

Analisis Hidrologi dan Perencanaan Sistem Drainase Menggunakan GIS di Sub DAS Melangit Kecamatan Bangli

N W Suprianingsih¹, M A R Dayanti¹, I M P T Prakarsa¹, K A P Kardiyasa¹
Fakultas Teknik dan Informatika Universitas Pendidikan Nasional, Bali ¹
E-mail: wayansuprianingsih@undiknas.ac.id

Abstrak

Perubahan penggunaan lahan di Sub DAS Melangit, Kabupaten Bangli, menyebabkan peningkatan limpasan permukaan, penurunan kapasitas infiltrasi, dan risiko banjir pada kawasan permukiman. Penelitian ini bertujuan menganalisis karakteristik hidrologi serta mengevaluasi kapasitas sistem drainase eksisting menggunakan pendekatan Geographic Information System (GIS). Metode penelitian meliputi analisis curah hujan rencana menggunakan distribusi Gumbel, perhitungan debit rencana dengan metode Rasional, dan evaluasi kapasitas saluran berdasarkan parameter hidrolis menggunakan persamaan Manning. Hasil penelitian menunjukkan intensitas hujan rencana untuk periode ulang 5 tahun sebesar 5,83 mm/jam dengan total debit limpasan 1.342 m³/detik. Kawasan permukiman menghasilkan debit tertinggi sebesar 374 m³/detik, sedangkan hutan tanaman industri menghasilkan debit terendah sebesar 145 m³/detik. Analisis spasial menunjukkan bahwa zona prioritas perencanaan drainase terdapat pada kawasan dengan kepadatan permukiman tinggi dan luas tutupan lahan signifikan. Temuan penelitian menegaskan bahwa perencanaan drainase berbasis GIS serta zonasi konservasi diperlukan untuk meningkatkan efektivitas pengendalian limpasan dan mitigasi banjir. Kesimpulannya, integrasi analisis hidrologi dan GIS dapat menjadi dasar perencanaan infrastruktur drainase yang adaptif dan berkelanjutan.

Kata kunci: Analisis hidrologi, Drainase, GIS, Limpasan Permukaan, Sistem Tata Air.

Abstract

Land use changes in the Melangit Sub-watershed, Bangli Regency, have led to increased surface runoff, decreased infiltration capacity, and heightened flood risk in residential areas. This study aims to analyze hydrological characteristics and evaluate the capacity of the existing drainage system using a Geographic Information System (GIS) approach. The research methods include design rainfall analysis using the Gumbel distribution, peak discharge calculation with the Rational Method, and channel capacity evaluation based on hydraulic parameters using Manning's equation. The results show that the design rainfall intensity for a 5-year return period is 5.83 mm/h, with a total surface runoff of 1,342 m³/s. Residential areas produce the highest peak discharge of 374 m³/s, while industrial plantation forests produce the lowest at 145 m³/s. Spatial analysis indicates that priority areas for drainage planning are located in regions with high residential density and significant land cover. The findings emphasize that GIS-based drainage planning and conservation zoning are essential for effective runoff management and flood mitigation. In conclusion, integrating hydrological analysis and GIS provides a solid basis for adaptive and sustainable drainage infrastructure planning.

Keywords: Hydrological analysis, Drainage, GIS, Surface runoff, Water management system.

1. PENDAHULUAN

Perubahan penggunaan lahan yang signifikan di berbagai daerah aliran sungai (DAS) di Indonesia telah menjadi salah satu faktor utama yang mempengaruhi kestabilan sistem hidrologi. Alih fungsi lahan dari hutan menjadi kawasan pertanian, permukiman, maupun komersial menyebabkan peningkatan koefisien limpasan dan penurunan kapasitas infiltrasi tanah, sehingga memperbesar risiko banjir serta degradasi lingkungan (Atharinafi, 2021 dalam Budianto, 2022). Penelitian lainnya menunjukkan pola degradasi serupa, di mana konversi hutan menjadi perkebunan, sawah, dan permukiman menyebabkan peningkatan konsentrasi *Total Suspended Solids* (TSS) pada badan air penerima seperti waduk, sehingga menurunkan kualitas air dan mengganggu fungsi ekologis wilayah tangkapan air (Sunardi et al., 2022). Adanya peningkatan lahan menjadi urbanisasi menyebabkan peningkatan debit puncak, volume limpasan, serta luas genangan banjir sehingga kepatuhan terhadap Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW) menjadi langkah penting dalam mitigasi risiko hidrometeorologis (Farid et al., 2022).

Urbanisasi juga memberikan tekanan signifikan pada sistem drainase perkotaan. Hamdani et al. (2024) mencatat bahwa konversi lahan hijau menjadi kawasan permukiman dan komersial meningkatkan kecepatan limpasan permukaan dan membebani kapasitas drainase eksisting. Di sisi lain, Candra et al. (2024) menegaskan bahwa faktor topografi, jenis tanah, tutupan lahan, dan curah hujan berperan penting dalam menentukan pola limpasan, dan penggunaan teknologi *Geographic Information System* (GIS) dengan metode scoring dan overlay terbukti efektif dalam pemetaan wilayah rawan banjir dan prioritas mitigasi. Sejalan dengan itu, pendekatan berbasis GIS dan analisis hidrologi terpadu menjadi krusial dalam mengevaluasi kapasitas sistem drainase, memetakan tingkat kerentanan wilayah, serta merancang intervensi konservasi seperti kolam detensi dan sistem pemanen air hujan (Sequera et al., 2024; Rochman, 2022). Kajian terbaru juga menyatakan bahwa perubahan tutupan lahan dari hutan alami menjadi area pertanian dan permukiman mengurangi intersepsi vegetasi dan mempercepat limpasan permukaan, sehingga diperlukan manajemen lahan berbasis reboisasi dan zonasi berkelanjutan untuk menjaga stabilitas tata air DAS (Plamonia et al., 2025).

Selain aspek penggunaan lahan, karakteristik hidrogeologi seperti permeabilitas akuifer dan kedalaman muka air tanah turut mempengaruhi kapasitas resapan dan ketersediaan air tanah suatu DAS (Suprayogi, 2019). Studi di DAS Ilahan menunjukkan bahwa penerapan Rencana Tindak Konservasi Hutan dan Lahan (RTK-RHL) mampu menurunkan *surface runoff* sebesar 23,25% dan meningkatkan baseflow sebesar 8,58%, yang menunjukkan efektivitas konservasi vegetatif dalam memperbaiki fungsi hidrologi DAS (Apriadi et al., 2023). Temuan-temuan tersebut menjadi dasar ilmiah bagi kajian lanjutan termasuk penelitian ini, yang berupaya mengisi kesenjangan analisis melalui pendekatan spasial dan hidrologi terintegrasi.

Sub DAS Melangit di Kecamatan Bangli, Bali, merupakan wilayah yang sebelumnya belum banyak dikaji, padahal memiliki dinamika hidrologi yang penting untuk dipahami. Perubahan penggunaan lahan di kawasan ini, ditambah kondisi topografi yang bervariasi dari bergelombang hingga curam, berpotensi meningkatkan limpasan permukaan, erosi, dan penurunan infiltrasi tanah. Dampak tersebut terlihat pada wilayah hilir yang mulai mengalami genangan saat musim hujan, sementara sistem drainase yang ada belum dirancang berdasarkan evaluasi hidrologi yang komprehensif berbasis data terkini dan teknologi GIS. Kondisi ini menunjukkan pentingnya penelitian untuk mengkaji karakteristik hidrologi serta mengevaluasi kapasitas drainase eksisting guna menghasilkan rekomendasi pengelolaan yang lebih adaptif, berbasis data, dan mendukung keberlanjutan lingkungan.

2. METODE PENELITIAN

2.1 Lokasi Penelitian

Penelitian dilaksanakan di Sub DAS Melangit, yang secara administratif berada di Kecamatan Bangli, Kabupaten Bangli, Provinsi Bali. Secara geografis, wilayah ini berada pada koordinat sekitar 8°24'–8°28' LS dan 115°20'–115°25' BT. Luas total Sub DAS Melangit diperkirakan mencapai ±35 km² dengan topografi yang bervariasi antara dataran bergelombang hingga perbukitan.

2.2 Sumber Data

Dalam mendukung analisis hidrologi dan perencanaan sistem drainase, digunakan berbagai data spasial dan hidrologi. Data spasial meliputi Peta Digital Elevation Model (DEM) yang digunakan untuk menentukan batas Daerah Aliran Sungai (DAS), arah aliran, dan kemiringan lereng, dengan sumber dari DEMNAS. Peta Tata Guna Lahan yang digunakan bersumber dari citra satelit Sentinel-2. Peta curah hujan dan iklim diambil dari BMKG melalui data yang tersedia di Stasiun Klimatologi Kawan, Kecamatan Bangli, untuk mendapatkan informasi lokal yang akurat. Data hidrologi mencakup curah hujan harian dan bulanan selama lima tahun terakhir, dipilih agar mencerminkan kondisi hidrologi terbaru sekaligus cukup representatif untuk menganalisis tren.

1.3 Analisis Data

2.3.1 Curah Hujan Rencana 24 Jam

Curah hujan rencana (R24 jam) ditentukan dengan mengambil data curah hujan harian maksimum tahunan dari stasiun yang ada di Kecamatan Bangli. Data ini merupakan data dari tahun 2021 - 2025. Penelitian ini memiliki keterbatasan pada ketersediaan data curah hujan, sehingga analisis periode ulang tidak dapat dilakukan dalam rentang panjang dan hanya dibatasi dalam periode ulang pendek. Data ini kemudian dianalisis menggunakan distribusi probabilitas ekstrem, dengan distribusi Gumbel sebagai metode yang umum digunakan dan paling sesuai untuk wilayah kecil, karena mampu memperkirakan curah hujan maksimum yang kemungkinan terjadi dalam periode ulang tertentu. Persamaan yang digunakan dalam menentukan curah hujan rencana menurut metode Gumbel yaitu seperti persamaan 1 (Hardjosuprpto, 2024).

Tabel 1. Deret *Annual Maximum Series* (AMS) Curah Hujan 24 Jam

Tahun	R24 (mm)
2021	97
2022	138
2023	71
2024	93
2025	87*

*Keterangan: data 2025 hanya tersedia Januari–Juni

Sumber : Data BMKG, 2025

$$X_i = X_n + S \cdot k \quad (1)$$

Dengan X_i adalah hujan rencana dengan periode ulang tahun (mm), X_n merupakan nilai tengah sampel (mm), S adalah standar deviasi sampel, dan k merupakan faktor frekuensi. Dalam

penghitungan faktor frekuensi dapat dihitung dalam persamaan 2 yaitu *reduce mean* (Hardjosuprpto, 2024).

$$k = \frac{Y_{tr}-Y_n}{S_n} \quad (2)$$

Nilai k merupakan nilai rata - rata *reduced mean*, S_n merupakan *reduced standar deviation* dan Y_n merupakan *reduced variate*. Perhitungan dari intensitas hujan maksimum dapat dihitung dengan Persamaan Intensitas Hujan Maksimum sesuai persamaan 3.

$$I = \frac{R_{24}}{24} \left(\frac{24}{t}\right)^{\frac{2}{3}} \quad (3)$$

Perhitungan waktu konsentrasi penting dilakukan untuk menentukan respon maksimum aliran permukaan akibat hujan, sehingga dapat digunakan dalam perancangan sistem drainase dan pengendalian banjir secara akurat. Maka diperlukan waktu konsentrasi yang dapat dihitung pada persamaan 4.

$$T_c = 0,0195 L^{0.77} S^{-0,385} \quad (4)$$

T_c merupakan waktu konsentrasi (menit, L merupakan panjang aliran utama (m), S merupakan kemiringan rata - rata saluran. Kemiringan saluran utama (s) dihitung sebagai yang tertulis didalam perhitungan kemiringans aluran utama sesuai dengan persamaan 5.

$$S = \frac{H_{\max}-H_{\min}}{L} \quad (5)$$

Kemiringan saluran utama (S) merupakan perbandingan antara perbedaan elevasi titik tertinggi dan titik terendah saluran terhadap panjang saluran tersebut. Nilai S dinyatakan dalam satuan meter per meter (m), yang menggambarkan seberapa curam atau landai suatu saluran. Dalam perhitungannya, $H_{\max}$ adalah elevasi titik tertinggi saluran (m), $H_{\min}$ adalah elevasi titik terendah saluran (m), sedangkan L merupakan panjang saluran utama (m). Parameter-parameter ini penting untuk menentukan arah dan kecepatan aliran air dalam sistem drainase atau daerah tangkapan air.

1.3.1 Debit Air

Metode yang digunakan dalam pengukuran debit banjir rancangan dengan metode raional. Metode ini merupakan salah satu rumus empiris yang paling dikenal dan paling sering digunakan. Metode ini banyak diterapkan baik pada perhitungan debit sungai dengan daerah aliran yang luas maupun pada perencanaan sistem drainase di wilayah dengan area tangkapan yang lebih kecil (Herison et al., 2018). Metode ini ditempatkan dengan persamaan (Cornelius, 2020) dalam (Mundra et al., 2020) dalam persamaan 6.

$$Q = 0,278 \cdot C.I.A \quad (6)$$

Dalam persamaan tersebut, Q merupakan debit maksimum (m^3/det), C adalah koefisien limpasan (*run off*) yang menunjukkan proporsi curah hujan yang menjadi aliran permukaan, I adalah intensitas curah hujan maksimum selama waktu konsentrasi, dan A merupakan luas daerah pengaliran (km^2).

2.3.2 Perencanaan Sistem Drainase

Kapasitas hidrolis saluran dihitung menggunakan Rumus Manning, landasan teoritis Manning (sejarah, asumsi, bentuk persamaan), tabel nilai n klasik, contoh perhitungan untuk berbagai bentuk penampang (Cowan, 1956 ; Wang et al., 2024).

$$Q = \frac{AR^{\frac{2}{3}} \cdot t^{\frac{1}{2}}}{n} \quad (7)$$

Koefisien Manning (n) menunjukkan hambatan aliran air berdasarkan material saluran, misalnya beton (0,015) atau tanah (0,030). Parameter lain seperti luas penampang basah (A), jari-jari hidrolis ($R = A/P$), dan kemiringan saluran (S) turut menentukan kapasitas aliran. Semua variabel ini digunakan dalam Persamaan Manning untuk menghitung aliran seragam di saluran terbuka, yang konsepnya pertama kali dijelaskan oleh Chow (1959) dan tetap menjadi acuan dalam analisis hidrolis modern (Wang et al., 2024).

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil Analisis Curah Hujan Rencana dan Intensitas Hujan Rencana

Berdasarkan data curah hujan maksimum tahunan periode 2021-2025 di Sub DAS Melangit, dilakukan analisis frekuensi menggunakan Metode Distribusi Gumbel untuk menentukan curah hujan rencana berbagai periode ulang. Hasil perhitungan disajikan pada Tabel 3. Hasil analisis menunjukkan bahwa karakteristik hujan di Sub DAS Melangit dengan intensitas yang ditunjukkan oleh koefisien variasi sebesar 25,6%. Hasil Gumbel memberikan R_{24} sebesar 113,2 mm untuk periode ulang 5 tahun (intensitas rata-rata 24 jam 4,7 mm/jam), nilai-nilai R_{24} untuk periode ulang lainnya disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Analisis Curah Hujan Rencana dan Intensitas Hujan Rencana

Periode Ulang (Tahun)	Curah Hujan Rencana ($R_{\square}$, mm)	Intensitas (I , mm/jam)
2	93,5	3,9
5	113,2	4,7
10	126,2	5,3

Nilai intensitas hujan sebesar 5,83 mm/jam tersebut termasuk dalam kategori rendah sesuai standar perencanaan drainase nasional (Hardjosuprpto, 2024. Menurut Faradiba (2021), jika dilihat dari segi waktu, intensitas hujan cenderung turun cepat pada 1–3 jam pertama, lalu menurun lebih lambat pada 4–8 jam berikutnya. Hal ini menunjukkan bahwa hujan di daerah tersebut bersifat monsun, dengan puncak hujan terjadi di awal kejadian. Kondisi hidrologis tersebut memperlihatkan tantangan dalam pengendalian limpasan permukaan, khususnya pada kawasan yang mengalami peningkatan impervious area akibat perkembangan permukiman. Adanya Intensitas hujan yang tinggi ini menghasilkan debit banjir besar, sehingga menjadi faktor penentu dalam menilai kemampuan saluran drainase memenuhi fungsi hidrauliknya (Septiana, 2020).

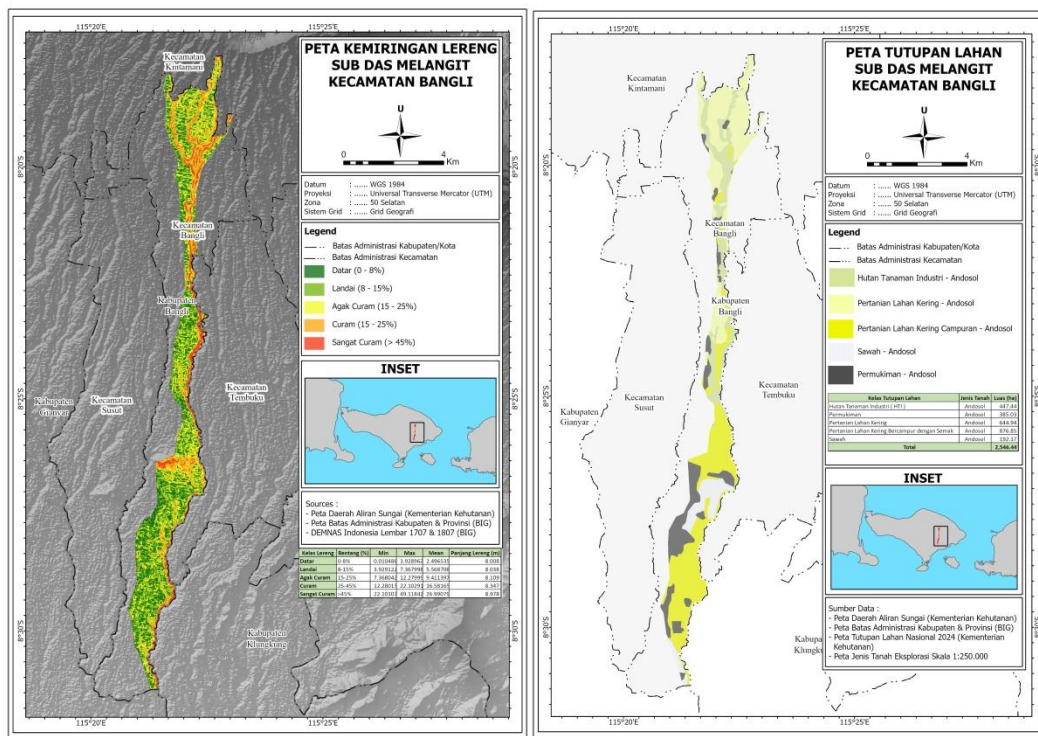
3.2 Debit Banjir Rencana

Dalam perhitungan debit banjir rencana, diperlukan sejumlah parameter hidrologis dan fisik wilayah, seperti tutupan lahan, kemiringan lereng, dan jenis tanah, karena ketiganya mempengaruhi kapasitas infiltrasi, limpasan permukaan, serta koefisien aliran.

Tabel 4. Perhitungan Debit untuk Setiap Tutupan Lahan

Kelas Tutupan Lahan	Luas (km ²)	C	I (mm/jam)	Q (m ³ /detik)
Hutan Tanaman Industri	4.474	0,2	5,83	145
Permukiman	3.85	0,6	5,83	374
Pertanian Lahan Kering	6.449	0,3	5,83	313,5
Pertanian Lahan Kering bercampur semak	8.769	0,25	5,83	355
Sawah	1.922	0,5	5,83	155,5

Hasil analisis debit banjir rencana menunjukkan bahwa total limpasan permukaan pada wilayah studi mencapai 1.342 m³/detik dengan intensitas hujan rencana sebesar 5,83 mm/jam dan luas Sub DAS sebesar 25,464 km² (2.546,4 ha). Berdasarkan pemetaan spasial menggunakan GIS, debit banjir terbagi menjadi tiga kategori: debit rendah (< 200 m³/detik) seluas 639,6 ha, debit tinggi (200–500 m³/detik) seluas 1.342 ha, dan sangat tinggi (> 500 m³/detik). Kontribusi debit limpasan permukaan menunjukkan bahwa besarnya debit tidak hanya dipengaruhi oleh koefisien limpasan (C), tetapi juga secara signifikan dipengaruhi oleh luas tutupan lahan. Hal ini terlihat pada kawasan permukiman dengan C = 0,6 dan luas 3,85 km², menghasilkan debit puncak sebesar 374 m³/detik, meskipun luasnya tidak mendominasi. Temuan tersebut konsisten dengan literatur yang menyatakan bahwa kawasan urban dengan persentase permukaan kedap air tinggi berpotensi menghasilkan limpasan maksimum (Siswanto et al., 2025).



(a)

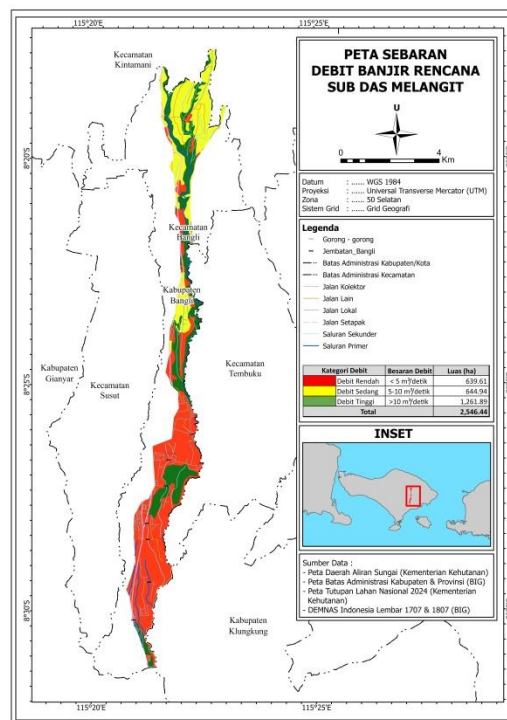
(b)

Gambar 1. Peta parameter fisik wilayah untuk kebutuhan analisis hidrologi:

(a) Peta kemiringan lereng yang menunjukkan variasi topografi; (b) Peta tutupan lahan dan jenis tanah yang menggambarkan distribusi penggunaan lahan dan vegetasi yang berpengaruh terhadap kapasitas infiltrasi.

Tutupan pertanian lahan kering bercampur semak memiliki nilai $C = 0,25$ dan luas terbesar yaitu $8,769 \text{ km}^2$, menghasilkan debit yang juga tinggi. Kondisi ini menegaskan bahwa luas tutupan lahan sangat berpengaruh terhadap kontribusi debit banjir, meskipun nilai C tergolong rendah hingga sedang. Kajian hidrologi pada wilayah tropis menunjukkan bahwa area dengan infiltrasi sedang seperti pertanian campuran dan semak tetap menjadi penyumbang limpasan signifikan apabila mendominasi area sub-DAS (Sinha, 2020; Banjara, 2024; Sugianto et al., 2022). Adapun tutupan hutan tanaman industri dengan nilai $C = 0,20$ dan luas $4,474 \text{ km}^2$ memberikan kontribusi limpasan terendah. Kondisi ini memperkuat pemahaman mengenai peran vegetasi rapat dalam meningkatkan infiltrasi dan mengurangi debit puncak banjir (Auliyani et al., 2020). Sementara itu, tutupan sawah ($C = 0,50$, luas $1,922 \text{ km}^2$) menunjukkan peran kategori lahan dengan koefisien limpasan sedang namun luas terbatas.

Penelitian ini menunjukkan bahwa area non-permukiman seperti pertanian dan lahan terbuka tidak dapat diabaikan dalam perencanaan drainase karena meskipun memiliki nilai C lebih rendah dari kawasan permukiman, luas area yang dominan dapat meningkatkan debit puncak pada bagian hilir melalui perubahan struktur tanah, peningkatan konektivitas hidrologi, dan aktivitas penggunaan lahan (Ridwan, 2024). Oleh karena itu, pendekatan berbasis kawasan aliran sungai (*watershed-based planning*) serta pertimbangan spasial terhadap tutupan lahan menjadi aspek penting dalam pengembangan sistem drainase adaptif dan mitigasi banjir modern (Banjara, 2024). Secara keseluruhan, peta sebaran debit banjir rencana memperlihatkan bahwa kawasan tengah hingga hilir didominasi kelas debit tinggi, terutama pada area yang mengalami perkembangan permukiman dan perubahan tata guna lahan secara intensif. Kondisi ini menegaskan perlunya strategi pengelolaan berbasis sistem dan pembangunan infrastruktur hijau untuk mereduksi limpasan puncak serta meningkatkan kapasitas tampungan alami pada wilayah studi.



Gambar 2. Debit banjir rencana berdasarkan parameter hidrologi wilayah, termasuk curah hujan rencana, kondisi tutupan lahan, jenis tanah, dan kemiringan lereng.

3.4 Analisis Kapasitas Pengaliran Berdasarkan Kemiringan Lereng

Analisis kapasitas pengaliran berdasarkan kemiringan lereng menunjukkan adanya korelasi positif antara kemiringan lereng dan kecepatan aliran, yang pada gilirannya meningkatkan kapasitas pengaliran pada saluran dengan lereng curam. Dari Tabel 3, bagian lereng datar (0–8 %) memiliki kecepatan aliran rendah (0,3–0,8 m/s), sementara di lereng sangat curam (>45 %) kecepatan aliran lebih tinggi (>3,5 m/s). Pada daerah dengan kemiringan lereng yang curam menyebabkan percepatan aliran karena gaya gravitasi yang lebih besar, sehingga memfasilitasi aliran lebih cepat dan kapasitas pengaliran optimal (Rauf & Nur, 2020).

Tabel 5. Karakteristik Aliran Berdasarkan Kemiringan Lereng

Kelas Lereng	Rentang	Panjang Lereng (km)	Kecepatan Aliran (m/detik)	Kapasitas Pengaliran
Datar	0-8%	8.008	0,3-0,8	Rendah
Landai	8-15%	8.038	0,8-1,5	Sedang
Agak Curam	15-25%	8.109	1,5-2,5	Baik
Curam	25-45%	8.347	2,5-3,5	Sangat Baik
Sangat Curam	>45%	8.978	>3,5	Optimal

Pada lereng landai hingga agak curam (8–25%), kecepatan aliran berada di kisaran 0,8–2,5 m/s dan masih stabil tanpa risiko sedimentasi maupun erosi, sedangkan pada lereng curam hingga sangat curam (>25%), kecepatan meningkat hingga >3,5 m/s sehingga kapasitas aliran sangat baik namun berpotensi memicu erosi. Penelitian Mangisu et al. (2021) menegaskan bahwa perubahan kemiringan signifikan mempengaruhi dinamika aliran dan karakter sedimen. Oleh karena itu, perencanaan sistem drainase harus disesuaikan dengan distribusi lereng, di mana area datar perlu mencegah pengendapan, sementara daerah curam memerlukan material tahan erosi dan desain pengendali limpasan seperti rorak (Sadikin et al., 2022).

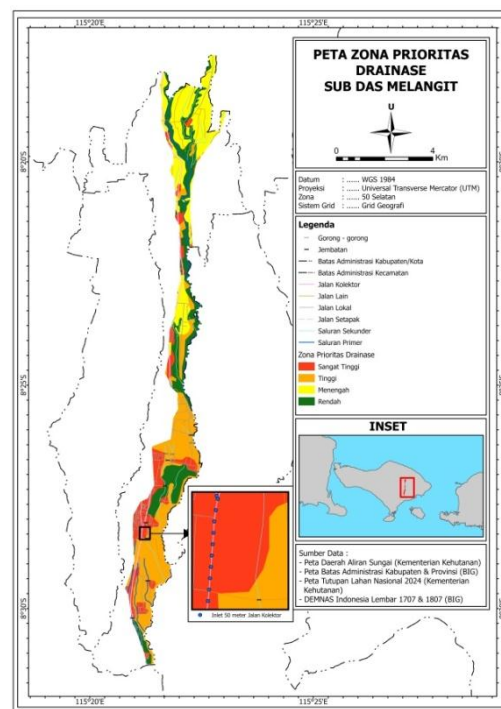
3.5 Analisis Drainase Terintegrasi

Berdasarkan analisis debit dan karakteristik lereng yang terintegrasi, tiga zona prioritas perencanaan untuk sistem drainase di Sub DAS Melangit dapat diidentifikasi. Zona prioritas tinggi mencakup area permukiman dengan debit sebesar 11,39 m³/detik yang terletak di lereng datar sampai landai (0–15 %). Penelitian pada drainase lingkungan menekankan bahwa di area permukiman padat, kapasitas saluran dan manajemen permukaan sangat kritis guna mencegah banjir lokal (Apriliani et al., 2024). Zona Prioritas menengah seperti Gambar 3 terdiri dari lahan pertanian kering dengan debit total sekitar 20,35 m³/detik dan kemiringan yang bervariasi dari 8 % hingga 45 %. Karena variasi lereng yang cukup besar, sistem drainase di kawasan ini menghadapi tantangan teknis berupa pengelolaan aliran cepat dan berpotensi terjadinya erosi (Soerya & Hanifah, 2025). Zona Prioritas Rendah terdiri dari hutan tanaman industri dan sawah dengan debit total 9,09 m³/detik, meskipun luas area signifikan, tetapi memiliki koefisien limpasan relatif rendah (0,20–0,50) sehingga limpasan relatif stabil. Karakteristik tutupan vegetatif ini berkontribusi pada infiltrasi dan mengurangi lonjakan aliran, sejalan dengan konsep drainase berwawasan lingkungan yang merekomendasikan integrasi konservasi vegetasi pada sistem drainase (Riduan et al., 2024).

Melihat karakteristik tiga zona prioritas tersebut, rekomendasi sistem drainase yang disarankan harus bersifat tersegmentasi dan disesuaikan dengan kondisi topografi dan penggunaan lahan. Untuk Zona Permukiman, disarankan penggunaan saluran tertutup berukuran

minimal 1,0 m × 1,0 m yang mampu mengalirkan debit 11,39 m³/detik secara aman. Kemiringan dasar saluran direkomendasikan antara 0,5–2 % agar kecepatan aliran dapat dikendalikan dalam batas aman, sekaligus menghindari genangan dan sedimentasi. Penempatan inlet dengan jarak maksimal 50 m antar blok permukiman juga perlu diperkuat agar sistem drainase dapat menangkap limpasan dengan efisien sesuai dengan yang tertera pada Gambar 3. Rekomendasi ini sejalan dengan prinsip eko-drainase perkotaan yang menekankan integrasi elemen konservasi dengan infrastruktur konvensional (Riduan et al., 2024).

Pada Zona Pertanian, saluran terbuka dengan penampang trapesium dan kemiringan sisi 1:1,5 diusulkan untuk stabilitas struktural. Karena aliran di lereng menengah hingga curam berpotensi mengakibatkan erosi tinggi, penting untuk menerapkan proteksi tebing melalui geotekstil, bronjong, atau vegetasi permanen. Selain itu, sistem kontrol sedimen di outlet sangat penting untuk menahan sedimen yang diangkut dari lahan pertanian, dengan target efisiensi pengurangan 70–80%. Pendekatan tersebut sejalan dengan praktik konservasi lahan dalam manajemen sub-DAS berbasis prioritas yang disarankan dalam literatur manajemen DAS (Soerya & Hanifah, 2025).



Gambar 3. Peta Zona Prioritas Drainase Sub Das Melangit

Pada zona dengan lereng curam (>25 %), rekomendasi teknis harus menggabungkan struktur sipil dan vegetatif untuk mengendalikan energi aliran dan mencegah erosi. Pemasangan sabo dam atau check dam pada interval 100–200 meter dapat menahan laju aliran, mengurangi kecepatan, dan mengurangi potensi erosi. Penggunaan terasering pada lahan pertanian dengan lebar minimal 3 meter dan kemiringan 2–5% juga disarankan untuk menurunkan laju limpasan dan meningkatkan infiltrasi. Praktik ini telah diterapkan di lahan curam di Jawa, di mana desain lanskap konservasi lereng efektif mengontrol erosi (Maulana et al., 2025). Vegetasi penutup tanah dengan akar dalam pada kerapatan minimal 70% sangat direkomendasikan untuk stabilisasi lereng permanen (Maulana et al., 2025). Dengan penerapan rekomendasi tersebut, diharapkan risiko banjir lokal dan erosi dapat dikendalikan secara signifikan. Selain itu, strategi ini sejalan dengan praktik

sistem drainase berwawasan lingkungan yang menggabungkan kontrol sumber limpasan di hulu, sehingga efisiensi biaya infrastruktur dapat ditingkatkan sambil menjaga keberlanjutan ekosistem (Riduan et al., 2024).

4. KESIMPULAN

Penelitian ini menunjukkan bahwa Sub DAS yang dianalisis memiliki potensi limpasan banjir yang tinggi, ditunjukkan oleh intensitas hujan rencana 177,5 mm/jam, total debit limpasan 40,89 m³/detik, serta dominasi kelas debit tinggi seluas 1.261,89 ha dari total 2.546,44 ha. Analisis berbasis GIS membuktikan bahwa debit banjir rencana dipengaruhi oleh kombinasi tutupan lahan, kemiringan lereng, dan jenis tanah, bukan hanya oleh nilai koefisien limpasan. Kawasan permukiman menyumbang limpasan terbesar karena nilai $C = 0,60$, namun kontribusi signifikan juga berasal dari pertanian lahan kering bercampur semak dengan nilai $C = 0,25$ dan cakupan wilayah yang luas. Hasil ini menegaskan pentingnya pendekatan perencanaan drainase berbasis DAS serta integrasi pemetaan spasial dalam mitigasi risiko banjir dan pengelolaan tata guna lahan. Penelitian ini masih memiliki keterbatasan karena penggunaan nilai koefisien limpasan yang bersifat generik dan tidak sepenuhnya merepresentasikan kondisi lapangan, serta pemodelan hidrologi yang belum memperhitungkan variabel dinamis seperti kelembaban tanah awal, evapotranspirasi aktual, atau perubahan musiman. Selain itu, validasi lapangan untuk membandingkan hasil pemodelan dengan data debit aktual dan kejadian banjir historis belum dilakukan secara komprehensif. Meskipun demikian, hasil penelitian tetap memberikan dasar ilmiah yang kuat bagi pengembangan sistem drainase dan pengelolaan DAS secara berkelanjutan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan penghargaan dan ucapan terima kasih kepada Bapak Rektor Universitas Pendidikan Nasional (Undiknas) serta Bapak Dekan Fakultas Teknik dan Informatika Undiknas atas dukungan, fasilitas, dan kesempatan yang diberikan dalam pelaksanaan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Apriadi, I., Banuwa, I. S., Yuwono, S. B., Wulandari, C., Winarno, G. D., Fitriana, Y. R., & Febryano, I. G. (2023). Karakteristik hidrologi di DAS Ilahan menggunakan pemodelan SWAT (Soil Water Assesment Tools). *Jurnal Hutan Tropis*, 11(1), 45–53.
- Apriliani, R. A., Asid, N. J., Susilo, Y., Alina, A. N., & Nurcahyo, A. (2024). Perencanaan drainase di wilayah permukiman untuk penyelesaian masalah banjir. *J-ABDIPAMAS (Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat)*, 8(1), 34–56. <https://doi.org/10.30734/j-abdipamas.v8i1.4108>
- 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 Sub-watershed). *Journal of Regional and City Planning*, 32(1), 36–55. <https://doi.org/10.5614/jpwk.2021.32.1.3>
- Auliyani, D., & Nugrahanto, E. B. (2020). Peak discharge in Jemelak Subwatershed, Sintang District. *Jurnal Sylva Lestari*, 8(3), 273–282.
- Banjara, M. (2024). Impact of land use and land cover change on hydrological response in a fast transitioning watershed. *Geosciences*, 14(2), 40. <https://doi.org/10.3390/geosciences14020040>

- Budianto, M. B., Harianto, B., Salehudin, Hartana, & Hidayat, S. (2022). Dampak perubahan tata guna lahan dan implikasinya terhadap besaran debit banjir pada Kawasan Ekonomi Khusus (KEK) Mandalika. *Jurnal Sains Teknologi & Lingkungan*, 8(2), 102–114. <https://doi.org/10.29303/jstl.v8i2.334>
- Candra, D., Soeryamassoeka, S. B., & Gunarto, D. (2024). Analysis of flood prone areas in Melawi sub watershed with geographic information system. *Jurnal Teknik Sipil*, 24(4), 1576–1595. <http://dx.doi.org/10.26418/jts.v24i4.83107>
- Chow, V. T. (1959). *Open-channel hydraulics*. McGraw-Hill.
- Faradiba. (2021). Analysis of intensity, duration, and frequency rain daily of Java Island using Mononobe method. *Journal of Physics: Conference Series*, 1783(1), 012107. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1783/1/012107>
- Farid, M., Pratama, M. I., Kuntoro, A. A., Adityawan, M. B., Rohmat, F. I. W., & Moe, I. R. (2022). Flood prediction due to land cover change in the Ciliwung River Basin. *International Journal of Technology*, 13(2), 356–366. <https://doi.org/10.14716/ijtech.v13i2.4662>
- Hamdany, F. D., & Saputra, A. J. (2024). The effect of urbanization on the effectiveness of drainage systems and flood risk in Batam City. *Journal of Civil Engineering and Planning*, 5(2), 2746–6299. <https://doi.org/10.37253/jcep.v5i2.9619>
- Hardjosuprpto, M. M., & Wardhani, E. (2024). *Diktat: Buku Analisis Hidrologi*. Institut Teknologi Nasional (ITENAS).
- Hardjosuprpto, M. M., & Wardhani, E. (2024). *Drainase perkotaan – Volume I* [Diktat: Teaching Resource]. Institut Teknologi Nasional Bandung. Diakses dari <http://eprints.itenas.ac.id/id/eprint/2669>
- Herison, A., Romdania, Y., Purwadi, O. T., & Effendi, R. (2018). Kajian penggunaan metode empiris dalam menentukan debit banjir rancangan pada perencanaan drainase (Review). *Jurnal Aplikasi Teknik Sipil*, 16(2), 77–84.
- Mangisu, D., Jansen, D. I. R., & Sallu, F. M. (2021). Dampak variasi kemiringan dan debit terhadap kecepatan dan sedimen dengan pasir kasar sebagai bahan dasar saluran. *Jurnal Sains dan Teknologi*, 1(2), 73–82. <https://doi.org/10.58169/saintek.v1i2.83>
- Maulana, E., Sartohadi, J., & Setiawan, M. A. (2025). Landscape design for gully erosion control on the upper slopes of Mount Sumbing, Central Java, Indonesia. *Journal of Degraded and Mining Lands Management*, 12(2), 7037–7047. <https://doi.org/10.15243/jdmlm.2025.122.7037>
- Plamonia, N., Aryani, D., Juniati, A. T., Seknun, N., Putra, A. P., Wahyono, I. B., ... Prihartanto. (2025). Analysis of hydrological characteristics and rainfall distribution patterns in the Cimanuk River Basin, West Java, Indonesia. *International Journal of Design & Nature and Ecodynamics*, 20(6), 1295–1312. <https://doi.org/10.18280/ijdne.200610>
- Rahmi, A. T., Pratiwi, I. D., Wijayanti, P., Utomowati, R., Tjahjono, G. A., & Ronggowulan, L. (2025). Optimalisasi sistem drainase mikro DAS Kali Boro melalui analisis hidrologi-hidrolika untuk ketahanan banjir perkotaan. *Jurnal Riset Rekayasa Sipil*, 9(1), 44–54. <https://doi.org/10.20961/jrrs.v9i1.109485>
- Rauf, A., & Nur, A. (2020). Analisis kapasitas saluran drainase berdasarkan kemiringan saluran menggunakan metode hidrolika saluran terbuka. *Jurnal Teknik Sipil dan Infrastruktur*, 5(1), 22–30. <https://doi.org/10.36733/jtsi.v5i1.214>
- Riduan. (2024). Perencanaan sistem drainase berwawasan lingkungan (eko-drainase) di Kecamatan Banjarbaru Utara. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 22(4), 987–995. <https://doi.org/10.14710/jil.22.4.987-995>
- Ridwan, M. (2024). Studi dampak perubahan tutupan lahan terhadap debit dan risiko banjir di DAS. *Enviro: Jurnal Ilmu Lingkungan*.

- Rochman, H. N., Andawayanti, U., & Fidari, J. S. (2022). Aplikasi sistem informasi geografis untuk evaluasi sistem jaringan drainase di sub DAS Kota Malang. *Jurnal Teknologi dan Rekayasa Sumber Daya Air*, 2(2), 117–127.
- Sadikin, M. A., Sulkifli, M., Ma'rufah, & Mahmuddin, M. (2022). Pengendalian aliran pada permukaan lahan miring dengan menggunakan metode rorak. *Journal of Muhammadiyah's Application Technology*, 2(2), 67–75. <https://doi.org/10.26618/jumpstech.v2i2.10123>
- Sinha, R. K. (2020). Assessing the impacts of land cover and climate on runoff and sediment yield. *Hydrological Processes*, 34(10), 2000–2015. <https://doi.org/10.1080/02626667.2020.1791336>
- Siqueira, A. R., Teixeira, E. K. D. C., & Silva, M. A. D. (2024). Integration of GIS and HEC-HMS for sustainable drainage structure modeling. *Revista Convibra*, 17(12), 233–257. <https://doi.org/10.55905/revconv.17n.12-233>
- Siswanto, E., Susanto, S., & Rahmawaty, F. (2025). Evaluation of rainfall intensity and the effectiveness of green infrastructure in urban water management: A case study of the University of Kadiri. *International Journal of Engineering Continuity*, 4(1), 118–139. <https://doi.org/10.58291/ijec.v4i1.364>
- Soerya, S. F., & Hanifah, A. (2025). Analisis penentuan prioritas pengelolaan Sub DAS Cikamiri menggunakan metode AHP. *Jurnal Keteknikan Pertanian Tropis dan Biosistem*, 13(2), 241–252. <https://doi.org/10.21776/ub.jkptb.2025.013.02.11>
- Suprayogi, S., Fatchurohman, H., & Widyastuti, M. (2019). Analisis kondisi hidrologi terhadap perkembangan wilayah perkotaan: Studi kasus DAS Kali Belik Yogyakarta. *Jurnal Geografi*, 16(2), 153–161.
- Sunardi, S., Nursamsi, I., Dede, M., Paramitha, A., Arief, M. C. W., Ariyani, M., & Santoso, P. (2022). Assessing the influence of land-use changes on water quality using remote sensing and GIS: A study in Cirata Reservoir, Indonesia. *Science & Technology Indonesia*, 7(1), 106–114. <https://doi.org/10.26554/sti.2022.7.1.106-114>
- Sugianto, S., et al. (2022). The effect of land use and land cover changes on flood hazard and infiltration rates: The Teunom Watershed case. *Land*, 11(8), 1271. <https://doi.org/10.3390/land11081271>
- Wang, J., Qiu, R., Xia, X., Li, X., Zhang, C., & Wang, W. (2024). A modified Manning's equation for estimating flow rate in grass swales under low inflow rate conditions. *Water*, 16(11), 1613. <https://doi.org/10.3390/w16111613>
- Widayanti, D. A. (2023). Analisis hubungan kecepatan rerata terhadap kecepatan permukaan untuk penentuan kekasaran dasar pada aliran saluran terbuka. *Rekonstruksi Tadulako: Civil Engineering Journal on Research and Development*, 2(2), 45–52. <https://doi.org/10.22487/renstra.v2i2.260>