

Analisis Perubahan Tutupan Lahan dan Respon Aliran Permukaan di DAS Klandasan Besar, Kota Balikpapan

¹Noor Zaqiyah Muhding, ²Umboro Lasminto

^{1,2} Institut Teknologi Sepuluh Nopember

*Corresponding Author e-mail: noorzaqiyahm@gmail.com

Received: November 2025; Revised: December 2025; Published: February 2026

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis perubahan tutupan lahan pada periode 2018–2025 serta keterkaitannya dengan respon sistem aliran permukaan secara spasial. Metode yang digunakan adalah pendekatan analisis spasial dan hidrologi-hidraulika, dengan memanfaatkan data tutupan lahan tahun 2018 dan citra satelit resolusi tinggi tahun 2025. Perubahan tutupan lahan dianalisis untuk mengidentifikasi pergeseran antar kelas penggunaan lahan, sedangkan respon sistem aliran permukaan dianalisis menggunakan pemodelan hidrodinamika dua dimensi (2D) yang merepresentasikan curah hujan historis sebagai kejadian hujan intens di wilayah studi. Hasil penelitian menunjukkan penurunan signifikan pada area tidak terbangun dan bervegetasi, diikuti oleh peningkatan kawasan terbangun dan jaringan transportasi. Perubahan ini mempengaruhi respon sistem aliran permukaan yang semakin terarah dan meningkatnya keterhubungan antar area aliran pada tahun 2025. Secara spasial, luasan area yang mengalami respon aliran permukaan meningkat dari 215,80 ha pada tahun 2018 menjadi 230,91 ha pada tahun 2025. Temuan ini menegaskan peran penting dinamika perubahan tutupan lahan dalam membentuk karakteristik respon sistem aliran permukaan pada DAS perkotaan. Secara praktis, hasil penelitian ini dapat digunakan dalam pengelolaan sumber daya air perkotaan, mengidentifikasi area rawan genangan dan limpasan permukaan, serta mendukung mitigasi banjir melalui perencanaan drainase yang adaptif dan pengendalian pemanfaatan ruang. Penelitian ini juga memberikan kontribusi bagi perencanaan kota yang lebih berkelanjutan, dengan menekankan pentingnya menjaga proporsi ruang terbuka hijau dan kawasan resapan air dalam menghadapi tekanan pembangunan perkotaan yang semakin intensif.

Kata kunci: perubahan tutupan lahan, aliran permukaan, DAS Klandasan Besar, pemodelan hidrodinamika 2D, Kota Balikpapan.

Analysis of Land Cover Change and Surface Runoff Response in the Klandasan Besar Watershed, Balikpapan City

Abstract

This study aims to analyze land cover changes from 2018 to 2025 and their relationship with the spatial response of the surface runoff system. The method used is a spatial and hydrological-hydraulic analysis approach, utilizing land cover data from 2018 and high-resolution satellite imagery from 2025. Land cover changes were analyzed to identify shifts between land use classes, while the surface runoff system's response was analyzed using a two-dimensional (2D) hydrodynamic model representing historical rainfall data as the intensity of rainfall events in the study area. The results showed a significant decrease in undeveloped and vegetated areas, followed by an increase in built-up areas and transportation networks. These changes affected the surface runoff system's response, making it more directed and increasing the connectivity between flow areas by 2025. Spatially, the area experiencing surface runoff response increased from approximately 215.80 ha in 2018 to 230.91 ha in 2025. These findings highlight the important role of land cover dynamics in shaping the characteristics of surface runoff system responses in urban river basins. Practically, the results of this study can be used for urban water resource management, identifying flood-prone and surface runoff areas, as well as supporting flood mitigation through adaptive drainage planning and space utilization control. This study also contributes to more sustainable urban planning, emphasizing the importance of maintaining green open spaces and water infiltration areas in the face of increasing urban development pressures.

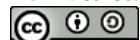
Keywords: land cover change, surface runoff, Klandasan Besar watershed, 2D hydrodynamic modeling, Balikpapan City.

How to Cite: Muhding, N. Z., & Lasminto, U. (2026). Analisis Perubahan Tutupan Lahan dan Respon Aliran Permukaan di DAS Klandasan Besar, Kota Balikpapan. *Journal of Authentic Research*, 5(1), 39-52. <https://doi.org/10.36312/6hfhy52>



<https://doi.org/10.36312/6hfhy52>

Copyright© 2025, Muhding & Lasminto.
This is an open-access article under the CC-BY-SA License.



PENDAHULUAN

Banjir masih menjadi salah satu permasalahan lingkungan perkotaan yang dominan di Indonesia. Sepanjang tahun 2024, banjir tercatat sebagai bencana dengan frekuensi kejadian tertinggi dibandingkan jenis bencana lainnya, yaitu sekitar 41 persen dari total kejadian bencana nasional (BNPB, 2024). Tingginya frekuensi kejadian tersebut menunjukkan bahwa banjir di wilayah perkotaan tidak hanya dipengaruhi oleh faktor hidrometeorologis, tetapi juga berkaitan erat dengan dinamika lingkungan dan pola pemanfaatan ruang.

Kota Balikpapan yang terletak di Provinsi Kalimantan Timur memiliki peran strategis sebagai kota penyangga utama pembangunan Ibu Kota Nusantara (IKN). Peran ini mendorong percepatan pembangunan pada berbagai sektor, terutama permukiman, infrastruktur, dan aktivitas ekonomi perkotaan (Bappeda Kota Balikpapan, 2022). Perkembangan wilayah yang pesat tersebut berdampak langsung terhadap perubahan tata guna lahan, yang ditandai dengan meningkatnya luas kawasan terbangun dan berkurangnya area resapan alami. Secara konseptual, perubahan tutupan permukaan akibat urbanisasi diketahui memengaruhi karakteristik hidrologi wilayah perkotaan, khususnya melalui peningkatan limpasan permukaan dan perubahan dinamika aliran permukaan (Paul & Meyer, 2001; Shuster et al., 2005).

Data Badan Penanggulangan Bencana Daerah (BPBD) Kota Balikpapan menunjukkan bahwa jumlah kejadian banjir meningkat dari 6 kejadian pada tahun 2023 menjadi 25 kejadian pada tahun 2024 atau mengalami peningkatan sebesar 316,67 persen (BPBD Kota Balikpapan, 2025). Kondisi tersebut mengindikasikan adanya tekanan lingkungan yang semakin besar seiring dengan perubahan penggunaan lahan di wilayah perkotaan.

Salah satu wilayah yang terdampak signifikan oleh dinamika tersebut adalah Daerah Aliran Sungai (DAS) Klandasan Besar. DAS ini membelah pusat Kota Balikpapan dan melintasi Kecamatan Balikpapan Utara, Tengah, dan Barat, sehingga memiliki peran penting dalam sistem aliran permukaan perkotaan. Letaknya yang berada pada kawasan dengan intensitas aktivitas perkotaan yang tinggi menjadikan DAS Klandasan Besar sangat sensitif terhadap perubahan tata guna lahan, khususnya alih fungsi kawasan resapan menjadi area terbangun. BPBD Kota Balikpapan (2022) mencatat bahwa sejumlah kelurahan di wilayah DAS Klandasan Besar, seperti Damai Bahagia, Sumber Rejo, dan Gunung Samarinda, secara berulang mengalami genangan saat terjadi hujan dengan intensitas sedang hingga tinggi.

Kejadian genangan yang berulang di DAS Klandasan Besar mengindikasikan adanya ketidakseimbangan antara perkembangan wilayah perkotaan dan daya dukung lingkungan. Dalam konteks pengelolaan lingkungan perkotaan, pemahaman terhadap perubahan tata guna lahan menjadi aspek penting untuk mengidentifikasi tekanan lingkungan yang terjadi pada wilayah DAS perkotaan. Analisis perubahan tata guna lahan memberikan gambaran mengenai kecenderungan perkembangan wilayah yang berpengaruh terhadap dinamika aliran permukaan secara umum.

Oleh karena itu, penelitian ini difokuskan pada analisis perubahan tata guna lahan di Kota Balikpapan sebagai kota penyangga IKN serta pengaruhnya terhadap

respon sistem aliran permukaan di DAS Klandasan Besar. Kajian ini diharapkan dapat memberikan pemahaman yang lebih komprehensif mengenai keterkaitan antara dinamika pemanfaatan ruang dan kondisi lingkungan DAS perkotaan sebagai dasar pertimbangan dalam pengelolaan wilayah yang berkelanjutan.

METODE

Penelitian ini menggunakan pendekatan analisis spasial dan hidrologi serta hidrolik untuk mengkaji hubungan antara perubahan tutupan lahan dan respon sistem aliran permukaan di DAS Klandasan Besar. Rangkaian metode disusun secara sistematis agar keterkaitan antara data masukan, tahapan analisis, dan hasil yang diperoleh dapat dijelaskan secara logis dan terukur.

Tahap awal penelitian dilakukan melalui studi literatur untuk memperoleh dasar konseptual mengenai pengaruh perubahan tutupan lahan terhadap respon hidrologis DAS perkotaan. Kajian literatur difokuskan pada konsep hidrologi perkotaan yang menjelaskan peran permukaan lahan, khususnya peningkatan area kedap air, dalam mengendalikan limpasan permukaan dan dinamika aliran (Paul & Meyer, 2001; Shuster et al., 2005).

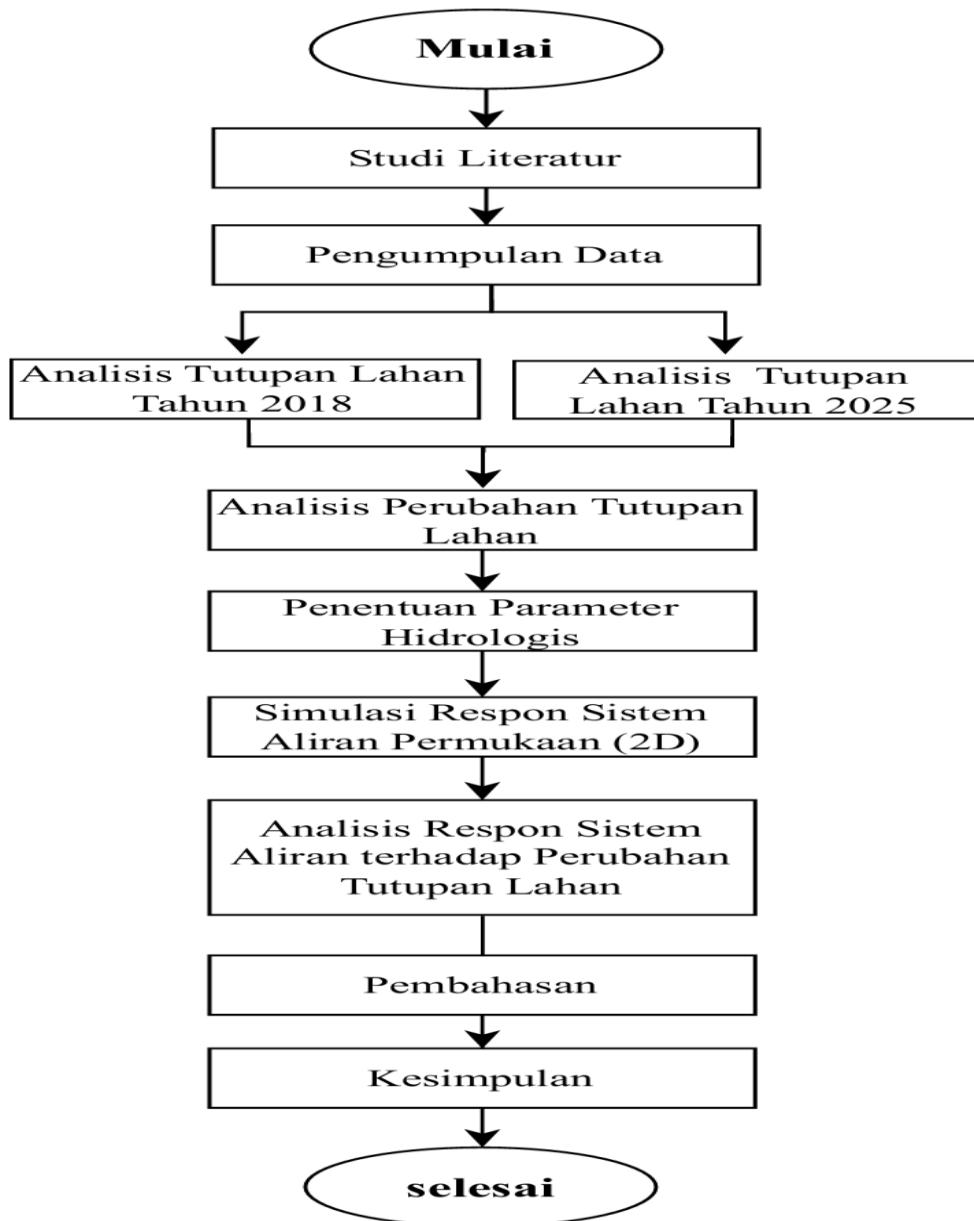
Pengumpulan data selanjutnya mencakup data spasial dan hidrologis. Data spasial terdiri atas citra satelit resolusi tinggi tahun 2025 serta data tutupan lahan tahun 2018 yang bersumber dari dokumen perencanaan daerah. Data hidrologis berupa curah hujan historis digunakan untuk merepresentasikan kondisi hujan aktual yang terjadi di wilayah studi. Selain itu, digunakan data pendukung berupa batas DAS dan topografi untuk menunjang analisis spasial dan hidrologi.

Analisis tutupan lahan dilakukan secara terpisah untuk tahun 2018 dan 2025 guna menghasilkan peta tutupan lahan pada masing-masing periode. Kedua peta tersebut kemudian dibandingkan untuk mengidentifikasi perubahan antar kelas tutupan lahan serta kecenderungan perubahan spasial yang terjadi di DAS Klandasan Besar.

Berdasarkan hasil analisis perubahan tutupan lahan, dilakukan penentuan parameter hidrologis permukaan yang merepresentasikan karakteristik respon DAS terhadap hujan. Penentuan parameter ini didasarkan pada prinsip bahwa kondisi permukaan lahan merupakan faktor utama yang memengaruhi respon hidrologis pada wilayah perkotaan (Shuster et al., 2005).

Tahap berikutnya adalah simulasi respon sistem aliran permukaan menggunakan pendekatan hidrodinamika dua dimensi (2D). Pendekatan ini memungkinkan representasi distribusi aliran permukaan secara spasial dengan mempertimbangkan variasi karakteristik permukaan lahan dan topografi yang kompleks pada wilayah perkotaan (Brunner, 2016).

Analisis respon sistem aliran permukaan dilakukan dengan membandingkan hasil simulasi pada kondisi tutupan lahan tahun 2018 dan 2025. Perbandingan ini bertujuan untuk mengidentifikasi perubahan pola dan intensitas aliran permukaan sebagai respon terhadap dinamika tutupan lahan. Hasil analisis kemudian diinterpretasikan secara deskriptif dan dirumuskan dalam pembahasan serta kesimpulan penelitian. Alur pelaksanaan penelitian secara ringkas disajikan dalam bentuk diagram alir pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Alur Penelitian.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis tutupan lahan DAS Klandasan Besar tahun 2025 dilakukan menggunakan citra satelit resolusi tinggi PlanetScope produk *Ortho Analytic Surface Reflectance*. Produk ini telah melalui koreksi radiometrik, geometrik, dan atmosfer sehingga nilai reflektansi permukaan yang dihasilkan layak digunakan untuk analisis kuantitatif tutupan lahan (Planet Labs, 2023). Dengan resolusi spasial sekitar 3–4 m, citra PlanetScope memungkinkan identifikasi detail tutupan lahan pada wilayah perkotaan secara lebih presisi.

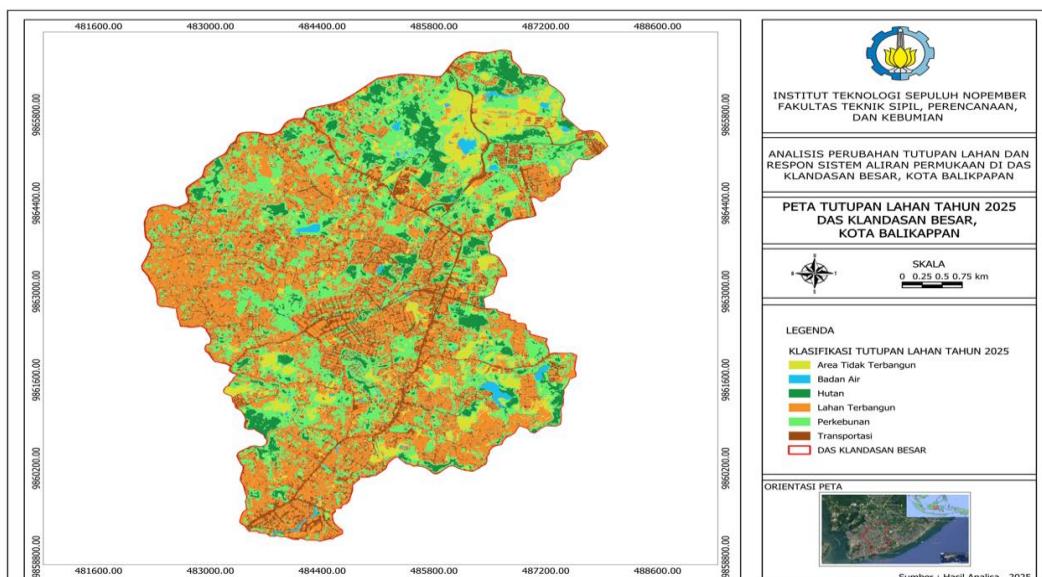


Gambar 2. Citra Tutupan Lahan (Planet Labs, 2025)

Gambar 2 menampilkan citra komposit multispektral wilayah DAS Klandasan Besar tahun 2025 sebagai data masukan utama sebelum dilakukan proses klasifikasi. Secara visual, citra menunjukkan kontras yang jelas antara area bervegetasi dan kawasan terbangun, yang mendukung proses identifikasi dan pemisahan kelas tutupan lahan pada tahap analisis selanjutnya.

Klasifikasi tutupan lahan dilakukan menggunakan metode supervised classification dengan algoritma *Maximum Likelihood Classification* (MLC), yang mempertimbangkan distribusi statistik nilai spektral tiap kelas (Lillesand et al., 2015). Hasil klasifikasi menghasilkan enam kelas tutupan lahan, yaitu lahan terbangun permukiman, area tidak terbangun, hutan, perkebunan, jaringan jalan/transportasi, dan badan air.

Dominasi kawasan terbangun dan jaringan jalan mencerminkan meningkatnya proporsi permukaan kedap air di DAS Klandasan Besar. Secara hidrologis, kondisi tersebut berpengaruh terhadap karakteristik respon aliran permukaan melalui perubahan mekanisme limpasan dan infiltrasi. Temuan ini sejalan dengan konsep hidrologi perkotaan yang menempatkan tutupan lahan sebagai faktor utama dalam membentuk respon sistem aliran permukaan pada DAS perkotaan (Paul & Meyer, 2001; Shuster et al., 2005).



Gambar 3. Hasil Pengolahan Tutupan Lahan Planet Labs (Analisa, 2025)

Gambar 3 menyajikan hasil pengolahan dan klasifikasi tutupan lahan DAS Klandasan Besar tahun 2025 berdasarkan citra satelit Planet Labs. Peta tersebut memperlihatkan sebaran spasial masing-masing kelas tutupan lahan yang menjadi dasar untuk analisis luas area pada setiap kelas yang disajikan pada Tabel 1 berikut.

Tabel 1. Hasil Tutupan Lahan Berdasarkan Citra Planet labs Tahun 2025

Keterangan	Luas Area (km ²)
Lahan Terbangun	9.172
Area Tidak Terbangun	2.483
Hutan	2.272
Perkebunan	7.957
Transportasi	4.350
Badan Air	0.384
Jumlah	26.62

Sumber : (Analisis, 2025)

Berdasarkan hasil klasifikasi citra Planet Labs tahun 2025, komposisi tutupan lahan di DAS Klandasan Besar didominasi oleh lahan terbangun dengan luas 9,172 km². Kelas tutupan lahan dengan luasan terbesar berikutnya adalah perkebunan seluas 7,957 km² dan jaringan transportasi seluas 4,350 km². Sementara itu, hutan dan area tidak terbangun masing-masing memiliki luas 2,272 km² dan 2,483 km², sedangkan badan air menempati luasan terkecil yaitu 0,384 km². Total luas wilayah DAS Klandasan Besar yang dianalisis adalah 26,62 km².

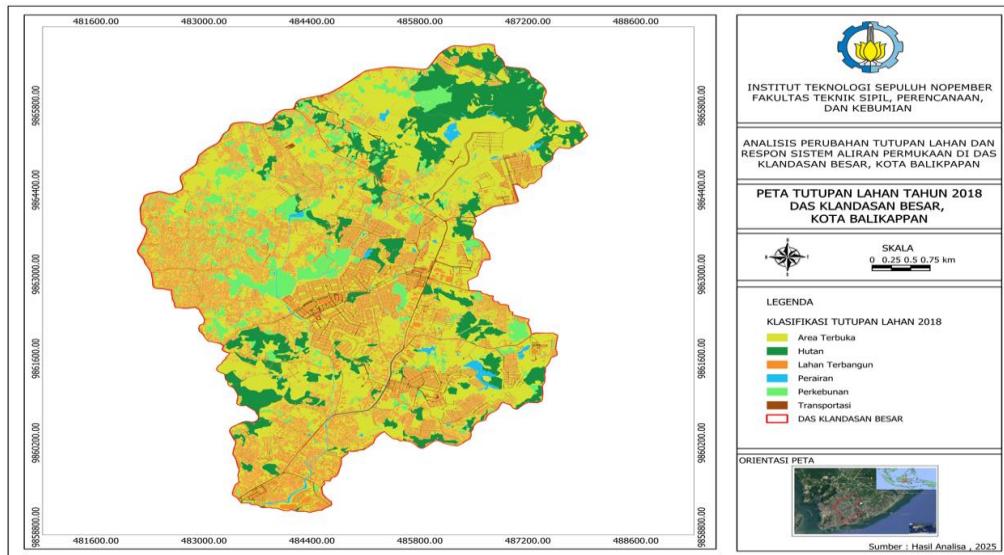
Komposisi tersebut mencerminkan intensitas pemanfaatan ruang yang tinggi pada wilayah DAS perkotaan, dengan dominasi kawasan terbangun sebagai karakteristik utama tutupan lahan. Informasi kuantitatif ini selanjutnya digunakan sebagai dasar dalam analisis perubahan tutupan lahan serta kajian respon sistem aliran permukaan pada tahap analisis selanjutnya. Untuk memastikan keandalan peta tutupan lahan, dilakukan uji akurasi menggunakan metode *random sampling* sebanyak 500 titik uji. Hasil pengujian menunjukkan nilai akurasi keseluruhan sebesar 89,6% dan koefisien Kappa 0,86, yang mengindikasikan tingkat kesesuaian sangat baik (*almost perfect agreement*) antara hasil klasifikasi dan data referensi (Landis & Koch, 1977).

Tabel 2. Hasil Uji Akurasi Tutupan Lahan DAS Klandasan Besar

Value	1	2	3	4	5	6	Total	Akurasi	Kappa
1	4	0	3	0	1	1	9	0.444	0
2	0	43	0	0	0	0	43	1	0
3	0	7	141	1	0	0	149	0.946	0
4	0	0	1	157	9	4	171	0.918	0
5	0	0	4	18	59	1	82	0.719	0
6	0	0	1	176	1	45	47	0.957	0
Total	4	50	150	176	70	51	501	0	
Akurasi	1	0.86	0.94	0.892	0.842	0.882	0	0.896	0
Kappa	0	0	0	0	0	0	0	0	0.86

Sumber : Analisis, 2025

Mengacu pada Peraturan Kepala Badan Informasi Geospasial Nomor 16 Tahun 2012, yang menetapkan ambang batas akurasi minimum sebesar 85% untuk peta penutup/penggunaan lahan, maka hasil klasifikasi dalam penelitian ini dinyatakan memenuhi kriteria kelayakan dan dapat digunakan sebagai data masukan analisis lanjutan.



Gambar 5. Peta Tutupan Lahan Tahun 2018 (Bappeda Balikpapan, 2018)

Gambar 5 menampilkan peta tutupan lahan DAS Klandasan Besar tahun 2018 yang disusun berdasarkan data Bappeda Kota Balikpapan. Peta tersebut menggambarkan distribusi spasial setiap kelas tutupan lahan yang selanjutnya digunakan sebagai dasar perhitungan luas masing-masing kelas, sebagaimana dirangkum pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Tutupan Lahan DAS Klandasan Besar 2018

Keterangan	Luas Area (km ²)
Area Tidak Terbangun	13.44
Badan Air	0.37
Hutan	3.67
Lahan Terbangun Permukiman	5.08
Perkebunan	2.13
Transportasi	1.92
Jumlah	26.62

Sumber : Analisis, 2025

Berdasarkan Tabel 3, pada tahun 2018 tutupan lahan DAS Klandasan Besar masih didominasi oleh area tidak terbangun seluas 13,44 km², diikuti oleh lahan terbangun permukiman seluas 5,08 km² dan hutan seluas 3,67 km², dengan total luas DAS sebesar 26,62 km². Komposisi ini menunjukkan bahwa pada periode tersebut kawasan non-terbangun masih memiliki proporsi yang relatif besar dalam struktur pemanfaatan ruang DAS. Untuk memahami dinamika perubahan yang terjadi, kondisi tutupan lahan tahun 2018 selanjutnya dibandingkan dengan kondisi tahun 2025 sebagaimana disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Perbandingan utupan lahan

Tutupan Lahan	Area 2018 (km ²)	Area 2025 (km ²)	Perubahan	Presentase Perubahan (Terhadap Luas DAS)	Presentase Perubahan (Per Kelas)
Area Tidak Terbangun	13.44	2.48	10.96	41%	-82%
Badan Air	0.37	0.38	-0.01	0%	3%
Hutan Lahan	3.67	2.27	1.40	5%	-38%
Terbangun Permukiman	5.08	9.17	-4.09	-15%	81%
Perkebunan	2.13	7.96	-5.83	-22%	274%
Transportasi	1.92	4.35	-2.43	-9%	127%
Jumlah	26.62	26.62			

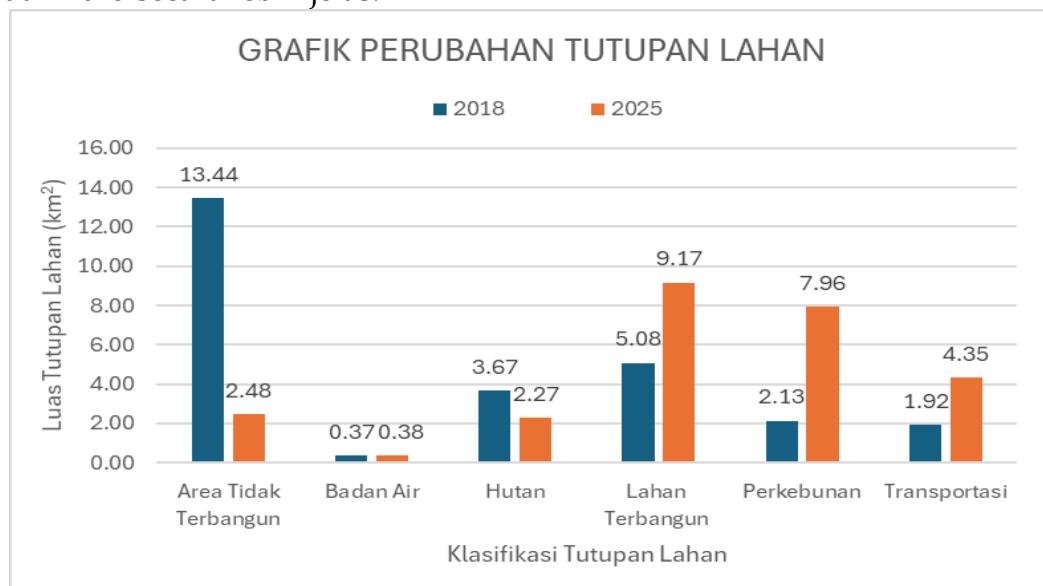
Sumber : Analisis, 2025

Berdasarkan Tabel 4, perbandingan tutupan lahan tahun 2018 dan 2025, menunjukkan terjadinya perubahan struktur pemanfaatan lahan yang signifikan di DAS Klandasan Besar. Penurunan signifikan terjadi pada klasifikasi area tidak terbangun. Luas area tidak terbangun berkurang dari 13,44 km² menjadi 2,48 km², dengan selisih 10,96 km² atau sekitar 41% dari total luas DAS. Penurunan ini menunjukkan terjadinya konversi besar-besaran lahan yang sebelumnya berfungsi sebagai area resapan alami menjadi penggunaan lahan yang lebih intensif. Sejalan dengan hal tersebut, lahan terbangun permukiman meningkat dari 5,08 km² menjadi 9,17 km², disertai dengan bertambahnya luas lahan transportasi dari 1,92 km² menjadi 4,35 km², yang mencerminkan perkembangan kawasan perkotaan dan infrastruktur. Di sisi lain, tutupan hutan mengalami penyusutan dari 3,67 km² menjadi 2,27 km², mengindikasikan berkurangnya vegetasi alami yang berperan penting dalam pengendalian limpasan. Perubahan pada kelas badan air relatif kecil dan dapat dikategorikan stabil. Meskipun luas wilayah total tidak mengalami perubahan, pergeseran antar kelas tutupan lahan ini menunjukkan meningkatnya dominasi permukaan kedap air, yang secara hidrologis berpotensi meningkatkan limpasan permukaan dan memperbesar risiko genangan atau banjir di wilayah studi.

Berdasarkan Tabel 4, perbandingan tutupan lahan tahun 2018 dan 2025, menunjukkan terjadinya perubahan struktur pemanfaatan lahan yang signifikan di DAS Klandasan Besar. Penurunan signifikan terjadi pada klasifikasi area tidak terbangun. Luas area tidak terbangun berkurang dari 13,44 km² menjadi 2,48 km², dengan selisih 10,96 km² atau sekitar 41% dari total luas DAS. Penurunan ini menunjukkan terjadinya konversi besar-besaran lahan yang sebelumnya berfungsi sebagai area resapan alami menjadi penggunaan lahan yang lebih intensif. Sejalan dengan hal tersebut, lahan terbangun permukiman meningkat dari 5,08 km² menjadi 9,17 km², disertai dengan bertambahnya luas lahan transportasi dari 1,92 km² menjadi 4,35 km², yang mencerminkan perkembangan kawasan perkotaan dan infrastruktur. Di sisi lain, tutupan hutan mengalami penyusutan dari 3,67 km² menjadi 2,27 km², mengindikasikan berkurangnya vegetasi alami yang berperan penting dalam pengendalian limpasan. Perubahan pada kelas badan air relatif kecil dan dapat

dikategorikan stabil. Meskipun luas wilayah total tidak mengalami perubahan, pergeseran antar kelas tutupan lahan ini menunjukkan meningkatnya dominasi permukaan kedap air, yang secara hidrologis berpotensi meningkatkan limpasan permukaan dan memperbesar risiko genangan atau banjir di wilayah studi.

Pola perubahan ini selanjutnya divisualisasikan pada Gambar 6, yang memperlihatkan perbedaan luas masing-masing kelas tutupan lahan antara tahun 2018 dan 2025 secara lebih jelas.



Gambar 6. Hasil Grafik perbandingan Tutupan Lahan 2018 dan 2025 (Analisa, 2025)

Perubahan komposisi tutupan lahan memengaruhi karakteristik hidrologi permukaan, terutama kapasitas infiltrasi dan besaran limpasan. Untuk merepresentasikan perubahan respon hidrologi tersebut, analisis dilanjutkan dengan penentuan parameter hidrologi menggunakan pendekatan Curve Number (CN) yang mengintegrasikan informasi tutupan lahan dan kelompok hidrologi tanah (HSG). Hasil analisis menunjukkan terdapat 24 kombinasi kelas HSG dan tutupan lahan di DAS Klandasan Besar yang disajikan pada Tabel 5.

Tabel 5. Kategori Nilai Curve Number

Jenis Tanah	HSG	LULC	Description	Kode CN	Nilai CN
HSG-C	100	1	Badan Air	101	100
		2	Hutan	102	70
		3	Perkebunan	103	82
		4	Lahan Terbangun	104	90
		5	Jalan	105	98
		6	Area Tidak Terbangun	106	79
HSG-D	200	1	Badan Air	201	100
		2	Hutan	202	77
		3	Perkebunan	203	86
		4	Lahan Terbangun	204	92
		5	Jalan	205	98
		6	Area Tidak Terbangun	206	84
HSG-C/D	300	1	Badan Air	301	100
		2	Hutan	302	77

Jenis Tanah	HSG	LULC	Description	Kode CN	Nilai CN
HSG-D/D	400	3	Perkebunan	303	86
		4	Lahan Terbangun	304	92
		5	Jalan	305	98
		6	Area Tidak Terbangun	306	84
		1	Badan Air	401	100
		2	Hutan	402	77
		3	Perkebunan	403	86
		4	Lahan Terbangun	404	92
		5	Jalan	405	98
		6	Area Tidak Terbangun	406	84

Sumber : Analisis, 2025

Simulasi respon aliran permukaan dilakukan menggunakan curah hujan historis yang merepresentasikan kejadian hujan intens di Kota Balikpapan pada tahun 2024, dengan pola distribusi temporal disusun menggunakan metode Mononobe berdurasi 6 jam. Data hujan dianalisis menggunakan HEC-HMS dengan pendekatan Soil Conservation Service Curve Number (SCS-CN) untuk mengestimasi limpasan dan debit aliran sebagai masukan pada pemodelan hidrodinamika dua dimensi (HEC-RAS 2D). Metode SCS-CN digunakan karena mampu merepresentasikan pengaruh karakteristik tutupan lahan dan kondisi tanah terhadap pembentukan limpasan permukaan secara sederhana dan luas digunakan pada analisis hidrologi DAS perkotaan (USDA-NRCS, 2004; USACE, 2021).

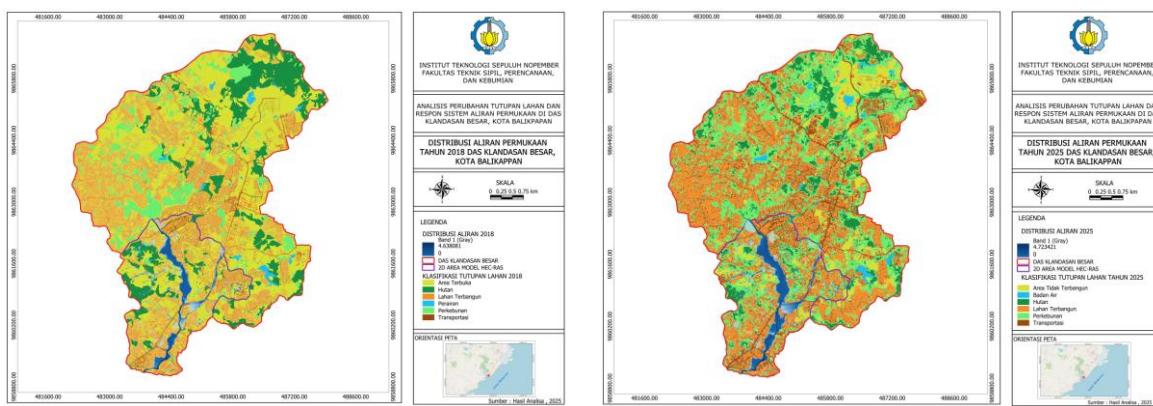
Secara sederhana, pendekatan pemodelan yang digunakan dalam penelitian ini dapat dianalogikan sebagai upaya untuk menghitung seberapa banyak air hujan yang langsung mengalir di permukaan tanah dan seberapa cepat air tersebut bergerak menuju sungai. Metode Curve Number (CN) berfungsi untuk mengaitkan jenis tutupan lahan dengan kemampuan tanah menyerap air, di mana kawasan bervegetasi memiliki kemampuan infiltrasi lebih tinggi dibandingkan kawasan terbangun atau beraspal. Dengan pendekatan ini, pembaca non-teknis dapat memahami bahwa semakin luas permukaan kedap air, maka semakin besar proporsi air hujan yang berubah menjadi aliran permukaan.

Selanjutnya, pemodelan dua dimensi (2D) digunakan untuk menggambarkan arah dan penyebaran aliran air di permukaan secara spasial, serupa dengan simulasi bagaimana air mengalir dan menggenang di berbagai bagian wilayah ketika hujan lebat terjadi. Pendekatan ini memungkinkan visualisasi area yang paling responsif terhadap hujan tanpa harus bergantung pada pengamatan kejadian banjir aktual.

Pemodelan HEC-RAS 2D dilakukan dengan skema aliran *unsteady flow* yang dikombinasikan dengan metode rain on grid untuk menggambarkan distribusi limpasan permukaan secara spasial. Pada bagian hilir diterapkan kondisi batas steady stage guna menjaga kestabilan simulasi sesuai dengan kondisi lapangan. Pendekatan ini memungkinkan analisis respon sistem aliran permukaan secara dinamis terhadap variasi hujan dan karakteristik permukaan lahan (Brunner, 2016). Kalibrasi model dilakukan untuk memastikan kesesuaian pola aliran yang dihasilkan dengan kondisi lapangan secara umum, sehingga hasil simulasi dapat merepresentasikan karakteristik aliran permukaan pada wilayah kajian.

Simulasi model dilakukan secara bertahap, dimulai dari penentuan parameter hidrologi berdasarkan kondisi tutupan lahan dan jenis tanah, kemudian dilanjutkan dengan pemodelan aliran permukaan menggunakan curah hujan representatif. Proses kalibrasi dilakukan untuk memastikan bahwa pola aliran yang dihasilkan tidak bertentangan dengan kondisi topografi, jaringan sungai, dan karakteristik limpasan yang umum terjadi di wilayah studi. Meskipun penelitian ini tidak menggunakan data pengamatan banjir secara langsung, kesesuaian spasial antara hasil simulasi dan karakteristik fisik DAS memberikan indikasi bahwa model mampu merepresentasikan respon aliran permukaan secara realistik.

Validitas model dalam konteks penelitian ini terletak pada kemampuannya menangkap perbedaan respon aliran antara dua periode tutupan lahan yang berbeda. Oleh karena itu, hasil simulasi tidak dimaksudkan sebagai prediksi kejadian banjir spesifik, melainkan sebagai alat analisis untuk memahami kecenderungan perubahan sistem aliran permukaan akibat dinamika pemanfaatan ruang. Informasi ini relevan sebagai dasar pengambilan keputusan dalam pengelolaan DAS dan perencanaan wilayah perkotaan.



Hasil analisis menunjukkan bahwa perubahan tutupan lahan di DAS Klandasan Besar diikuti oleh perubahan pola dan respon sistem aliran permukaan antara tahun 2018 dan 2025. Pada kondisi tahun 2018, distribusi aliran permukaan cenderung menyebar, khususnya pada wilayah yang masih didominasi oleh tutupan lahan bervegetasi seperti hutan dan perkebunan. Pada periode ini, konsentrasi aliran permukaan umumnya berkembang di sepanjang alur sungai utama dan area dengan elevasi relatif lebih rendah, yang mencerminkan pengaruh topografi terhadap arah dan akumulasi aliran. Keberadaan tutupan lahan bervegetasi berperan dalam meningkatkan infiltrasi dan memperlambat pergerakan aliran permukaan, sehingga respon aliran belum terkonsentrasi secara kuat pada jalur tertentu.

Pada tahun 2025, pola respon aliran permukaan menunjukkan perubahan yang lebih jelas dan terarah. Area dengan dominasi lahan terbangun dan jaringan transportasi memperlihatkan intensitas aliran permukaan yang lebih tinggi serta keterhubungan antar area aliran yang semakin kuat. Peningkatan proporsi permukaan kedap air menyebabkan air hujan lebih cepat terkonversi menjadi aliran permukaan dan lebih efisien dialirkan menuju jalur aliran utama. Kondisi ini

menunjukkan bahwa sistem aliran permukaan menjadi lebih responsif terhadap kejadian hujan dibandingkan kondisi tahun 2018.

Perbandingan luas respon aliran permukaan antara kedua periode, sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 8, memperlihatkan peningkatan luasan dari sekitar 215,80 ha pada tahun 2018 menjadi 230,91 ha pada tahun 2025. Peningkatan ini mencerminkan pengaruh kumulatif perubahan tutupan lahan terhadap distribusi spasial aliran permukaan pada skala DAS. Meskipun tidak menunjukkan perubahan pada satu titik secara langsung, pergeseran komposisi tutupan lahan secara keseluruhan berkontribusi terhadap meluasnya area yang mengalami respon aliran permukaan.



Gambar 8. Perbandingan Luas Area Hasil Simulasi pada Tahun 2018 dan 2025
(Analisa, 2025)

Secara keseluruhan, hasil ini menegaskan bahwa perubahan tutupan lahan bervegetasi menuju kawasan terbangun mengurangi kapasitas infiltrasi alami dan memperkuat peran aliran permukaan sebagai mekanisme utama dalam merespons hujan. Temuan ini sejalan dengan pemahaman hidrologi perkotaan yang menyatakan bahwa peningkatan permukaan kedap air akibat urbanisasi merupakan faktor penting dalam membentuk pola dan respon aliran permukaan di wilayah perkotaan (Booth & Jackson, 1997; Schueler, 1994; Shuster et al., 2005). Dalam konteks DAS Klandasan Besar, dinamika pemanfaatan ruang hingga tahun 2025 telah membentuk sistem aliran permukaan yang lebih terarah dan terkonsentrasi secara spasial.

Selain berdampak secara fisik terhadap sistem hidrologi, perubahan tutupan lahan dan peningkatan respon aliran permukaan di DAS Klandasan Besar juga memiliki implikasi sosial dan ekonomi bagi masyarakat perkotaan. Meningkatnya limpasan permukaan berpotensi memperbesar frekuensi dan luas genangan, terutama pada kawasan permukiman padat dan koridor transportasi utama. Kondisi tersebut dapat menimbulkan kerugian finansial akibat kerusakan infrastruktur, gangguan aktivitas ekonomi, serta meningkatnya biaya pemeliharaan sistem drainase perkotaan.

Dari sisi sosial, genangan dan banjir berulang berpotensi menurunkan kualitas hidup masyarakat, baik melalui gangguan mobilitas, risiko kesehatan lingkungan, maupun penurunan kenyamanan hunian. Masyarakat yang bermukim di daerah hilir DAS atau pada zona dataran rendah cenderung menjadi kelompok yang paling rentan terhadap dampak tersebut. Oleh karena itu, perubahan respon aliran permukaan yang teridentifikasi dalam penelitian ini tidak hanya relevan secara teknis, tetapi juga berkaitan erat dengan aspek kesejahteraan dan ketahanan sosial perkotaan.

KESIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa perubahan tutupan lahan di DAS Klandasan Besar selama periode 2018–2025 telah memengaruhi karakteristik respon sistem aliran permukaan secara spasial. Penurunan signifikan area tidak terbangun dan bervegetasi, disertai peningkatan kawasan terbangun dan jaringan transportasi, mengubah keseimbangan proses hidrologi permukaan pada skala DAS.

Pemodelan hidrodinamika dua dimensi menunjukkan bahwa perubahan tutupan lahan tidak menimbulkan dampak yang bersifat lokal dan langsung, tetapi berpengaruh secara kumulatif dalam membentuk pola, intensitas, dan luasan distribusi aliran permukaan. Dibandingkan kondisi tahun 2018, respon aliran permukaan pada tahun 2025 memperlihatkan keterhubungan antar area aliran yang lebih kuat serta kecenderungan aliran yang lebih terarah menuju jalur aliran utama. Kondisi ini tercermin dari meningkatnya luasan area yang mengalami respon aliran permukaan, dari sekitar 215,80 ha pada tahun 2018 menjadi 230,91 ha pada tahun 2025.

Hasil ini menegaskan bahwa dinamika pemanfaatan ruang di wilayah perkotaan berperan penting dalam mengendalikan respon sistem aliran permukaan, khususnya melalui perubahan komposisi tutupan lahan yang memengaruhi kapasitas infiltrasi dan mekanisme pembentukan limpasan. Temuan penelitian ini memberikan gambaran spasial mengenai hubungan antara perubahan tutupan lahan dan respon hidrologi permukaan pada DAS perkotaan sebagai dasar pemahaman awal dalam pengelolaan wilayah yang lebih berkelanjutan.

Berdasarkan hasil analisis perubahan tutupan lahan dan respon aliran permukaan, penelitian ini merekomendasikan perlunya pengendalian pemanfaatan ruang pada DAS Klandasan Besar melalui kebijakan yang berorientasi pada mitigasi banjir dan keberlanjutan lingkungan. Penerapan konsep green infrastructure, seperti taman resapan, biopori, dan permukaan berpori pada kawasan terbangun, dapat menjadi alternatif untuk meningkatkan infiltrasi dan mengurangi limpasan permukaan.

Selain itu, perencanaan dan perlindungan ruang terbuka hijau perlu diprioritaskan, terutama pada zona hulu dan sepanjang koridor alur sungai, sebagai bagian dari strategi pengelolaan DAS terpadu. Pengembangan infrastruktur resapan air yang terintegrasi dengan sistem drainase perkotaan juga dapat membantu menurunkan beban aliran permukaan saat kejadian hujan intens. Dengan demikian, hasil penelitian ini dapat berfungsi sebagai dasar ilmiah dalam perumusan kebijakan pengelolaan lahan dan mitigasi banjir yang adaptif terhadap dinamika pembangunan perkotaan.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB). (2024). *Data Informasi Bencana Indonesia Tahun 2024*. Jakarta: BNPB. <https://dibi.bnbp.go.id>
- Badan Penanggulangan Bencana Daerah Kota Balikpapan. (2022). *Dokumen Kajian Risiko Bencana Kota Balikpapan*. Balikpapan: BPBD Kota Balikpapan.
- Badan Penanggulangan Bencana Daerah Kota Balikpapan. (2025). *Laporan Kejadian Banjir Kota Balikpapan Tahun 2024*. Balikpapan: BPBD Kota Balikpapan.
- Bappeda Kota Balikpapan. (2022).
- Brunner, G. W. (2016). *HEC-RAS River Analysis System: User's Manual Version 5.0*. Hydrologic Engineering Center, U.S. Army Corps of Engineers, Davis, CA. <https://www.hec.usace.army.mil/software/hec-ras/>
- Brunner, G. W. (2016). *HEC-RAS River Analysis System: User's Manual Version 5.0*. Hydrologic Engineering Center, U.S. Army Corps of Engineers. <https://www.hec.usace.army.mil/software/hec-ras/>
- Lillesand, T. M., Kiefer, R. W., & Chipman, J. W. (2015). *Remote Sensing and Image Interpretation* (7th ed.). John Wiley & Sons.
- Paul, M. J., & Meyer, J. L. (2001). Streams in the urban landscape. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 32, 333–365. <https://doi.org/10.1146/annurev.ecolsys.32.081501.114040>
- Planet Labs. (2023). *Planet Imagery Product Specifications*. Planet Labs PBC. <https://developers.planet.com/docs/data/planetscope/>
- Rencana Pembangunan Jangka Menengah Daerah (RPJMD) Kota Balikpapan Tahun 2021–2026. Balikpapan: Pemerintah Kota Balikpapan.
- Shuster, W. D., Bonta, J., Thurston, H., Warnemuende, E., & Smith, D. R. (2005). Impacts of impervious surface on watershed hydrology: A review. *Urban Water Journal*, 2(4), 263–275. <https://doi.org/10.1080/15730620500386529>.
- U.S. Army Corps of Engineers. (2021). *HEC-HMS Hydrologic Modeling System: User's Manual Version 4.9*. Hydrologic Engineering Center, U.S. Army Corps of Engineers, Davis, CA. <https://www.hec.usace.army.mil/software/hec-hms/>
- United States Department of Agriculture, Natural Resources Conservation Service. (2004). *National Engineering Handbook: Part 630 – Hydrology*. Washington, DC.