

Analisis Perubahan Penggunaan Lahan Dan Tren Pertambahan Penduduk Terhadap Debit Maksimum di DAS Plumbon Kota Semarang

Prayitno^{1*}, Dewi Liesnoor Setyowati¹, Hariyanto¹, Fahrudin Hanafi¹

¹Program Studi Geografi, Fakultas Ilmu Sosial dan Ilmu Politik, Universitas Negeri Semarang, Kampus Sekaran Gedung C1 Lantai 2 Gunungpati, Semarang 50229, Indonesia

***E-mail:** prayitno.19@students.unnes.ac.id

Received: 22 04 2024 / *Accepted:* 17 07 2024 / *Published online:* 18 07 2024

ABSTRAK

Pertambahan penduduk menyebabkan perubahan penggunaan lahan, yang dari vegetasi menjadi area terbangun, memengaruhi debit maksimum di Daerah Aliran Sungai (DAS) seperti DAS Plumbon. Penelitian ini bertujuan untuk (1) menganalisis perubahan penggunaan lahan di DAS Plumbon pada tahun 2010-2022, (2) menganalisis debit maksimum di DAS Plumbon pada tahun 2010 dan 2022, (3) pengaruh tren pertambahan penduduk terhadap perubahan penggunaan lahan dan debit maksimum di DAS Plumbon. Pendekatan spasial digunakan untuk mengetahui perubahan penggunaan 2010-2022 dan sebaran debit maksimum di wilayah DAS Plumbon pada tahun 2010 dan 2022. Teknik analisis dengan pendekatan spasial menggunakan metode Rasional untuk menghitung debit maksimum, metode Cook untuk menghitung koefisien aliran, dan rumus Mononobe untuk menghitung intensitas hujan. Hasil penelitian menunjukkan telah terjadi perubahan penggunaan lahan di DAS Plumbon, di mana area permukiman bertambah 133,85 ha sementara hutan berkurang 313,73 ha. Rerata debit maksimum DAS Plumbon menurun dari 46,48 m³/detik pada 2010 menjadi 40,67 m³/detik pada 2022. Penurunan debit maksimum disebabkan karena penurunan intensitas hujan. Pertambahan penduduk mengubah lahan non-terbangun menjadi terbangun, meningkatkan nilai rerata koefisien aliran permukaan (C) dari 0,58 pada 2010 menjadi 0,60 pada 2022. Nilai C dan intensitas hujan tinggi dapat menyebabkan debit maksimum tinggi, dan jika sungai tidak mampu menampungnya, banjir dapat terjadi. Rekomendasi dalam penelitian ini perlu pengawasan dan pengendalian kawasan terbangun di Kecamatan Mijen dan Kecamatan Ngaliyan serta perencanaan tata ruang berkelanjutan berbasis kelingkungan dan perlu dilakukan normalisasi sungai secara berkala.

Kata Kunci: Perubahan Penggunaan Lahan, Pertambahan Penduduk, Debit Maksimum, Koefisien Aliran Permukaan, DAS Plumbon

ABSTRACT

Population increase causes changes in land use, from vegetation to built-up areas, affecting the maximum discharge in watersheds (DAS) such as the Plumbon Watershed. This study aims to (1) analyze land use changes in the Plumbon Watershed from 2010-2022, (2) analyze the maximum discharge in the Plumbon Watershed in 2010 and 2022, (3) the effect of population increase trends on land use changes and maximum discharge in the Plumbon Watershed. A spatial approach is used to determine land use changes from 2010-2022 and the distribution of maximum discharge in the Plumbon Watershed area in 2010 and 2022. The analysis technique with a spatial approach uses the Rational method to calculate maximum discharge, the Cook method to calculate runoff coefficients, and the Mononobe formula to calculate rainfall intensity. The results show that land use changes have occurred in the Plumbon Watershed, where residential areas have increased by 133.85 ha while forests have decreased by 313.73 ha. The average maximum discharge of the Plumbon Watershed decreased from 46.48 m³/second in 2010 to 40.67

m³/second in 2022. The decrease in maximum discharge was caused by a decrease in rainfall intensity. Population increase has converted non-built-up land into built-up land, increasing the average surface runoff coefficient (C) from 0.58 in 2010 to 0.60 in 2022. High C values and high rainfall intensity can cause high maximum discharge, and if the river cannot accommodate it, flooding may occur. The recommendations of this study are the need for monitoring and control of built-up areas in Mijen and Ngaliyan Districts, as well as sustainable environmental-based spatial planning, and the need for periodic river normalization.

Keywords: *Land Use Change, Population Increase, Maximum Discharge, Surface Flow Coefficient, Plumbon Watershed*

PENDAHULUAN

Konsekuensi keruangan yang diakibatkan pertambahan jumlah penduduk adalah meningkatnya ruang untuk mengakomodasi struktur fisik dalam menunjang berbagai kegiatan penduduk (Hoirisky et al., 2018). Kenaikan jumlah penduduk menyebabkan pertumbuhan kebutuhan akan lahan. Dengan semakin banyaknya penduduk, permintaan terhadap lahan juga meningkat, dan hal ini mengakibatkan perubahan dalam penggunaan lahan (Abdillah & Susetyo, 2023).

Perubahan penggunaan lahan mengacu pada transformasi dari satu jenis penggunaan lahan ke jenis penggunaan lainnya (Lee-Gammage, 2018). Konsep perubahan ini lebih kompleks karena melibatkan pergeseran luas area dari satu jenis penggunaan lahan ke jenis lainnya, serta perubahan fungsi lahan dalam periode waktu tertentu yang dipengaruhi oleh kebutuhan manusia (Andini et al., 2024). Secara umum, perubahan penggunaan lahan disebabkan oleh kombinasi berbagai faktor dalam kondisi tertentu. Gaveau et al. (2009) mengemukakan bahwa penyebab perubahan penggunaan lahan dapat dikategorikan menjadi dua, yaitu penyebab dasar dan penyebab langsung. Penyebab dasar adalah proses yang mendasar berupa dinamika populasi penduduk dan kebijakan keruangan, sedangkan penyebab langsung merupakan aktivitas manusia secara langsung yang memengaruhi penggunaan lahan (Juniyanti et al., 2020).

Menurut Wahyuni (2014) sebagaimana dikutip Arfidianingrum et al (2022), perubahan penggunaan lahan berpotensi menyebabkan perubahan dalam proses biogeokimia, hidrologi, dan keanekaragaman hayati di permukaan bumi. Perubahan penggunaan lahan yang terus meningkat dan tidak terkendali akan berdampak signifikan pada kondisi DAS (Setyowati & Sugiyanto, 2013).

Perubahan penggunaan lahan di daerah aliran sungai akan mengakibatkan peningkatan aliran permukaan, aliran puncak dan volume debit (Robo et al., 2019). Perubahan tersebut mengurangi kemampuan tanah untuk menginfiltirasi air sehingga aliran permukaan tinggi mengarah ke sungai dan menaikkan debit maksimum (Mardeni, 2021). Jika kapasitas sungai tidak cukup, risiko banjir di hilir DAS meningkat (Septian et al., 2020). Bukti dari situasi ini terlihat telah terjadi banjir hampir setiap tahunnya pada saat musim penghujan di daerah DAS Plumbon (BPBD Kota Semarang, 2023).

Penelitian mengenai perubahan penggunaan lahan terhadap debit maksimum telah banyak dilakukan sebelumnya (Gessesse et al., 2021; Giarkenang et al., 2018; Hu & Shrestha, 2020). Sebagian besar berfokus pada perubahan penggunaan lahannya saja namun masih sangat sedikit penelitian yang membahas mengenai analisis tren pertambahan penduduk terhadap debit maksimum di suatu DAS kecil.

Urgensi penelitian ini terletak pada kebutuhan untuk memahami dan

memprediksi bagaimana kombinasi perubahan penggunaan lahan dan penambahan penduduk mempengaruhi debit maksimum di DAS Plumbon. Tujuan penelitian yaitu: (1) menganalisis perubahan penggunaan lahan di DAS Plumbon pada tahun 2010-2022, (2) menganalisis debit maksimum di DAS Plumbon pada tahun 2010 dan 2022, dan (3) pengaruh tren penambahan penduduk terhadap penggunaan lahan dan debit maksimum di DAS Plumbon dari 2010-2022.

METODE PENELITIAN

Waktu dan Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan selama musim pancaroba, yaitu dari bulan September hingga Desember 2023. Lokasi penelitian terletak di DAS Plumbon, yang berada di Kota Semarang dan Kabupaten Kendal. Wilayah DAS Plumbon berbatasan dengan Laut Jawa di bagian utara; Kecamatan Tugu, Kecamatan Ngaliyan, dan Kecamatan Mijen di bagian timur; Kecamatan Mijen di bagian selatan; serta Kecamatan Kaliwungu di bagian barat.

Secara astronomis, DAS Plumbon terletak di antara $110^{\circ}16'19.74''$ - $110^{\circ}19'36.38''$ Bujur Timur dan $6^{\circ}56'16.76''$ - $7^{\circ}4'30.47''$ Lintang Selatan. DAS Plumbon memiliki luas sebesar 3665,64 hektar atau 36,64 kilometer persegi dengan panjang sungai utama mencapai 20,893 km (DPU Kota Semarang, 2023). DAS Plumbon memiliki bentuk DAS memanjang yang arah alirannya dari selatan ke utara. Bentuk DAS yang demikian mengakibatkan aliran air dari hulu ke hilir lebih cepat. Berdasarkan pengamatan Peta Rupa Bumi Indonesia keluaran Badan Informasi Geospasial (BIG) skala 1:25.000 Kota Semarang dan Kabupaten Kendal serta survei lapangan pola alirannya tampak didominasi dendritik di bagian tengah-hulu DAS dan sebagian tampak

rektangular di bagian hilir DAS. Peta lokasi penelitian disajikan pada Gambar 1.

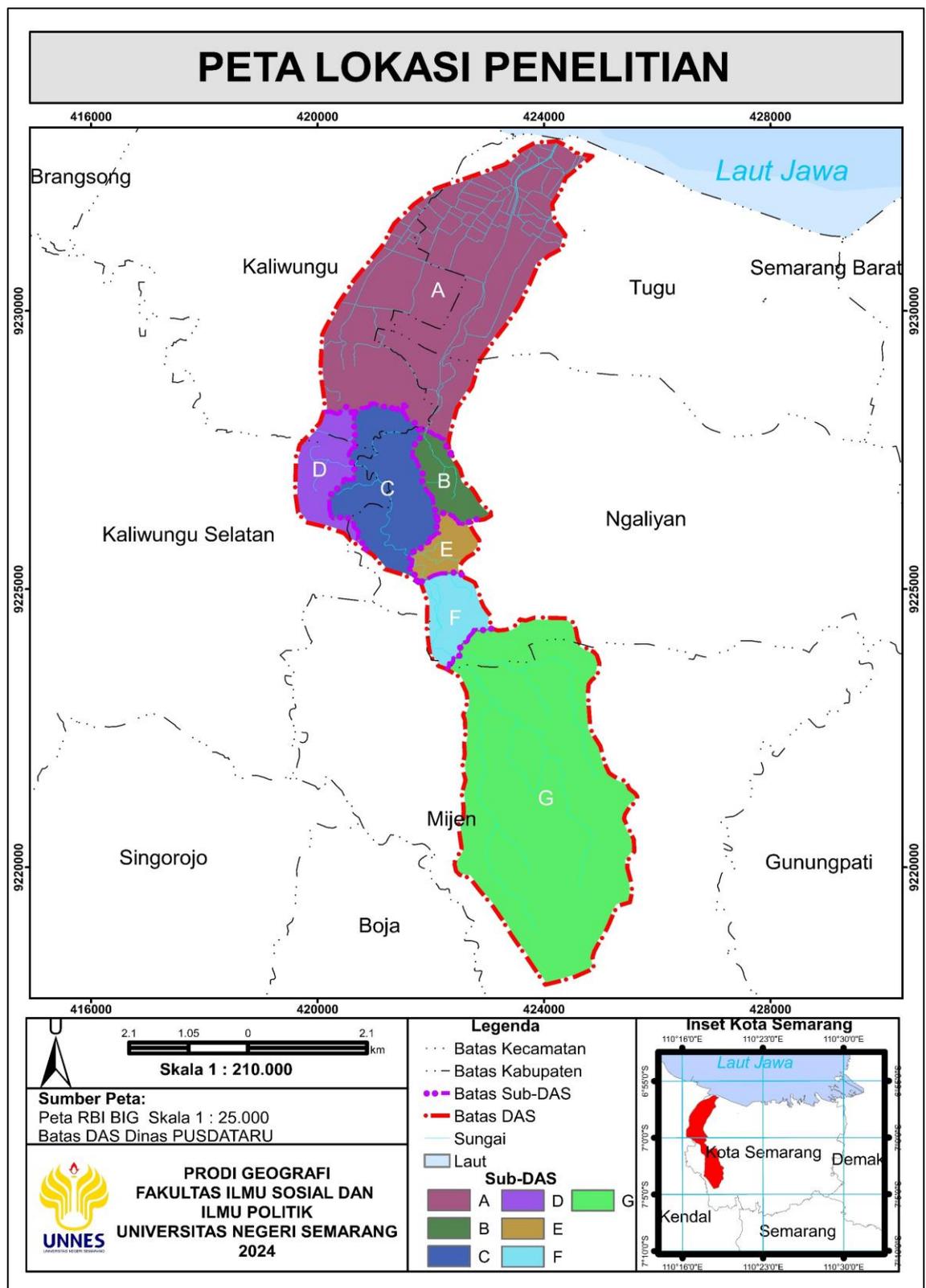
Alat dan Bahan

Set alat yang digunakan dalam penelitian ini meliputi meteran, yalon atau tongkat, penggaris, palu, jeriken, double ring infiltrometer, dan perangkat lunak ArcMap 10.8. Meteran digunakan untuk mengukur profil penampang basah sungai. Yalon atau tongkat berfungsi titik pengukuran untuk membagi panjang penampang sungai. Penggaris, palu, jeriken, dan *double ring infiltrometer* digunakan untuk pengukuran laju infiltrasi tanah di lapangan. ArcMap 10.8 berfungsi sebagai pengolahan analisis spasial penggunaan lahan dan debit maksimum.

Penelitian ini memanfaatkan berbagai data yaitu: Citra Google Earth dari Google Earth Pro (tahun 2010) dan SAS Planet (tahun 2022), data curah hujan maksimum harian Pos Hujan Plumbon tahun 2010 dan 2022 dari Dinas PUSDATARU Provinsi Jawa Tengah, data hasil pengukuran laju infiltrasi tanah di lapangan diperoleh menggunakan *double ring infiltrometer*, Peta Geomorfologi Skala 1 : 100.000 Lembar Semarang dan Magelang dari Badan Geologi, DEM Nasional dari BIG, Data jaringan sungai DAS Plumbon dari Dinas PUSDATARU Provinsi Jawa Tengah, dan data jumlah penduduk desa/kelurahan yang berada di DAS Plumbon tahun 2010 dan 2022 dari BPS Kota Semarang dan BPS Kabupaten Kendal.

Jenis Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian kuantitatif dengan pendekatan spasial. Pendekatan spasial melibatkan analisis data spasial, seperti perubahan penggunaan lahan, koefisien aliran permukaan, estimasi jumlah penduduk, dan debit maksimum tahun 2010 dan 2022.



Gambar 1. Lokasi Penelitian

Unit analisis yang diterapkan adalah per sub-DAS di DAS Plumbon. Survei lapangan dilaksanakan untuk memvalidasi hasil perhitungan debit maksimum dan mengumpulkan data laju infiltrasi serta uji akurasi penggunaan lahan.

Metode Pengumpulan Data

Dalam penelitian ini, data dikumpulkan melalui metode wawancara, observasi, dan dokumentasi (Tabel 1).

Tabel 1. Metode Pengumpulan Data

No	Metode	Keperluan Data
1	Wawancara	Uji akurasi penggunaan lahan
2	Observasi	Titik sampel laju infiltrasi di setiap bentuk lahan dan outlet sungai setiap sub-DAS untuk pengukuran debit sungai Metode Manning
3	Dokumentasi	Jumlah penduduk, intensitas hujan, dan dokumentasi penelitian

Wawancara dilaksanakan kepada masyarakat di sekitar titik sampel untuk uji akurasi penggunaan lahan yang dianggap tidak benar. Observasi dilakukan pada titik sampel laju infiltrasi di setiap bentuk lahan yang didapatkan dari Peta Geomorfologi Skala 1:100.000 Lembar Semarang dan Magelang dari Badan Geologi. Penentuan titik sampel didasarkan pada penggunaan lahan yang dominan di setiap bentuk lahan, namun tidak dilakukan pengukuran di bentuk lahan dataran pantai karena merupakan wilayah rawa di mana laju infiltrasinya diabaikan atau diasumsikan 0 yang artinya lambat. Laju infiltrasi tanah diukur menggunakan set alat *double ring infiltrometer*, penggaris, jeriken berisi air, dan palu. Selain itu, observasi dilakukan pada outlet sungai masing-masing sub-DAS dengan cara mengukur penampang basah dan mencatat kekasaran Manning. Penampang basah diukur dengan meteran,

yalon/tongkat. Dokumentasi dilakukan dengan cara memotret hasil wawancara dan observasi di lapangan. Selain itu, dokumentasi juga dilakukan dengan cara studi dokumen untuk mendapatkan data jumlah penduduk dan intensitas hujan.

Metode Analisis Data

Metode analisis yang diaplikasikan dalam penelitian ini meliputi analisis deskriptif kuantitatif, analisis spasial, dan analisis hidrologi. Analisis deskriptif kuantitatif diaplikasikan untuk mendeskripsikan dan menganalisis data spasial seperti perubahan penggunaan lahan, koefisien C (aliran permukaan), debit maksimum setiap sub-DAS, dan pengaruh tren jumlah penduduk terhadap penggunaan lahan dan debit maksimum. Data-data kuantitatif ini kemudian diinterpretasikan secara deskriptif.

Analisis spasial digunakan untuk interpretasi citra Google Earth dengan menggunakan teknik interpretasi visual. Interpretasi visual diterapkan pada citra Google Earth tahun 2010 dan 2022 yang telah dilakukan pengolahan citra meliputi koreksi geometrik, penajaman citra, dan penghilangan awan pada citra. Interpretasi visual dilakukan dengan mendigitasi penggunaan lahan pada kedua citra dan mengklasifikasikan penggunaan lahan berdasarkan klasifikasi menurut National *Landuse Database* dan beberapa modifikasi. Hasil digitasi dilakukan pengecekan kesalahan topologi untuk menghindari data *shapefile* yang bertumpukan dan tidak bertampalan. Selanjutnya, uji akurasi dilakukan untuk memastikan keakuratan hasil digitasi kedua citra dengan menggunakan metode *Confusion Matrix*.

Analisis spasial juga digunakan untuk perhitungan koefisien aliran dengan metode Cook. Metode ini memberikan skor setiap peta parameter berdasarkan karakteristik DAS yang disajikan Tabel 2.

Tabel 2. Koefisien C (Aliran Permukaan) Menurut Metode Cook

Ciri-Ciri DAS	Ciri-ciri yang menyebabkan aliran			
	100 (sangat tinggi)	75 (tinggi)	50 (normal)	25 (rendah)
Relief	Berbukit curam bergunung (> 30%)	Berbukit (10 - 30%)	Bergelombang (5 - 10%)	Datar (0 -5%)
Infiltrasi tanah	(40) Lambat (0 – 15 mm/jam)	(30) Sedang (15 – 28 mm/jam)	(20) Cepat (28 - 53 mm/jam)	(10) Sangat Cepat (> 53 mm/jam)
Penggunaan Lahan	(20) Lahan terbuka dan lahan terbangun	(15) Semak/belukar sawah	(10) Perkebunan, hutan kurang rapat	(5) Hutan rapat
Kerapatan drainase	(20) Ekstrem (> 5 mil ² /mil)	(15) Bagus (5 - 2 mil ² /mil)	(10) Normal (2 - 1 mil ² /mil)	(5) Buruk (< 1 mil ² /mil)

Sumber: Febryanto & Farda (2016); Nganro, et al (2019); Modifikasi (2023)

Parameter tersebut berupa peta kemudian dilakukan analisis tumpang susun keempat peta dengan peta sub-DAS. Peta sub-DAS didapatkan dari analisis *Watershed* di ArcMap 10.8 yang terbagi menjadi 7 sub-DAS yaitu: A, B, C, D, E, F, F, dan G. Kemudian menghasilkan satuan lahan dan dihitung luas serta total skor. Penentuan besarnya koefisien aliran per satuan lahan disajikan pada Persamaan 1 (Indriatmoko Haryoto & Wibowo Ery, 2018).

$$C_i = (N_i / A) \times T_i \quad (1)$$

Keterangan:

C_i = Koefisien aliran satuan lahan i

N_i = Luas satuan lahan i (ha)

A = Luas Total Sub DAS (ha)

T_i = Total skor satuan lahan i

Selain itu analisis spasial digunakan untuk perhitungan estimasi jumlah penduduk setiap sub-DAS pada tahun 2010 dan 2022. Estimasi dihitung

menggunakan teknik pemetaan dasimetrik (Su et al., 2010; Requia et al., 2018). Atribut jumlah penduduk dari data BPS dan diasumsikan area yang tidak ditempati oleh manusia (seperti badan air, hutan, atau lahan terbuka) atau lahan selain permukiman telah dihapus. Pemetaan dasimetrik menggunakan parameter jumlah penduduk, penggunaan lahan, faktor pendorong berupa jarak dari kota dan jarak dari jalan. Secara sederhana pemrosesan datanya adalah diawali dengan mengubah poligon menjadi raster untuk setiap parameter. Kemudian dilakukan pengolahan raster setiap parameter. Khusus parameter penggunaan lahan, permukiman diberi bobot 1 dan yang non permukiman diberi bobot 0. Kemudian data diolah sehingga menghasilkan peta dasimetrik pada tahun 2010 dan 2022.

Analisis hidrologi digunakan untuk menganalisis besaran debit maksimum dengan metode Rasional yang disajikan pada Persamaan 2 (Asdak, 2022).

$$Q_{\text{maks}} = 0,00278 \times C \times I \times A \quad (2)$$

Keterangan:

- Q_{maks} = Debit maksimum (m^3/dt)
 0,00278 = Konstanta, untuk satuan luas daerah yang digunakan adalah hektar (ha)
 C = Koefisien aliran merujuk pada angka yang menggambarkan hubungan antara aliran permukaan dan curah hujan yang mengakitkannya.
 I = Intensitas curah hujan selama periode waktu konsentrasi (mm/jam)
 A = Luas DAS/sub-DAS (ha)

Perhitungan nilai koefisien aliran dan luas sub-DAS menggunakan teknik overlay. Perhitungan intensitas hujan menggunakan rumus Mononobe yang dijelaskan dalam Persamaan 3 (Wardaningrum & Sudinda, 2022).

$$I = (R_{24} / 24) \times (24 / T_c)^{2/3} \quad (3)$$

Keterangan:

- I = Intensitas hujan (mm/jam)
 T_c = Waktu konsentrasi (jam)
 R_{24} = Curah hujan maksimum harian (mm)

Curah hujan maksimum harian di dapatkan Dinas PUSDATARU Provinsi Jawa Tengah. Perhitungan waktu konsentrasi menggunakan rumus Kirpich yang disajikan pada Persamaan 4 (Wesli, 2021).

$$T_c = ((0,87 \times L^2) / (1000 \times S))^{-0.385} \quad (4)$$

Keterangan:

- T_c = Waktu konsentrasi (jam)
 0,87 = Konstanta
 L = Panjang sungai dari hulu sampai titik yang diambil debitnya (km)

$$S = \text{Kemiringan rerata sungai}$$

Panjang sungai dan kemiringan rata-rata sungai dihitung menggunakan tool *Show Elevation Profile* di Google Earth Pro (Krisnayanti & Hunggurami, 2017).

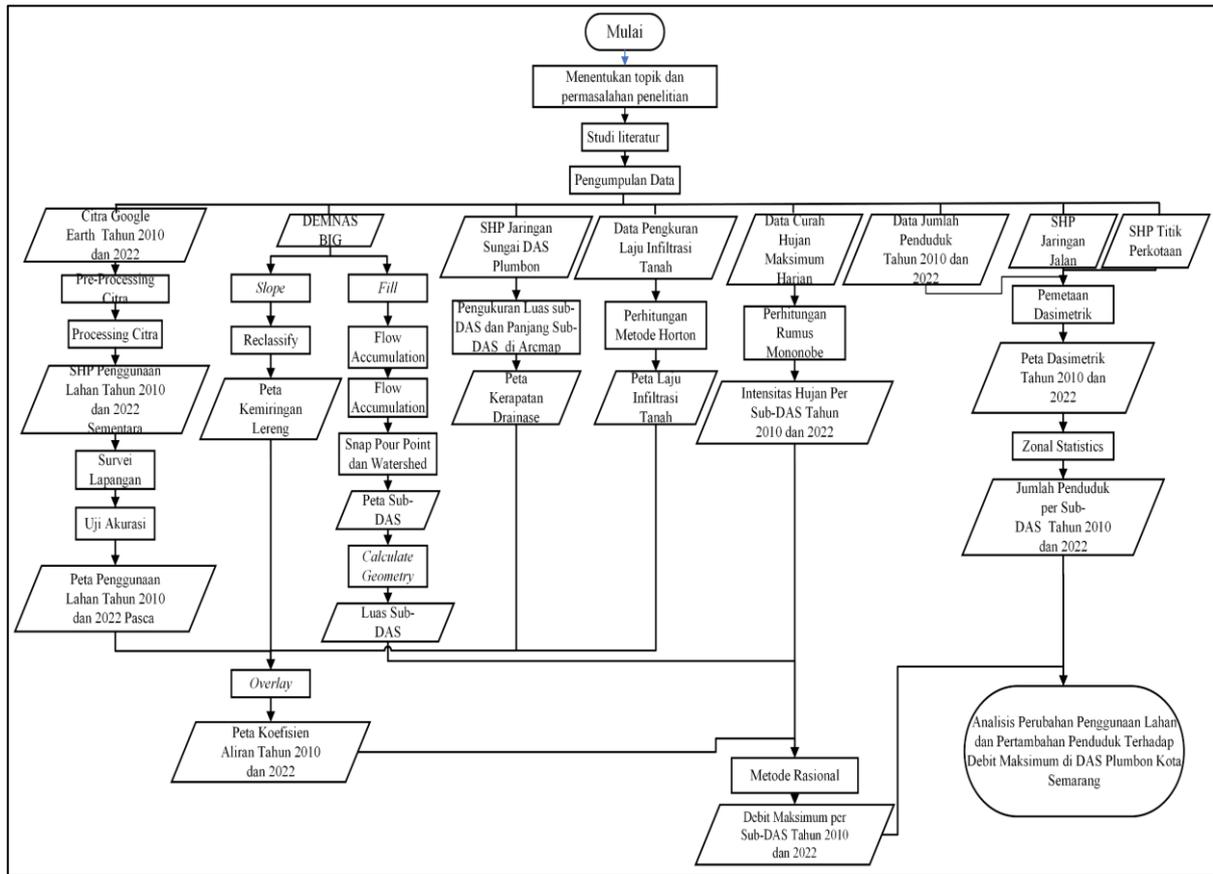
Hasil perhitungan debit maksimum menggunakan metode Rasional, maka perlu divalidasi dengan pengukuran debit secara langsung menggunakan metode Slope Area untuk mengetahui akurasi metode Rasional pada penelitian ini dengan cara mengukur penampang basah di outlet sungai setiap sub-DAS dan mencatat kekasaran Manning. Setelah data terkumpul dilakukan analisis perhitungan debit yang disajikan pada Persamaan 5 (Yogi Hastuti & Widayani, 2017).

$$Q = A \times \frac{1}{n} \times R^{2/3} \times S^{1/2} \quad (5)$$

Keterangan:

- A = Luas penampang basah (m^2)
 n = Kekasaran Manning
 R = Jari-jari hidraulik (m) = A/P
 P = Perimeter basah (m)
 S = Kemiringan rata-rata sungai

Hasil perhitungan debit maksimum metode Rasional dan metode Slope Area dilakukan perbandingan dengan asumsi maksimal rerata penyimpangan adalah 5%. Hasil perhitungan kedua metode tersebut memiliki relasi yaitu, apabila debit maksimum metode Rasional lebih besar daripada nilai debit metode Slope Area menunjukkan kondisi sungai tidak dapat menampung debit maksimum sehingga terjadi banjir. Sebaliknya hasil perhitungan debit maksimum metode Rasional lebih kecil daripada nilai debit metode Slope Area menunjukkan kondisi sungai mampu menampung debit maksimum sehingga terjadi tidak banjir. Semua proses penting dalam penelitian dirangkum dalam diagram alir penelitian yang disajikan pada Gambar 2.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN Uji Akurasi Pemetaan

Uji akurasi terhadap peta penggunaan lahan tahun 2010 dan 2022 menunjukkan *Overall Accuracy* (OA) 95% dan *Kappa Coefficient* (KC) 0,94 untuk tahun 2010, serta OA 96% dan KC 0,95 untuk tahun 2022 (Tabel 3).

Tabel 3. Hasil Uji Akurasi

No	Penggunaan Lahan	OA	KC
1	2010	95%	0,94
2	2022	96%	0,95

Sumber: Hasil Penelitian, 2023

Berdasarkan Tabel 3, kedua peta hasil digitasi dari Citra Google Earth telah melebihi ambang batas minimum *Kappa Coefficient* yaitu 0,80 dan *Overall Accuracy* yaitu 85%, sehingga dianggap baik dan dapat diterima untuk pemetaan penggunaan lahan (Akpoti et al., 2016; Andini et al., 2024).

Perubahan Penggunaan Lahan

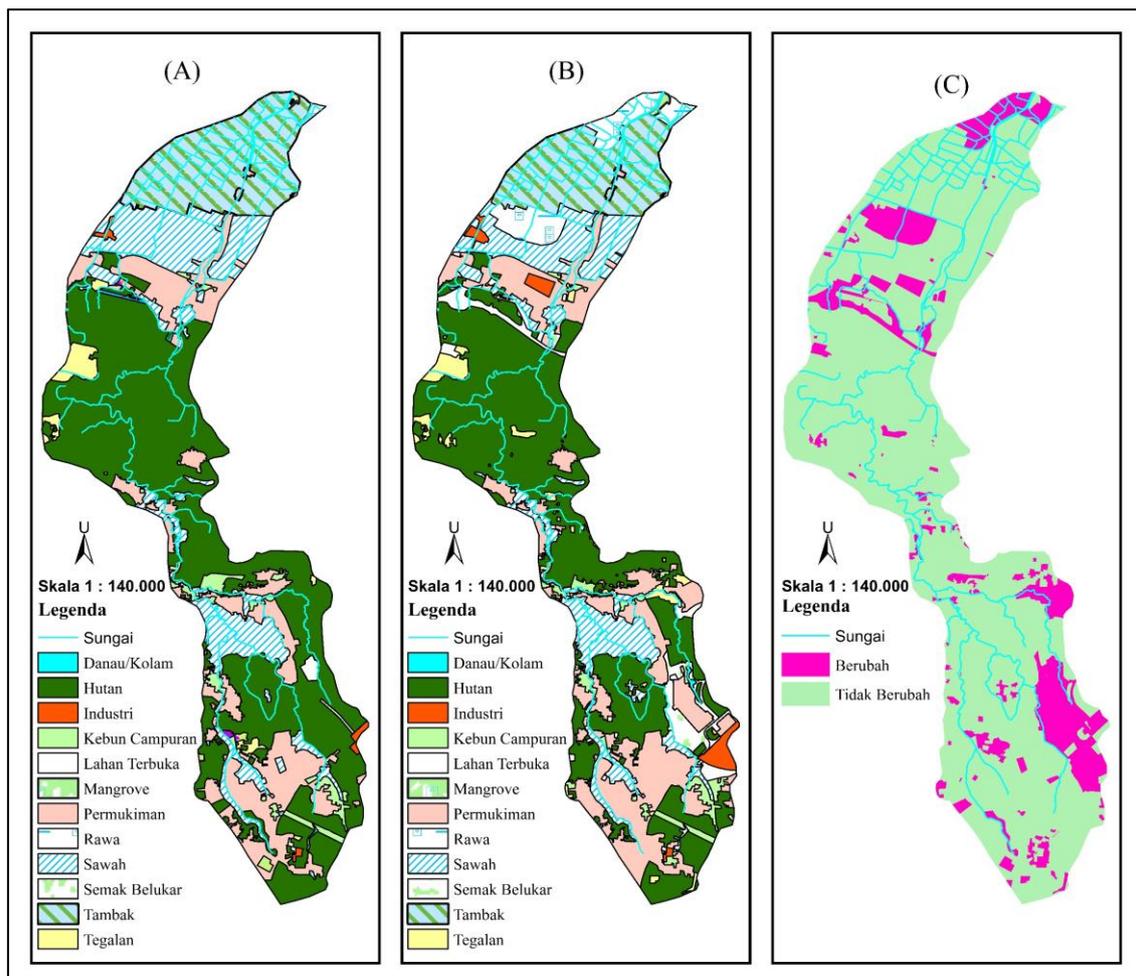
Perubahan luas penggunaan lahan tahun 2010-2022 dipaparkan pada Tabel 4, dan secara spasial disajikan pada Gambar 3.

Tabel 4. Perubahan Penggunaan Lahan di DAS Plumbon Tahun 2010-2022

No	Penggunaan Lahan	Perubahan (ha)
1	Danau/Kolam	2,82
2	Hutan	-313,73
3	Industri	39,02
4	Kebun Campuran	1,19
5	Lahan Terbuka	64,79
6	Mangrove	1,85
7	Permukiman	133,85
8	Rawa	143,73
9	Sawah	-86,48
10	Semak Belukar	64,17
11	Tambak	-75,24
12	Tegalan	24,03

Sumber: Hasil Penelitian, 2023

Berdasarkan data yang tercantum dalam Tabel 4, terlihat adanya perubahan penggunaan lahan yang signifikan di DAS Plumbon selama periode 2010-2022. Peningkatan penggunaan terbesar adalah rawa sebesar 143,73 ha. Hal tersebut terjadi disebabkan adanya penurunan tanah dan abrasi pantai di hilir DAS sehingga air laut mengalami kenaikan dan terbentuk rawa (Fajrin et al., 2016; Masvika et al., 2021). Peningkatan penggunaan lahan terbesar kedua adalah permukiman yaitu 133,85 ha. Fenomena tersebut disebabkan peningkatan jumlah penduduk yang mengakibatkan kenaikan kebutuhan lahan hal tersebut sejalan dengan penelitian sebelumnya (Arsandi & Dimas, 2018).



Gambar 2. Peta Penggunaan Lahan Tahun 2010 (A), Peta Penggunaan Lahan Tahun 2022 (B), Peta Perubahan Penggunaan Lahan pada Tahun 2010-2022 (C)

Ditambah lagi adanya pembangunan kota baru di bagian hulu DAS yaitu Bukit Semarang Baru (BSB) yang meningkatkan daya tarik masyarakat luar DAS bahkan luar Semarang untuk bermukim di wilayah tersebut (Adiana & Pigawati, 2015). Hal ini dapat diprediksi bahwa penggunaan lahan permukiman ke depannya akan terus mengalami peningkatan. Peningkatan penggunaan lahan terbesar ketiga adalah lahan terbuka sebesar 64,80 ha. Perubahan lahan terbuka yang luas disebabkan karena lahan tersebut transisi alih fungsi lahan dari hutan menjadi permukiman atau pembangunan jalan tol. Peningkatan penggunaan lahan terbesar keempat adalah semak belukar sebesar 64,17 ha. Semak belukar berupa lahan bekas hutan yang terdapat semak dan pohon pendek. Peningkatan penggunaan lahan terbesar kelima adalah industri sebesar 39,02 ha. Industri beraglomerasi di daerah Bukit Semarang Baru dan Kelurahan Wonosari dan sebagian Kelurahan Mangkang Kulon atau berada di kawasan industri. Peningkatan luasan industri disebabkan karena perluasan pembangunan perkotaan guna memenuhi kebutuhan masyarakat dan meningkatkan perekonomian masyarakat (Bappeda Kota Semarang, 2021).

Penggunaan lahan yang mengalami penurunan adalah hutan, sawah, dan tambak. Penggunaan lahan hutan pada tahun 2010 seluas 1780,69 ha sedangkan tahun 2022 seluas 1466,96 ha itu artinya mengalami penurunan 313,73 ha. Hal tersebut ada kaitannya dengan penambahan penduduk karena semakin bertambahnya penduduk kebutuhan lahan untuk menunjang kehidupan penduduk juga semakin meningkat. Hutan banyak berubah menjadi permukiman dan tegalan. Penggunaan lahan sawah berkurang seluas 86,48 ha. Seperti halnya penggunaan lahan hutan, sawah mengalami pengurangan sebagai akibat dari penambahan penduduk sehingga sawah dikonversi menjadi

permukiman. Penggunaan lahan tambak berkurang sebesar 75,24 ha. Berbeda dengan penurunan penggunaan lahan hutan dan sawah yang dominan disebabkan karena faktor manusia, faktor perubahan luas penggunaan lahan tambak yang dominan adalah faktor alami yaitu karena penurunan permukaan tanah sehingga terjadi kenaikan air laut yang mengakibatkan tambak menjadi rawa. Banyak studi terkait penurunan tanah disebabkan karena beban tanah yang sudah tidak kuat menahan bangunan dan abrasi sehingga mengakibatkan amblesan tanah karena faktor manusia (Pramudyo et al., 2022). Jadi perubahan penggunaan lahan disebabkan karena penambahan penduduk dan perilaku penduduk terhadap suatu lahan (Hardati et al., 2022). Sehingga pengendalian perubahan penggunaan sangat penting.

Koefisien Aliran Permukaan

Koefisien aliran permukaan (C) dihitung menggunakan metode Cook. Hasil perhitungan nilai C disajikan pada Tabel 5.

Tabel 5. Nilai Koefisien Aliran Tahun 2010 dan 2022

No	Sub-DAS	Jumlah Satuan Lahan		Nilai (C)	
		2010	2022	2010	2022
1	A	43	58	0,55	0,57
2	B	6	6	0,56	0,57
3	C	15	18	0,52	0,54
4	D	9	11	0,57	0,58
5	E	12	14	0,65	0,66
6	F	13	22	0,60	0,63
7	G	46	48	0,64	0,67

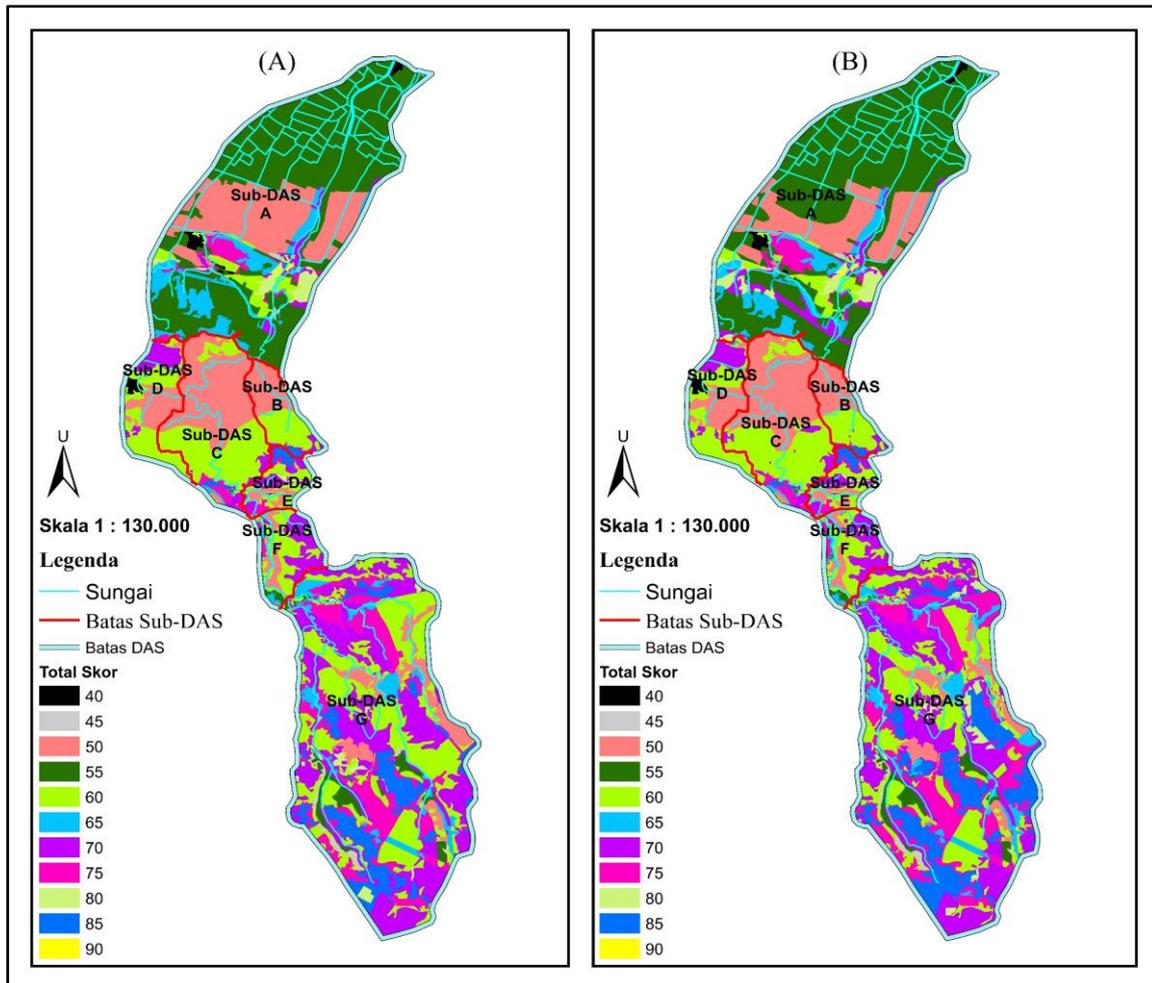
Sumber: Hasil Penelitian, 2023

Peta kemiringan lereng, penggunaan lahan, laju infiltrasi, dan kerapatan drainase masing-masing diberi skor sesuai Tabel 1, kemudian dilakukan *overlay* dengan peta sub-DAS sehingga diketahui satuan lahan di setiap sub-DAS

dan dilakukan perhitungan dengan Persamaan 1.

Berdasarkan Tabel 5, telah terjadi kenaikan nilai C yang dipengaruhi perubahan penggunaan (Atharinafi & Wijaya, 2021). Sub-DAS G memiliki nilai tertinggi karena didominasi lahan terbangun, kemiringan lereng berbukit,

laju infiltrasi sedang-sangat cepat, dan kerapatan drainase bagus. Sementara, Sub-DAS C memiliki nilai terendah karena didominasi hutan, kemiringan lereng sedang, laju infiltrasi sedang, dan memiliki kerapatan drainase bagus. Peta *overlay* untuk menghitung nilai C disajikan pada Gambar 4.



Gambar 3. Peta Nilai Skor C Tahun 2010 (A) dan Peta Nilai Skor C Tahun 2022 (B)

Intensitas Hujan

Intensitas hujan dihitung menggunakan rumus Mononobe. Hasil perhitungan intensitas hujan menggunakan rumus Mononobe disajikan dalam Tabel 6. Berdasarkan Tabel 6, intensitas hujan di setiap sub-DAS mengalami penurunan yang disebabkan karena penurunan data curah hujan maksimum harian yakni 134

mm terjadi pada 9 Juni 2010 dan 113 mm terjadi pada 3 April 2022. Sub-DAS B memiliki intensitas tertinggi disebabkan karena memiliki waktu konsentrasi (T_c) yang singkat yaitu 0,2 jam. Sementara Sub-DAS A memiliki intensitas terendah disebabkan karena memiliki waktu konsentrasi (T_c) yang lama yaitu 1,5 jam. Hal tersebut sejalan dengan pendapat

Suripin (2004) dan beberapa penelitian terdahulu yang menyatakan Semakin cepat waktu konsentrasi, intensitas hujan cenderung tinggi dan sebaliknya (Faradiba, 2021; Sun et al., 2019).

Tabel 6. Intensitas hujan pada tahun 2010 dan 2022

No	Sub-DAS	Tc (jam)	Intensitas Hujan (mm/jam)	
			2010	2022
1	A	1,5	35,81	30,2
2	B	0,2	131,48	110,87
3	C	0,6	66,42	56,01
4	D	0,2	125,36	105,71
5	E	0,2	125,82	106,1
6	F	0,4	79,19	66,78
7	G	1	46,12	38,89

Sumber: Hasil Perhitungan, 2024

Debit Maksimum

Debit maksimum dihitung menggunakan metode Rasional. Hasil perhitungan debit maksimum menggunakan metode Rasional telah dipaparkan dalam Tabel 7.

Tabel 7. Debit maksimum (Q_{maks}) DAS Plumbon tahun 2010 dan 2022

No	Sub-DAS	Q_{maks} (m^3/det)	
		2010	2022
1	A	71,77	62,99
2	B	22,99	19,74
3	C	35,05	30,69
4	D	33,85	29,05
5	E	19,86	17,01
6	F	18,01	15,87
7	G	123,88	109,37

Sumber: Hasil Penelitian, 2023

Selanjutnya, untuk memastikan keakuratan hasil perhitungan dilakukan validasi terhadap debit maksimum tahun 2022. Validasi dilakukan dengan cara membandingkan hasil perhitungan debit metode Rasional dengan debit terukur di lapangan menggunakan metode *Slope*

Area (Sriartha, 2015). Hasil perbandingan serta analisis penyimpangan (P) antara kedua metode disajikan pada Tabel 8.

Tabel 8. Perbandingan Metode Rasional dan Metode *Slope Area*

No	Sub-DAS	Q_{maks} (m^3/det)		P (%)
		Rasional	<i>Slope Area</i>	
1	A	62,99	62,94	0,08
2	B	19,74	19,06	3,57
3	C	30,69	29,11	5,43
4	D	29,05	28,45	2,11
5	E	17,01	15,67	8,55
6	F	15,87	16,99	6,59
7	G	109,37	103,07	6,11
Rerata penyimpangan				4,63

Sumber: Hasil Penelitian, 2023

Berdasarkan Tabel 8, perbandingan antara debit maksimum yang dihitung menggunakan metode rasional dan debit maksimum yang diukur di lapangan dengan metode *Slope Area* menunjukkan penyimpangan yang kecil. Penyimpangan kecil ini mengindikasikan bahwa hasil perhitungan debit maksimum dengan metode Rasional memiliki akurasi yang baik dalam merepresentasikan kondisi sebenarnya di lapangan.

Berdasarkan Tabel 7, debit maksimum mengalami penurunan di setiap sub-DAS. Perubahan penggunaan lahan tidak menjadi faktor signifikan dalam perubahan debit maksimum di DAS Plumbon. Meskipun sebelumnya diasumsikan bahwa perubahan penggunaan lahan akan memiliki dampak signifikan terhadap debit maksimum, analisis data empiris mengindikasikan bahwa curah hujan merupakan faktor yang lebih dominan dalam mempengaruhi debit maksimum sungai. Penurunan debit maksimum ini terutama disebabkan oleh berkurangnya intensitas curah hujan. Penurunan intensitas hujan mengakibatkan berkurangnya jumlah air hujan yang

masuk ke dalam sistem aliran sungai. Meskipun terjadi kenaikan nilai koefisien limpasan (C) akibat perubahan penggunaan lahan (Tabel 4), faktor tersebut tidak memberikan kontribusi signifikan terhadap debit maksimum. Sebagai konsekuensi utama dari menurunnya intensitas hujan, debit maksimum yang dihitung di setiap sub-DAS juga mengalami penurunan. Dengan demikian, intensitas hujan menjadi faktor dominan yang mempengaruhi besarnya debit maksimum, sedangkan perubahan nilai C akibat perubahan lahan tidak cukup besar untuk mengatasi efek penurunan intensitas hujan tersebut.

Besarnya debit maksimum setiap sub-DAS beragam. Hal demikian dipengaruhi oleh faktor luas sub-DAS. Sub-DAS yang memiliki luas besar dengan luasan lahan terbangun yang besar maka nilai koefisien aliran permukaannya tinggi sehingga air hujan yang jatuh lebih banyak yang dialirkan menjadi limpasan permukaan sehingga debit maksimum menjadi tinggi.

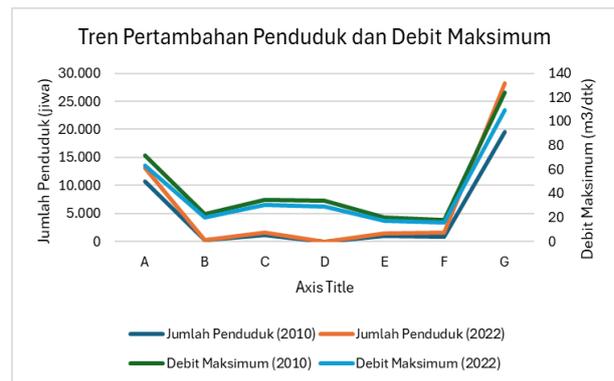
Tren Pertambahan Penduduk Terhadap Penggunaan Lahan dan Debit Maksimum

Hasil estimasi jumlah penduduk DAS Plumbon disajikan pada Tabel 9, sedangkan grafik tren disajikan pada Gambar 5.

Tabel 9. Tren Pertambahan Penduduk dan Peningkatan Debit Maksimum Tahun

Sub-DAS	Jumlah Penduduk (jiwa)		Debit Maksimum (m ³ /det)	
	2010	2022	2010	2022
A	10.685	13.176	71,77	62,99
B	213	333	22,99	19,74
C	1.193	1.564	35,05	30,69
D	0	0	33,85	29,05
E	1.018	1.444	19,86	17,01
F	868	1.577	18,01	15,87
G	19.605	28.201	123,88	109,37

Sumber: Hasil Penelitian, 2023



Gambar 5. Tren Pertambahan Penduduk dan Debit Maksimum

Seiring bertambahnya penduduk diikuti bertambahnya penggunaan lahan permukiman dan industri serta berkurangnya penggunaan lahan hutan dan sawah. Pertambahan jumlah penduduk berbanding lurus dengan peningkatan luasan permukiman dan industri. Peningkatan luas permukiman telah meningkatkan nilai koefisien aliran permukaan (C) di DAS Plumbon.

Peningkatan nilai C mempengaruhi nilai debit maksimum. Berdasarkan analisis debit maksimum pada subbab sebelumnya dan keterkaitan dengan subbab ini maka dapat ditarik kesimpulannya pertambahan penduduk tidak berpengaruh secara signifikan terhadap perubahan debit maksimum. Faktor yang berpengaruh besar adalah intensitas hujan. Apabila pertambahan penduduk terus mengalami kenaikan dan diikuti dengan intensitas hujan yang tinggi, maka debit maksimum juga akan mengalami kenaikan yang tinggi. Kemudian apabila sungai tidak dapat menampung debit maksimum tersebut maka terjadi banjir di DAS Plumbon.

KESIMPULAN

Berdasarkan interpretasi citra satelit Google Earth di DAS Plumbon dari tahun 2010 hingga 2022, terjadi perubahan penggunaan lahan yang cukup signifikan. Analisis perhitungan debit maksimum

dengan metode rasional menunjukkan bahwa terjadi penurunan nilai debit maksimum dari tahun 2010-2022 yang disebabkan penurunan intensitas hujan. Pertumbuhan penduduk yang terus meningkat telah mengubah lahan non terbangun menjadi lahan terbangun, yang mengakibatkan nilai koefisien aliran permukaan (C). Peningkatan nilai C tidak berdampak signifikan pada hasil debit maksimum. Faktor yang paling signifikan adalah intensitas hujan. Ketika nilai C dan intensitas hujan tinggi, debit maksimum akan meningkat, dan jika kapasitas sungai tidak mencukupi, maka dapat terjadi banjir.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdillah, K. N., & Susetyo, C. (2023). Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Perkembangan Penggunaan Lahan Permukiman di Kecamatan Pulau Laut Sigam. *Jurnal Penataan Ruang*, 18, 2716–179. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.12962/j2716179X.v18i0.16351>
- Adiana, R. S., & Pigawati, B. (2015). Kajian Perkembangan Kecamatan Mijen Sebagai Dampak Pembangunan Bukit Semarang Baru (BSB CITY). *Jurnal Teknik PWK*, 4(1), 66–77. <http://www.bsbcity.com/>
- Akpoti, K., Antwi, E. O., & Kabo-bah, A. T. (2016). Impacts of rainfall variability, land use and land cover change on stream flow of the Black Volta basin, West Africa. *Hydrology*, 3(3). <https://doi.org/10.3390/hydrology3030026>
- Andini, D. N., Somantri, L., & Himayah, S. (2024). Analisis Perubahan Penggunaan Lahan Terhadap Tipologi Urban Sprawl Menggunakan Sistem Informasi Geografis Di Kecamatan Bojongsoang Kabupaten Bandung. *Jurnal Geografi, Edukasi Dan Lingkungan (JGEL)*, 8(1), 31–58. <https://doi.org/10.22236/jgel.v8i1.11668>
- Arfidianingrum, D., Rustanto, S., Setiwasan, C., Zid, M., & Zaelani, T. A. (2022). Perubahan Penggunaan Lahan di Kecamatan Mijen Kota Semarang Tahun 2011 dan 2021. *Ecolab*, 16(2), 67–74. <https://doi.org/10.20886/jklh.2022.16.2.67-74>
- Arsandi, A. S., & Dimas, W. R. (2018). Dampak Pertumbuhan Penduduk Terhadap Infrastruktur di Kota Semarang. *Jurnal Riptek*, 12(1), 55–70.
- Asdak, C. (2022). *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*. Gajah Mada University Press.
- Atharinafi, Z., & Wijaya, N. (2021). Land use change and its impacts on surface runoff in rural areas of the upper citarum watershed (case study: Cirasea subwatershed). *Journal of Regional and City Planning*, 32(1), 36–55. <https://doi.org/10.5614/jpwwk.2021.32.1.3>
- Bappeda Kota Semarang. (2021). *Laporan Akhir Kajian Strategis Kelitbangan Bidang Infrastruktur dan Pengembangan Wilayah Kota Semarang 2021-2026*.
- Fajrin, F. M., Muskananfolo, M. R., & Hendarto, B. (2016). Karakteristik Abrasi Dan Pengaruhnya Terhadap Masyarakat Di Pesisir Semarang Barat. *Diponegoro Journal Of Maquare*, 5(2), 43–50. <http://ejournal-s1.undip.ac.id/index.php/maquares>

- Faradiba. (2021). Analysis of Intensity, Duration, and Frequency Rain Daily of Java Island Using Mononobe Method. *Journal of Physics: Conference Series*, 1783(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1783/1/012107>
- Febryanto, D. A., & Farda, N. M. (2016). Pengaruh Perubahan Penggunaan Lahan Terhadap Debit Puncak Sub-DAS Opak Hulu Tahun 2009 dan 2014 Menggunakan Citra Landsat 5 dan Landsat 8. *Jurnal Bumi Indonesia*, 5(1), 1–10.
- Gaveau, D. L. A., Epting, J., Lyne, O., Linkie, M., Kumara, I., Kanninen, M., & Leader-Williams, N. (2009). Evaluating whether protected areas reduce tropical deforestation in Sumatra. *Journal of Biogeography*, 36(11), 2165–2175. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2699.2009.02147.x>
- Gessesse, A. A., Melesse, A. M., & Abiy, A. Z. (2021). Land use dynamics and base and peak flow responses in the Choke mountain range, Upper Blue Nile Basin, Ethiopia. *International Journal of River Basin Management*, 19(1), 109–121. <https://doi.org/10.1080/15715124.2019.1672700>
- Giarkenang, R., Fauzi, N., Utomo, D. H., & Taryana, D. (2018). Pengaruh Perubahan Penggunaan Lahan Terhadap Debit Puncak di Sub DAS Penggung Kabupaten Jember. *Jurnal Pendidikan Geografi: Kajian, Teori, Dan Praktik Dalam Bidang Pendidikan Dan Ilmu Geografi*, 23(1), 50–61. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.17977/um017v23i12018p050>
- Hardati, P., Setyowati, D. L., Arsal, T., Amin, M., & Trihatmoko, E. (2022). The Relationship between Population Dynamic and Garang River Upstream Environment in Central Java, Indonesia. *Indonesian Journal of Geography*, 54(3), 442–450. <https://doi.org/10.22146/IJG.75767>
- Hoirisky, C., Rahmadi, & Harahap, T. (2018). Pengaruh Perubahan Pola Penggunaan Lahan Terhadap Banjir Di DAS Buah Kota Palembang. *Prosiding Seminar Nasional Hari Air Dunia*, 14–25.
- Hu, S., & Shrestha, P. (2020). Examine the impact of land use and land cover changes on peak discharges of a watershed in the midwestern United States using the HEC-HMS model. *Papers in Applied Geography*, 6(2), 101–118. <https://doi.org/10.1080/23754931.2020.1732447>
- Indriatmoko Haryoto, R., & Wibowo Ery, V. (2018). Aplikasi Sistem Informasi Geografi Untuk Penghitungan Koefisien Aliran Daerah Aliran Sungai (DAS) Ciliwung. *Jurnal Air Indonesia*, 3(2), 182–190.
- Juniyanti, L., Prasetyo, L. B., Aprianto, D. P., Purnomo, H., & Kartodihardjo, H. (2020). Perubahan Penggunaan dan Tutupan Lahan, Serta Faktor Penyebabnya di Pulau Bengkalis, Provinsi Riau (periode 1990-2019). *Jurnal Pengelolaan Sumberdaya Alam Dan Lingkungan (Journal of Natural Resources and Environmental Management)*, 10(3), 419–435. <https://doi.org/10.29244/jpsl.10.3.419-435>
- Krisnayanti, D. S., & Hunggurami, E. (2017). Perencanaan Drainase Kota. *Perencanaan Drainase Kota Seba*, VI(1).

- Lee-Gammage, S. (2018). *What is land use and land use change?* <http://fcrn.org.uk/about/>
- Mardeni, F. (2021). *Pengaruh Perubahan Penggunaan Lahan Terhadap Perubahan Debit Puncak Banjir Di Sub DAS Sail* [Skripsi]. Universitas Islam Riau.
- Masvika, H., Cahyono, D. B., & Wanto, S. (2021). Pemodelan Kondisi Geologi Teknik Daerah Amblesan Tanah Jalan Semarang Outer Ring Road (SORR). *Jurnal Pengembangan Rekayasa Dan Teknologi*, 17(2), 53–61. <http://journals.usm.ac.id/index.php/jprt/index>
- Nganro, S., Trisutomo, S., Barkey, R. A., & Ali, M. (2019). Analisis Koefisien Limpasan Permukaan Kota Makassar Dengan Metode Cook. *TATALOKA*, 21(2), 285. <https://doi.org/10.14710/tataloka.21.2.285-292>
- Pramudyo, T., Muslim, D., & Andi Agus Nur. (2022). Characterization of Land subsidence Based on Analysis of Geotechnical Data and Groundwater Level of North Semarang Area, Central Java Province. *Jurnal Lingkungan Dan Bencana Geologi*, 13(3), 156–171. <http://jlbgeologi.esdm.go.id/index.php/jlbgeologi>
- Requia, W. J., Koutrakis, P., & Arain, A. (2018). Modeling Spatial Distribution of Population for Environmental Epidemiological Studies: Comparing The Exposure Estimates Using Choropleth Versus Dasymetric Mapping. *Environment International*, 119, 152–164. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.envint.2018.06.021>
- Robo, S., Pawitan, H., Tarigan, S. D., & Dasanto, B. D. (2019). Projection of changes in land-use and impacts on the peak flow and discharge volume of the Upper Ciliwung watershed. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 325(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/325/1/012009>
- Septian, A., Elvarani, A. Y., Putri, A. S., Maulia, I., Damayanti, L., Pahlevi, M. Z., & Aswad, F. H. (2020). Identifikasi Zona Potensi Banjir Berbasis Sistem Informasi Geografis Menggunakan Metode Overlay dengan Scoring di Kabupaten Agam, Sumatera Barat. *Jurnal Geosains Dan Remote Sensing*, 1(1), 11–22. <https://doi.org/10.23960/jgrs.2020.v1i1.25>
- Setyowati, D. L., & Sugiyanto, R. (2013). Dampak Pembangunan Kawasan Industri Candi Pada Perilaku Banjir Kali Silandak Kota Semarang. *Forum Ilmu Sosial*, 40(2). <http://journal.unnes.ac.id/nju/index.php/FIS>
- Sriartha, I. P. (2015). Penggunaan Citra Landsat 8 Dan Sistem Informasi Geografis Untuk Estimasi Debit Puncak Di Daerah Aliran Sungai Unda Provinsi Bali. *Jurnal Sains Dan Teknologi*, 4(2), 621–634.
- Sun, Y., Wendi, D., Kim, D. E., & Liong, S. Y. (2019). Deriving intensity–duration–frequency (IDF) curves using downscaled in situ rainfall assimilated with remote sensing data. *Geoscience Letters*, 6(1). <https://doi.org/10.1186/s40562-019-0147-x>
- Wardaningrum, A. S., & Sudinda, T. (2022). Evaluation Study Of Flood Disasters In Kelapa Gading. *Jurnal Teknik Sipil*, 18(1), 51–61.

<https://doi.org/10.28932/jts.v18i1.3967>

Wesli. (2021). *Drainase Perkotaan* (2nd ed.). Graha Ilmu.

Yogi Hastuti, A., & Widayani, P. (2017). Estimasi Debit Puncak Melalui Metode Manning dan Metode Cook Berbasis Penginderaan Jauh dan Sistem Informasi Geografi di Sub DAS Gesing, Kabupaten Purworejo. *Peran Penelitian Ilmu Kebumihan Dalam Pembangunan Infrastruktur Di Indonesia, 1683–1700*. <https://www.researchgate.net/publication/320165761>