

Identifikasi Risiko Banjir Berdasarkan Sistem Drainase dan Penggunaan Lahan di Perumahan Pondok Mitra Lestari, Kota Bekasi

MUHAMMAD NAUFAL FATHAN¹, YANTI BUDIYANTINI².

Program Studi Perencanaan Wilayah dan Kota, Institut Teknologi Nasional, Bandung

Email : muhammad.naufalfathan@mhs.itenas.ac.id

ABSTRAK

Banjir genangan di kawasan permukiman perkotaan umumnya dipicu oleh dominasi penggunaan lahan terbangun dan keterbatasan kapasitas sistem drainase dalam menyalurkan limpasan permukaan. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi lokasi rawan genangan banjir di Perumahan Pondok Mitra Lestari, Kota Bekasi, berdasarkan karakteristik penggunaan lahan dan kinerja sistem drainase eksisting. Metode penelitian menggunakan pendekatan deskriptif kuantitatif melalui pemodelan hidrologi-hidraulika dengan EPA SWMM 5.2 yang dikombinasikan dengan analisis spasial berbasis Sistem Informasi Geografis (SIG). Analisis dilakukan menggunakan hujan rencana periode ulang 10 tahun (Q_{10}) dengan hujan efektif sebesar 125,6 mm. Hasil penelitian menunjukkan nilai Curve Number komposit sebesar 85,8 yang mengindikasikan limpasan permukaan tinggi. Risiko genangan bersifat terlokalisasi dan terkonsentrasi pada Saluran Dahlia, khususnya di Junction J201 dengan debit luapan maksimum sekitar 0,70 m³/detik. Temuan ini memberikan dasar spasial untuk penentuan prioritas penanganan banjir pada skala permukiman.

Kata kunci: banjir genangan, sistem drainase, penggunaan lahan

1. PENDAHULUAN

Banjir merupakan salah satu bencana hidrometeorologi yang paling sering terjadi di kawasan perkotaan Indonesia dan menimbulkan dampak sosial, ekonomi, serta lingkungan yang signifikan. Data Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB, 2024) menunjukkan bahwa banjir menjadi penyumbang terbesar kejadian bencana di Indonesia setiap tahunnya. Pada wilayah perkotaan, banjir umumnya tidak hanya dipicu oleh curah hujan tinggi, tetapi juga oleh perubahan penggunaan lahan dan keterbatasan kapasitas sistem drainase dalam menyalurkan limpasan permukaan. Salah satu bentuk banjir yang paling sering terjadi adalah banjir genangan (*urban flooding*), yang muncul akibat ketidakmampuan sistem drainase dalam menampung dan mengalirkan debit limpasan secara optimal (Suripin, 2014).

Perubahan penggunaan lahan perkotaan, khususnya peningkatan permukaan kedap air seperti bangunan dan perkerasan jalan, menyebabkan berkurangnya kemampuan infiltrasi tanah dan meningkatnya volume limpasan permukaan. Kondisi ini berimplikasi langsung terhadap meningkatnya beban aliran pada sistem drainase eksisting, yang pada banyak kasus masih dirancang berdasarkan kondisi penggunaan lahan masa lalu. Ketidakseimbangan antara karakteristik penggunaan lahan dan kapasitas sistem drainase tersebut menjadi salah satu faktor

utama penyebab munculnya genangan berulang di kawasan permukiman perkotaan (Kementerian PUPR, 2020).

Kota Bekasi merupakan salah satu wilayah perkotaan yang menghadapi permasalahan banjir genangan akibat pesatnya urbanisasi. Lebih dari 70% wilayah Kota Bekasi telah berkembang menjadi kawasan terbangun, sementara proporsi ruang terbuka hijau relatif terbatas (BPS Kota Bekasi, 2024). Kondisi ini menyebabkan peningkatan limpasan permukaan yang signifikan dan memperbesar potensi terjadinya genangan, bahkan pada kejadian hujan dengan intensitas sedang. BPBD Kota Bekasi (2024) mencatat puluhan titik genangan yang muncul hampir setiap musim hujan, terutama pada kawasan permukiman dengan sistem drainase yang mengalami keterbatasan kapasitas dalam menyalurkan debit limpasan.

Salah satu kawasan permukiman yang kerap mengalami genangan adalah Perumahan Pondok Mitra Lestari (PML) yang terletak di Kecamatan Jatiasih dan Bekasi Selatan. Meskipun telah dilengkapi dengan jaringan drainase internal, genangan masih sering terjadi saat hujan, yang diduga dipengaruhi oleh kombinasi kondisi penggunaan lahan yang semakin padat dan keterbatasan kapasitas sistem drainase eksisting. Faktor-faktor seperti sedimentasi saluran, penyempitan penampang, perbedaan elevasi, serta meningkatnya luas permukaan kedap air berkontribusi terhadap terbentuknya lokasi-lokasi rawan genangan di dalam kawasan perumahan. Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa peningkatan luas permukaan kedap air di kawasan permukiman Kota Bekasi berpengaruh langsung terhadap peningkatan debit puncak limpasan dan potensi genangan (Rahardian & Buchori, 2016).

Identifikasi lokasi rawan genangan banjir pada skala permukiman menjadi penting sebagai dasar penilaian risiko banjir dan perumusan strategi pengelolaan drainase yang lebih adaptif. Pendekatan pemodelan hidrologi-hidraulika berbasis EPA SWMM 5.2 yang dikombinasikan dengan Sistem Informasi Geografis (SIG) memungkinkan analisis spasial terhadap respons kawasan terhadap hujan rencana serta pemetaan lokasi genangan secara kuantitatif (Rossman & Huber, 2016). Oleh karena itu, penelitian ini difokuskan pada identifikasi lokasi rawan genangan banjir di Perumahan Pondok Mitra Lestari berdasarkan karakteristik penggunaan lahan dan keterbatasan kapasitas sistem drainase, sebagai upaya untuk menggambarkan risiko banjir pada skala mikro kawasan permukiman.

2. METODOLOGI

Penelitian ini menggunakan pendekatan deskriptif kuantitatif untuk mengidentifikasi risiko banjir genangan berdasarkan kondisi eksisting sistem drainase dan karakteristik penggunaan lahan di Perumahan Pondok Mitra Lestari, Kota Bekasi. Pendekatan ini digunakan untuk menggambarkan secara kuantitatif respons kawasan permukiman terhadap hujan rencana melalui analisis limpasan permukaan dan kinerja sistem drainase. Data yang digunakan terdiri atas data primer berupa hasil survei lapangan untuk mengidentifikasi kondisi fisik dan geometrik jaringan drainase, serta data sekunder yang meliputi data curah hujan harian maksimum, peta penggunaan lahan, peta jenis tanah, *Digital Elevation Model* (DEM), jaringan drainase eksisting, dan data kejadian genangan dari instansi terkait serta studi terdahulu.

Analisis hidrologi dilakukan untuk menentukan hujan rencana sebagai input pemodelan. Curah hujan rencana ditetapkan berdasarkan analisis data hujan historis menggunakan metode Log Pearson Tipe III dengan periode ulang 10 tahun (Q_{10}) yang merepresentasikan kondisi hujan

dominan di kawasan perkotaan. Hujan rencana selanjutnya dihitung menjadi hujan efektif menggunakan metode USDA–SCS dan didistribusikan secara temporal menjadi hujan jam-jaman selama 6 jam berdasarkan pedoman PSA–007, sehingga mampu merepresentasikan variasi intensitas hujan dalam satu kejadian hujan rencana.

Pemodelan hidrologi–hidraulika dilakukan menggunakan perangkat lunak EPA SWMM 5.2 untuk mensimulasikan respons sistem drainase terhadap limpasan permukaan akibat hujan rencana. Kawasan penelitian dibagi ke dalam 103 sub daerah tangkapan air (*subcatchment*) berdasarkan karakteristik penggunaan lahan, kemiringan lahan, dan arah aliran. Parameter hidrologi yang digunakan meliputi luas tangkapan, persentase permukaan kedap air, nilai *Curve Number* (CN), dan kemiringan lahan yang diperoleh dari hasil analisis penggunaan lahan dan pengolahan data spasial. Jaringan drainase dimodelkan sebagai sistem saluran terbuka dengan mempertimbangkan dimensi penampang, panjang saluran, kemiringan dasar, dan kondisi eksisting saluran berdasarkan hasil survei lapangan.

Analisis risiko banjir merupakan tahapan sintesis yang mengintegrasikan hasil pemodelan hidrologi–hidraulika dengan karakteristik penggunaan lahan untuk mengidentifikasi potensi genangan akibat ketidakseimbangan antara beban limpasan permukaan dan kapasitas sistem drainase. Risiko banjir genangan dipahami sebagai hasil interaksi antara besarnya limpasan permukaan, kapasitas saluran drainase, dan respons kerja jaringan drainase yang ditunjukkan melalui keluaran simulasi EPA SWMM 5.2. Indikator utama yang digunakan meliputi besarnya limpasan permukaan dari setiap *subcatchment*, rasio kapasitas saluran (*link capacity*), terjadinya luapan pada titik *junction* (*node flooding*), serta volume dan debit luapan selama simulasi.

Seluruh output pemodelan selanjutnya dianalisis secara spasial menggunakan Sistem Informasi Geografis (SIG) untuk memetakan sebaran lokasi rawan genangan dan menentukan zona risiko banjir genangan pada skala kawasan permukiman. Hasil analisis spasial ini digunakan sebagai dasar dalam pembahasan risiko banjir genangan, khususnya untuk mengidentifikasi titik genangan kritis dan segmen saluran yang bekerja mendekati atau melampaui kapasitas pada kondisi hujan rencana Q_{10} .

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pemodelan hidrologi–hidraulika menggunakan EPA SWMM 5.2 menunjukkan bahwa risiko banjir genangan di Perumahan Pondok Mitra Lestari bersifat spasial tidak merata dan terkonsentrasi pada lokasi-lokasi tertentu yang dipengaruhi oleh kombinasi tingkat kekedapan lahan tinggi dan keterbatasan kapasitas sistem drainase. Simulasi dilakukan menggunakan hujan rencana periode ulang 10 tahun (Q_{10}) dengan hujan efektif sebesar 125,6 mm yang didistribusikan selama enam jam berdasarkan ketentuan PSA 007, sehingga hasil pemodelan merepresentasikan kondisi eksisting kawasan penelitian.

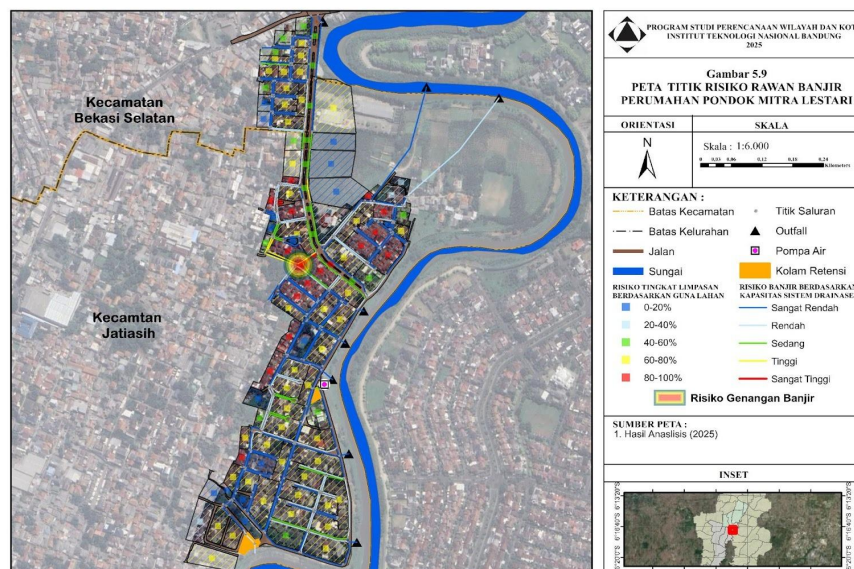
Secara hidrologis, analisis daerah tangkapan air dengan nilai *Curve Number* (CN) komposit sebesar 85,8 menunjukkan dominasi limpasan permukaan tinggi hingga sangat tinggi pada kawasan perumahan. Dari total 103 sub daerah tangkapan air (DTA) dengan luas sekitar 23 hektar, lebih dari separuh DTA memiliki tingkat limpasan di atas 60%. Kondisi ini mencerminkan dominasi permukaan kedap air berupa bangunan dan perkerasan jalan yang secara signifikan membatasi infiltrasi air hujan ke dalam tanah. Pada beberapa DTA dengan tingkat kekedapan ekstrem, nilai koefisien limpasan tercatat melebihi 0,9, yang mengindikasikan bahwa hampir

seluruh curah hujan langsung berubah menjadi limpasan permukaan dan dibebankan ke sistem drainase.

Besarnya limpasan permukaan tersebut berdampak langsung terhadap kinerja hidraulik jaringan drainase eksisting. Hasil simulasi menunjukkan bahwa meskipun sebagian besar segmen saluran masih berfungsi dalam batas aman, terdapat beberapa segmen utama yang bekerja pada kondisi kritis hingga melampaui kapasitas. Segmen dengan tekanan hidraulik tertinggi teridentifikasi pada Saluran Dahlia sepanjang ± 49 meter yang mengalami luapan, serta sebagian Saluran Asri Lestari Raya sepanjang ± 286 meter yang berada pada kondisi hampir penuh (*near full flow*). Pada segmen-segmen ini, rasio pemanfaatan kapasitas saluran (*link capacity*) mencapai nilai mendekati atau melebihi satu, sehingga meningkatkan potensi terjadinya luapan saat debit puncak hujan.

Integrasi hasil analisis limpasan dan kapasitas saluran menunjukkan bahwa kegagalan sistem drainase terjadi secara terlokalisasi pada titik-titik strategis. Berdasarkan keluaran *Summary Node Flooding* EPA SWMM, teridentifikasi satu titik genangan kritis utama, yaitu *Junction J201* pada Saluran Dahlia, yang mengalami kondisi meluap. Titik ini mencatat laju luapan maksimum sekitar $0,70 \text{ m}^3/\text{detik}$ dengan volume luapan kumulatif mencapai $\pm 2,61 \times 10^6$ liter. Luapan terjadi bertepatan dengan fase debit puncak hujan, ketika saluran berada pada kondisi aliran penuh hingga *surcharge*.

Secara hidraulik, *Junction J201* terletak pada lokasi yang menerima akumulasi limpasan dari beberapa DTA dengan tingkat kekedapan lahan tinggi. Selain itu, profil muka air saluran menunjukkan adanya indikasi efek aliran balik (*backwater effect*) dari segmen hilir, yang menyebabkan peningkatan muka air dan menurunkan kapasitas efektif saluran pada titik tersebut. Kondisi ini menunjukkan bahwa dimensi saluran persegi eksisting, meskipun telah didukung oleh keberadaan kolam retensi dan sistem pompa, belum sepenuhnya mampu mengimbangi limpasan permukaan yang masuk secara simultan pada saat hujan rencana Q_{10} .



Gambar 1. Peta Risiko Banjir Genangan

Sebaran spasial risiko banjir genangan hasil integrasi analisis hidrologi, hidraulika, dan penggunaan lahan disajikan pada **Gambar 1**. Peta tersebut memperlihatkan bahwa zona risiko banjir utama terkonsentrasi di sekitar Saluran Dahlia, khususnya pada kawasan permukiman dengan kepadatan bangunan tinggi. Temuan ini menegaskan bahwa kegagalan fungsi sistem drainase pada skala mikro dapat memicu genangan lokal yang berdampak langsung terhadap lingkungan permukiman di sekitarnya.

Secara keseluruhan, hasil penelitian menunjukkan bahwa risiko banjir genangan di Perumahan Pondok Mitra Lestari merupakan hasil interaksi antara tingginya limpasan permukaan akibat karakteristik penggunaan lahan terbangun dan keterbatasan kapasitas sistem drainase eksisting, dengan manifestasi risiko yang terkonsentrasi pada titik dan segmen saluran tertentu. Identifikasi lokasi genangan kritis ini memberikan dasar spasial yang kuat untuk penentuan prioritas penanganan banjir genangan pada skala permukiman.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pemodelan hidrologi–hidraulika menggunakan EPA SWMM 5.2 dan analisis spasial berbasis Sistem Informasi Geografis (SIG), risiko banjir genangan di Perumahan Pondok Mitra Lestari bersifat terlokalisasi dan terkonsentrasi pada titik serta segmen saluran tertentu akibat ketidakseimbangan antara besarnya limpasan permukaan dan keterbatasan kapasitas sistem drainase eksisting. Dominasi penggunaan lahan terbangun dengan tingkat kekedapan tinggi (*Curve Number* komposit 85,8) menghasilkan limpasan signifikan pada hujan rencana periode ulang 10 tahun (Q_{10}), yang memicu tekanan hidraulik pada saluran pengumpul utama. Hasil simulasi mengidentifikasi satu titik genangan kritis utama, yaitu *Junction* J201 pada Saluran Dahlia, yang mengalami kondisi *node flooding* dengan debit luapan maksimum sekitar 0,70 m³/detik dan volume luapan kumulatif $\pm 2,61 \times 10^6$ liter, serta menunjukkan beberapa segmen Saluran Dahlia dan sebagian Saluran Asri Lestari Raya bekerja pada kondisi mendekati hingga melampaui kapasitas (*near full flow* dan *surcharge*). Temuan ini menegaskan bahwa lokasi rawan genangan ditentukan oleh kegagalan kapasitas lokal pada titik dan segmen saluran strategis, sehingga hasil identifikasi spasial tersebut dapat digunakan sebagai dasar awal dalam perencanaan peningkatan kapasitas saluran, pengendalian limpasan permukaan, serta penataan penggunaan lahan pada kawasan permukiman dengan karakteristik serupa.

DAFTAR RUJUKAN

- Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB). (2024). *Data kejadian bencana di Indonesia tahun 2023–2024*. Jakarta: BNPB.
- Badan Pusat Statistik (BPS) Kota Bekasi. (2024). *Kota Bekasi dalam angka 2024*. Bekasi: BPS Kota Bekasi.
- Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (PUPR). (2020). *Pedoman perencanaan sistem drainase perkotaan*. Jakarta: Direktorat Jenderal Cipta Karya.
- Rahardian, A., & Buchori, I. (2016). Dampak perubahan penggunaan lahan terhadap limpasan permukaan dan laju aliran puncak Sub DAS Gajahwong hulu Kabupaten Sleman. *Jurnal Pembangunan Wilayah dan Kota*, 12(2), 127-139.
- Rossmann, L. A., & Huber, W. C. (2016). Storm water management model reference manual volume I–Hydrology. *US Environmental Protection Agency*, 3.
- Suripin. (2014). *Sistem Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan*. Yogyakarta: Andi Offset.