangun dan Lahan Terbangun

Lahan	2017	2025
Lahan non terbangun	18449.61	17067.89
Lahan terbangun	2758.96	4095.3
Badan Air	158.4	210.1

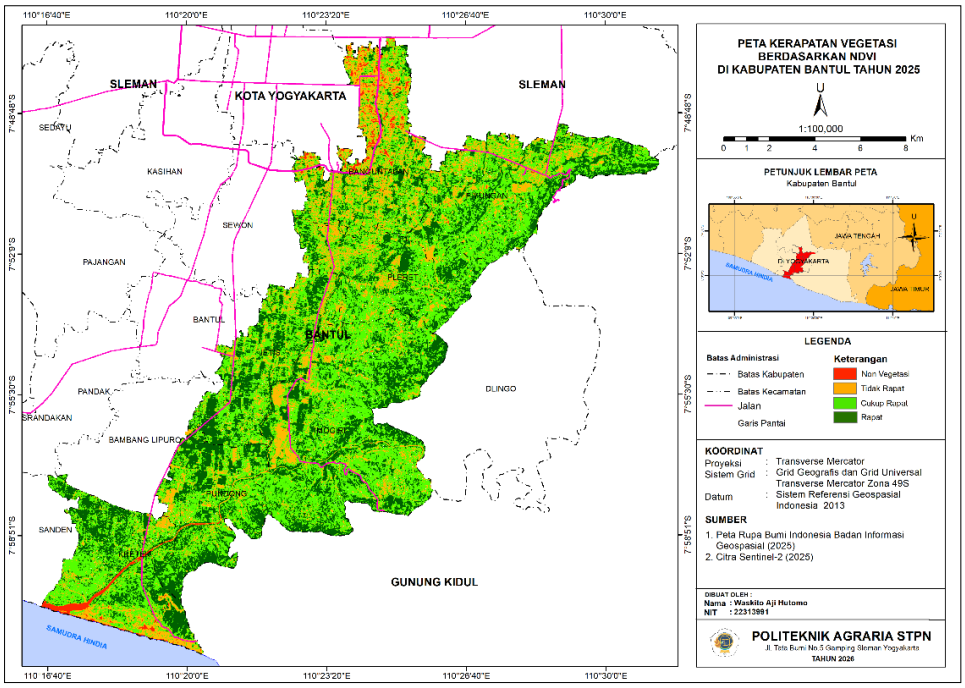
Perubahan ini menunjukan adanya pergeseran fungsi lahan dari area yang berperan dalam menyerap air menuju area terbangun. Berkurangnya lahan non terbangun berdampak pada menurunnya kapasitas infiltrasi tanah, sehingga air hujan yang jatuh tidak dapat terserap secara optimal. Sementara itu, peningkatan lahan terbangun menyebabkan bertambahnya permukaan kedap air yang memperbesar aliran permukaan (*runoff*) [17]. Kondisi tersebut menggambarkan adanya peningkatan potensi limpasan permukaan yang dalam situasi tertentu dapat melampaui kapasitas sistem drainase, terutama saat curah hujan tinggi. Perubahan komposisi antara lahan non terbangun dan lahan terbangun tersebut berdampak langsung terhadap kemampuan lingkungan dalam menyerap air hujan.

Untuk melengkapi analisis perubahan penggunaan lahan, dilakukan analisis kerapatan vegetasi menggunakan metode *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI). Berdasarkan hasil pengolahan NDVI menggunakan citra Sentinel-2 tahun 2017 dan 2025, diperoleh informasi mengenai tingkat kerapatan vegetasi dan tabel luas masing-masing kelas vegetasi untuk mempermudah analisis perubahan kondisi vegetasi pada periode penelitian. Peta kerapatan vegetasi tahun 2017 dan tahun 2025 menunjukkan adanya perbedaan sebaran vegetasi di beberapa wilayah Kabupaten Bantul. Selain itu, tabel 7 menunjukkan luas kerapatan vegetasi digunakan untuk mengetahui perubahan luas pada masing-masing kelas vegetasi selama periode 2017-2025. Adapun hasil peta dan luas kerapatan vegetasi Kabupaten Bantul tahun 2017 dan 2025 disajikan pada Gambar 5 dan Gambar 6.



Gambar 5. Peta Kerapatan Vegetasi Tahun 2017

Berdasarkan tabel 6 kategori non vegetasi meningkat dari 251,29 ha pada tahun 2017 menjadi 292,83 ha pada tahun 2025. Vegetasi tidak rapat meningkat dari 4.018,7 ha menjadi 4.266,4 ha, sedangkan peningkatan terbesar terjadi pada vegetasi cukup rapat, yaitu dari 5.072,99 ha menjadi 10.785,31 ha. Sebaliknya, vegetasi rapat mengalami penurunan yang cukup signifikan dari 12.030,6 ha menjadi 6.262,31 ha, yang menunjukkan berkurangnya area dengan tutupan vegetasi lebat di Kabupaten Bantul. Menurut Chairuman dkk [18] berkurangnya area vegetasi tersebut dapat dipengaruhi oleh perkembangan kawasan terbangun, perubahan penggunaan lahan, maupun perubahan tutupan vegetasi menjadi vegetasi dengan tingkat kerapatan sedang.



Gambar 6. Peta Kerapatan Vegetasi Tahun 2025

Tabel 7. Luas Klasifikasi Kerapatan Vegetasi

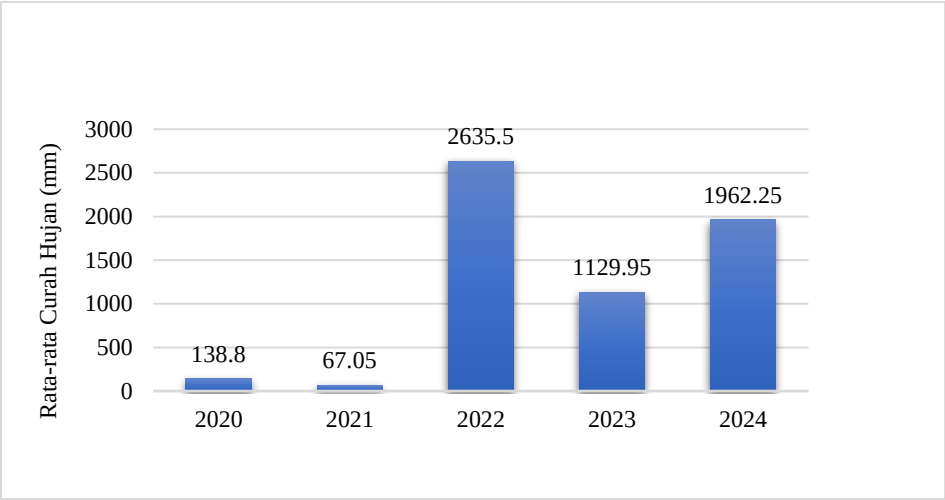
Klasifikasi Kerapatan Vegetasi	Luas	
	2017	2025
Non Vegetasi	251,29	292,83
Tidak Rapat	4.018,7	4.266,4
Cukup Rapat	5.072,99	10.785,31
Rapat	12.030,60	6.262,31

Kondisi perubahan penggunaan lahan tersebut menunjukan adanya perubahan tutupan vegetasi lebat menjadi vegetasi dengan tingkat kerapatan sedang hingga rendah. Menurut Rolina dkk [19], vegetasi memegang peran penting terhadap kemampuan tanah dalam menyerap air hujan, karena vegetasi dengan kerapatan tinggi umumnya memiliki kemampuan infiltrasi yang lebih baik dibandingkan vegetasi dengan kerapatan rendah maupun kawasan terbangun. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa perubahan penggunaan lahan dan kerapatan vegetasi di Kabupaten Bantul menggambarkan adanya dinamika lingkungan yang secara teoritis berkaitan dengan potensi peningkatan limpasan permukaan serta kejadian banjir pada wilayah penelitian. Hal ini juga diperkuat dengan tidak adanya peningkatan yang signifikan curah hujan pada data yang diperoleh dari Stasiun Hujan Pundong dan Piyungan yang disajikan pada gambar 7.

Banjir pada dasarnya merupakan fenomena yang dipengaruhi oleh berbagai variabel, baik yang bersifat fisik-alami maupun yang bersifat dinamis akibat aktivitas manusia. Secara umum terdapat 6 (enam) variabel yang berpengaruh terhadap kejadian banjir, yaitu curah hujan, penggunaan lahan/kerapatan vegetasi, kemiringan lereng, jenis tanah, kerapatan sungai/drainase, dan ketinggian tempat [20]. Dari keenam variabel tersebut, penelitian ini secara khusus menggunakan 2 (dua) variabel yang bersifat dinamis atau dapat berubah dalam rentang waktu penelitian (2017-2025), yaitu perubahan penggunaan lahan/kerapatan vegetasi dan faktor curah hujan. Seperti yang dilakukan oleh Harjono & Fadillah [21] dalam penelitiannya mengenai faktor penyebab banjir, yang menggunakan pendekatan kualitatif deskriptif tanpa uji statistik/regresi, dan menemukan bahwa alih fungsi lahan menjadi salah satu faktor utama penyebab banjir di wilayah penelitian. Sementara itu, 4 (empat) variabel lainnya, kemiringan lereng, jenis tanah, kerapatan sungai/drainase, dan elevasi merupakan karakteristik fisik wilayah yang relatif tetap (statis) dalam kurun waktu penelitian sehingga tidak mengalami perubahan signifikan dan diasumsikan konstan (tidak menjadi variabel pembeda) dalam menjelaskan dinamika kerawanan banjir pada periode tersebut [22]. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa perubahan penggunaan lahan dan kerapatan vegetasi di Kabupaten Bantul menggambarkan adanya dinamika lingkungan yang secara teoritis berkaitan dengan potensi peningkatan limpasan permukaan serta kejadian banjir pada wilayah penelitian.

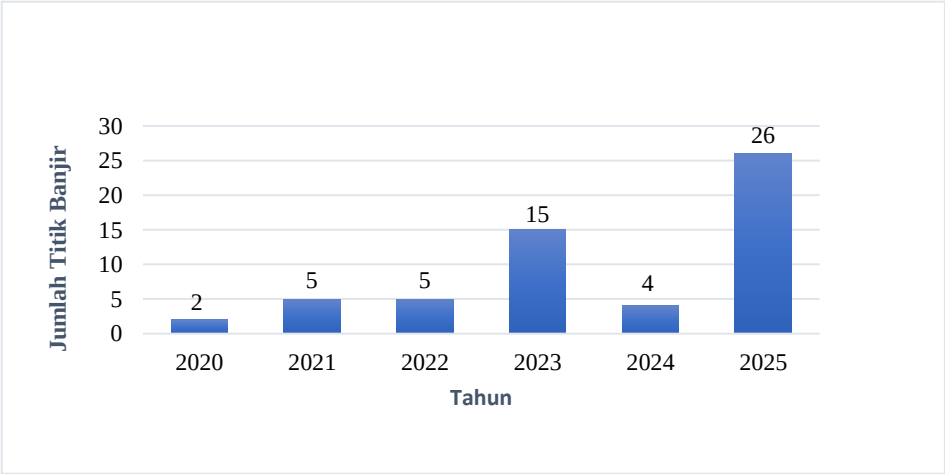
Gambar 7 menunjukkan bahwa curah hujan di Stasiun Pundong dan Piyungan periode 2020-2024 cenderung berfluktuasi dari tahun ke tahun dengan beberapa tahun mencatat intensitas yang cenderung rendah hingga sedang, rentang curah hujan 1000-2000 mm/tahun, biasanya tidak menimbulkan resiko ektrem seperti genangan atau banjir yang masif [23]. Kondisi tersebut menunjukan bahwa tidak terjadi fenomena perubahan iklim yang ekstrem di wilayah penelitian yang mengakibatkan kerawanan banjir. Dengan hasil tersebut secara kualitatif deskriptif dapat dinyatakan bahwa curah hujan bukan merupakan variabel yang dominan dalam menjelaskan kejadian banjir di wilayah penelitian, meskipun intensitas curah hujan yang tercatat pada kedua stasiun pengamatan di wilayah penelitian berada pada kategori rendah-sedang dan secara umum tidak tergolong sebagai kondisi hujan ekstrem. Volume air hujan

tersebut tetap berpotensi menimbulkan genangan maupun banjir apabila kapasitas resapan lahan telah menurun akibat masifnya konversi lahan bervegetasi menjadi lahan terbangun.



Gambar 7. Diagram Rata-Rata Curah Hujan Tahun 2020-2024
Sumber: BPBD Kabupaten Bantul

Kondisi ini memperkuat dugaan bahwa faktor pemicu utama kerawanan banjir di wilayah penelitian bukan berasal dari aspek klimatologis (curah hujan), melainkan lebih disebabkan oleh perubahan karakteristik fisik permukaan lahan sebagai akibat dari aktivitas pembangunan dan alih fungsi lahan. Ketika luas lahan resapan berkurang dan digantikan oleh lahan terbangun, maka potensi terjadinya limpasan permukaan akan meningkat, yang pada akhirnya dapat memperbesar risiko terjadinya banjir, terutama pada saat curah hujan tinggi [24]. Hal tersebut menunjukkan adanya perubahan penggunaan lahan yang diikuti oleh dinamika kejadian banjir di suatu wilayah. Peningkatan luas lahan terbangun yang tidak diimbangi dengan kapasitas sistem drainase dan ruang resapan air secara konseptual menggambarkan potensi peningkatan limpasan permukaan [25]. Oleh karena itu, untuk memperkuat analisis tersebut dilakukan penelaah terhadap data kejadian banjir di Kabupaten Bantul dalam beberapa tahun terakhir yang disajikan pada gambar 8.



Gambar 8. Diagram Dinamika Kejadian Banjir Tahun 2020-2025

Berdasarkan data kejadian banjir di Kabupaten Bantul tahun 2020-2025, terlihat adanya dinamika kejadian banjir yang cenderung berfluktuasi. Pada tahun 2020 tercatat 2 titik banjir, kemudian meningkat menjadi 5 titik dan relatif tetap pada tahun 2022. Peningkatan cukup banyak terjadi pada

tahun 2023 dengan 15 titik banjir, meskipun sempat menurun pada tahun 2024 menjadi 4 titik, namun kembali mengalami lonjakan pada tahun 2025 hingga mencapai 26 titik kejadian banjir. Secara deskriptif, dapat disimpulkan bahwa terdapat keselarasan pola antara peningkatan luasan lahan terbangun dan kecenderungan munculnya titik-titik genangan/banjir di wilayah penelitian pada periode yang sama, sementara pola curah hujan tidak menunjukkan kecenderungan peningkatan intensitas yang signifikan. Dengan kata lain, perubahan penggunaan lahan khususnya ekspansi lahan terbangun dan penurunan tutupan vegetasi dapat diidentifikasi sebagai faktor yang lebih dominan dalam terjadinya banjir di wilayah penelitian.

Temuan ini menegaskan pentingnya pengendalian pemanfaatan ruang yang konsisten dengan Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW) Kabupaten Bantul, khususnya pada kawasan yang telah ditetapkan sebagai zona resapan air atau kawasan lindung, agar alih fungsi lahan ke arah terbangun tidak terus berlangsung tanpa kendali. Kondisi tersebut sejalan dengan konsep hidrologi perkotaan yang menyatakan bahwa konversi lahan vegetatif menjadi permukaan kedap air menyebabkan penurunan kemampuan tanah dalam menyerap air hujan, sehingga meningkatkan frekuensi dan intensitas genangan maupun banjir [26]. Dalam konteks Kabupaten Bantul, masih ditemukannya ketidaksesuaian penggunaan lahan terhadap RTRW pada kawasan lindung dan kawasan resapan air mengindikasikan bahwa implementasi pengendalian pemanfaatan ruang belum sepenuhnya efektif dalam mengarahkan perkembangan wilayah. Kondisi ini menunjukkan bahwa keberadaan dokumen rencana tata ruang saja belum cukup untuk menjamin keberlanjutan fungsi ekologis apabila tidak diikuti oleh mekanisme pengawasan, pengendalian, dan penegakan regulasi yang konsisten. Oleh karena itu, mitigasi risiko banjir perlu dilakukan secara terpadu melalui penguatan pengendalian pemanfaatan ruang sesuai RTRW, peningkatan pengawasan terhadap perizinan alih fungsi lahan, rehabilitasi kawasan resapan air, serta penyediaan dan perlindungan ruang terbuka hijau. Upaya mitigasi bencana banjir ke depan perlu diarahkan tidak hanya pada perbaikan teknis berupa infrastruktur drainase, tetapi juga pada penguatan pengawasan perizinan pemanfaatan ruang, rehabilitasi kawasan resapan air, serta penyediaan ruang terbuka hijau sebagai bagian dari upaya menjaga keseimbangan antara pembangunan wilayah dan daya dukung lingkungan [27].

4. KESIMPULAN

Perubahan terbesar ditandai oleh peningkatan lahan terbangun sebesar 1.336,34 ha, yang terutama berasal dari konversi lahan sawah dan penggunaan lahan lainnya untuk memenuhi kebutuhan permukiman dan infrastruktur. Selain itu, perubahan penggunaan lahan didominasi oleh konversi kebun campuran menjadi sawah serta perubahan hutan menjadi kebun campuran, dengan Kapanewon Imogiri menjadi wilayah yang mengalami perubahan penggunaan lahan paling luas. Temuan ini menunjukkan adanya pergeseran pola pemanfaatan ruang yang dipengaruhi oleh perkembangan wilayah dan aktivitas masyarakat.

Hasil analisis kesesuaian penggunaan lahan terhadap RTRW Kabupaten Bantul Tahun 2010–2030 menunjukkan bahwa sebagian besar wilayah telah berada pada kategori sesuai dan mendukung arahan pola ruang. Namun demikian, masih ditemukan penggunaan lahan yang tidak sesuai dengan luas 1.708,88 ha atau 8,09% dari total wilayah, terutama di Kapanewon Imogiri dengan luas ketidaksesuaian mencapai 700,38 ha, yang mengindikasikan adanya tekanan pemanfaatan ruang pada kawasan yang seharusnya dipertahankan sesuai fungsi dan peruntukannya. Kondisi tersebut menunjukkan pentingnya penguatan pengendalian pemanfaatan ruang untuk menjaga konsistensi antara kondisi aktual penggunaan lahan dan rencana tata ruang yang telah ditetapkan.

Perubahan penggunaan lahan juga diikuti oleh perubahan karakteristik tutupan vegetasi, yang ditunjukkan oleh penurunan luas vegetasi rapat dan berkurangnya lahan non terbangun. Secara spasial, kondisi ini mengindikasikan berkurangnya area yang berpotensi berfungsi sebagai daerah resapan air, sehingga berpotensi meningkatkan limpasan permukaan dan kerawanan banjir pada wilayah penelitian. Faktor curah hujan bukan variabel dominan penyebab banjir di wilayah penelitian karena curah hujan berfluktuasi pada kategori rendah-sedang. Kondisi ini mengindikasikan bahwa faktor utama kerawanan banjir adalah menurunnya kapasitas resapan lahan akibat konversi lahan bervegetasi menjadi lahan terbangun, dimana peningkatan luas lahan terbangun tanpa diimbangi kapasitas drainase dan ruang resapan yang memadai akan memperbesar limpasan permukaan dan risiko banjir.

DAFTAR PUSTAKA

[1] Warsilan, W., (2019). "Dampak Perubahan Guna Lahan Terhadap Kemampuan Resapan Air (Kasus: Kota Samarinda)," Jurnal Pembangunan Wilayah & Kota, 15(1).

[2] Jannah, S., dkk., (2023). "Upaya Pendidikan dan Pelatihan Mitigasi Bencana Banjir di Desa Cendi Manik," Jurnal Pendidikan dan Pengabdian Masyarakat.

[3] Utami, I., (2022). "Temuan Mikroplastik pada Sedimen Sungai Progo dan Sungai Opak Kabupaten Bantul," Jurnal Riset Daerah, 22(1).

[4] Hermawan, A., dan Ardian, O.H., (2025). "Impacts of Land-Use Change on Runoff Oyo Downstream Sub-Watershed, Bantul Regency, Special Region of Yogyakarta," G-Tech: Jurnal Teknologi Terapan, 9(2).

[5] Widyasari, T., (2023). "Kurva Intensitas Durasi Frekuensi Hujan Kabupaten Bantul dengan Menggunakan Metode Mononobe," Jurnal Teknik Sipil.

[6] Latief, R., Barkey, R.A., dan Suhaeb, M.I., (2021). "Perubahan Penggunaan Lahan Terhadap Banjir di Kawasan Daerah Aliran Sungai Maros," Urban and Regional Studies Journal, 3(2).

[7] Rachmayanti, H., Musa, R., dan Mallombasi, A., (2022). "Studi Pengaruh Perubahan Tata Guna Lahan Terhadap Debit Banjir Dengan Menggunakan Software HEC HMS (Studi Kasus DAS Saddang)," Jurnal Konstruksi, no. 1.

[8] Budianto, M.B., Hartana, H., dan Ihtiar, R.A., (2024). "Pengaruh Perubahan Tata Guna Lahan terhadap Debit Banjir DAS Padolo," Dinamika Teknik Sipil: Majalah Ilmiah Teknik Sipil.

[9] Mulyani, D., (2024). "Analisis Perubahan Penggunaan Lahan di Kabupaten Purwakarta," Journal of Scientech Research and Development, 6(1).

[10] Roy, M., Rusdiana, O., dan Ichwandi, I., (2017). "Dinamika Perubahan dan Kebijakan Pemanfaatan Ruang di Kabupaten Bogor, Provinsi Jawa Barat," Journal of Env. Engineering & Waste Management, 2(2).

[11] Wiwaha, A.A., dan Pramono, R.W.D., (2020). "Tren Perubahan Penggunaan Lahan di Lahan Pertanian Kota di Kecamatan Kasihan Kabupaten Bantul," Jurnal Riset Daerah, 20(1).

[12] Ayub, A., Noorachmat, B.P., dan Purwanto, M.Y.J., (2022). "Faktor-Faktor Pendorong Konversi Lahan Sawah di Kabupaten Bantul," EnviroScienteae, 18(2).

[13] Kintoro, F.S., Adji, T.N., dan Widyastuti, M., (2025). "Land Use Changes and Their Impact on Groundwater Vulnerability's Spatio-Temporal Conditions," Journal of Degraded and Mining Lands Management, 12(2).

[14] Utami, W., Sugiyanto, C., & Rahardjo, N. (2024). “Analysis of land use dynamics in Kulon Progo Regency”. In Proceedings of SPIE: Eighth Geoinformation Science Symposium 2023: Geoinformation Science for Sustainable Planet (Vol. 12977, Article 1297709). SPIE. https://doi.org/10.1117/12.3009235

[15] Utami, W., Wijayanti, T. I., & Fuadina, L. N. (2026). ”Spatial-temporal analysis of land use and the impact of tidal flooding: A case study on the north coast of Semarang City, Indonesia. Journal of Degraded and Mining Lands Management”, 13(3), 10385–10397. https://doi.org/10.15243/jdmlm.2026.133.10385

[16] Fuadina, L. N., Rustiadi, E., & Pravitasari, A. E. (2020). The dynamic of land use changes and regional development in Bandung Metropolitan Area. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 556(1), 012002. https://doi.org/10.1088/1755-1315/556/1/012002

[17] Alia, F., Hakki, H., Jati, S.N., dan Fakhriansyah, M., (2025). "Pengaruh Perubahan Tutupan Lahan Rawa dan Ruang Terbuka Hijau terhadap Peningkatan Debit Limpasan di Kota Palembang," Teras Jurnal: Jurnal Teknik Sipil, 15(2).

[18] Chairuman, M., Wihadanto, A., dan Rusdiyanto, E., (2023). "Perubahan Penggunaan Lahan Perkotaan dan Fenomena Urban Heat Island di Kota Tangerang Selatan," ULIN: Jurnal Hutan Tropis, 7(2).

[19] Rolina, M., Kadir, S., dan Badaruddin, B., (2023). "Analisis Infiltrasi pada Berbagai Tutupan Lahan di Kawasan Hutan dengan Tujuan Khusus (KHDTK) Mandiangin Provinsi Kalimantan Selatan," Jurnal Sylva Scienteae, 6(1).

[20] Imaduddin, A., Putri, S., dan Istikoma, I., (2026). "Sistem Informasi Geografis untuk Pemetaan Kerawanan Banjir di Kota Singkawang Berbasis AHP," Merkurius: Jurnal Riset Sistem Informasi dan Teknik Informatika, 4(1), pp. 61-73.

[21] Harjono, M., dan Fadillah, A., (2025). "Analisis Risiko Banjir dan Upaya Mitigasinya di Kelurahan Antang, Kecamatan Manggala, Kota Makasar," 1(1), pp. 33-45.

[22] Baihaqi, Setiyaningsih, S.I., dan Jannah, M. (2026) "Analisis Pola Banjir di Kabupaten Pidie Jaya Menggunakan Data Mining dan Visualisasi Data."

[23] Sinaga, A.A., Silvia, D., Arianti, D., Sinaga, J.A., Siska, O., dan Purba, R (2026). "Curah Hujan di Indonesia."

[24] Nurhamidah, N., Junaidi, A., dan Kurniawan, M., (2018). "Tinjauan Perubahan Tata Guna Lahan Terhadap Limpasan Permukaan. Kasus: DAS Batang Arau Padang," Jurnal Rekayasa Sipil (JRS-Unand), 14(2), pp. 131-138.

[25] Guntur, M., Akbar, F., dan Zuhrita, A., (2026). "Evaluasi Kapasitas dan Kinerja Drainase Akibat Perubahan Tata Guna Lahan di Kecamatan Alam Barajo, Kota Jambi," Jurnal Geoedusains.

[26] Odiji, C. A., Ishaya, S., Jega, I. M., et al. (2026). Assessment of urban surface runoff potential in response to land use land cover changes in the Federal Capital City, Abuja, Nigeria. Discover Cities, 3, 103. https://doi.org/10.1007/s44327-026-00293-1

[27] Gunanda, A. D., Purwana, R., & Nurlambang, T. (2026). “Flood risk typology analysis: Spatial distribution of river flooding and urban flooding as a foundation for disaster management planning”. *ASEAN Natural Disaster Mitigation and Education Journal*, *4*(1). https://doi.org/10.61511/andmej.v4i1.2026.3926