



## INTISARI

Pengelolaan air hujan perkotaan yang berkelanjutan semakin bergantung pada infrastruktur hijau untuk mengurangi limpasan, meningkatkan infiltrasi, dan menurunkan risiko banjir. Salah satu bentuk infrastruktur hijau, yaitu sistem bioretensi, semakin banyak diimplementasikan untuk tujuan tersebut. Namun, kinerjanya dalam mengelola intensitas hujan yang tinggi masih belum terkarakterisasi secara memadai. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan model desain bioretensi sekaligus model tangki konseptual guna mensimulasikan perilaku hujan-aliran pada sistem bioretensi. Kalibrasi dan validasi model tangki dilakukan dengan menggunakan data hasil pengujian fisik di laboratorium. Tiga model fisik sel bioretensi (BRC) skala penuh (1:1), masing-masing berukuran 100 cm (panjang) × 50 cm (lebar) × 70 cm (kedalaman), diuji secara terpisah menggunakan simulator hujan yang dikembangkan oleh penulis. Variasi media filter berupa campuran tanah humus-pasir menghasilkan nilai konduktivitas hidraulik yang berbeda: 325,61 mm/jam (BRC-1), 169,68 mm/jam (BRC-2), dan 63,29 mm/jam (BRC-3). Hasil validasi menunjukkan bahwa baik model tangki maupun model SWMM memiliki tingkat kesesuaian yang sangat tinggi terhadap data terukur, berdasarkan evaluasi parameter-parameter statistik *NSE*, *RMSE*, *MSE*, *R<sup>2</sup>*, dan *r*. Meskipun kedua model menunjukkan kinerja yang baik, model tangki mampu memberikan hasil prediksi yang lebih akurat terhadap aliran limpasan dan drainase pada sistem bioretensi dibandingkan SWMM. Hasil penelitian menunjukkan bahwa konduktivitas hidraulik media, tinggi tampungan total, dan rasio luas permukaan unit bioretensi merupakan parameter-parameter desain utama dalam pengurangan limpasan. Ketiga parameter ini secara signifikan memengaruhi kinerja desain sistem bioretensi untuk mengelola kejadian-kejadian hujan deras. Rasio luasan standar sebesar 5% belum dapat menurunkan debit puncak maupun menunda waktu puncak limpasan akibat hujan deras lebih dari 100 mm, meskipun mampu menunda waktu awal terjadinya aliran. Rasio luasan 10–20% direkomendasikan untuk pengendalian limpasan dari sebagian besar kasus hujan deras rancangan. Penelitian ini juga menghasilkan formula desain bioretensi untuk memprediksi parameter-parameter penting seperti waktu detensi, volume detensi, waktu puncak, dan debit puncak. Formulasi ini dapat membantu para praktisi dan perencana kota berbasis pendekatan *Low Impact Development* (LID) dalam tahap awal desain sistem bioretensi.

Kata kunci: simulasi hujan-aliran, model tangki, pengelolaan limpasan kota, hidrologi bioretensi, kinerja bioretensi, drainase kota berkelanjutan



## ABSTRACT

Sustainable urban stormwater management increasingly relies on decentralized green infrastructure to reduce runoff, enhance infiltration, and mitigate flood risks. One such infrastructure, the bioretention system, is being widely implemented for these purposes. However, its performance under high-intensity rainfall remains insufficiently characterized. This study aims to develop both a bioretention design model and a conceptual tank model to simulate rainfall-runoff behavior within bioretention systems. Calibration and validation of the tank model were conducted using data obtained from laboratory-scale physical experiments. Three full-scale (1:1) physical bioretention cells (BRCs), each measuring 100 cm (length)  $\times$  50 cm (width)  $\times$  70 cm (depth), were tested separately using a rainfall simulator developed by the author. Variations in humus soil-sand mixtures within the filter media resulted in different hydraulic conductivity rates: 325.61 mm/h (BRC-1), 169.68 mm/h (BRC-2), and 63.29 mm/h (BRC-3). Validation results showed that both of the tank and SWMM models have very strong agreement with the measured data, based on statistical metrics evaluation including *NSE*, *RMSE*, *MSE*,  $R^2$ , and  $r$ . Despite both models performing well, the tank model outperformed SWMM in predicting overflow and drainage behavior within the bioretention systems. The results indicate that media hydraulic conductivity, total storage depth, and the surface area ratio of the bioretention unit are the key design parameters in reducing runoff. These three parameters significantly affect the performance of bioretention system design for managing intense rainfall events. A standard surface area ratio of 5% was found insufficient to reduce peak discharge or delay peak runoff time due to heavy rainfalls of more than 100 mm, although it was able to delay the onset of outflow. A surface area ratio of 10–20% is recommended for controlling runoff from most heavy rainfall events. A bioretention design formula was successfully derived to predict key design parameters, including detention time, detention volume, peak time, and peak discharge. This formulation can assist practitioners and urban planners working with Low Impact Development (LID) approaches during the early stages of bioretention system design.

**Keywords:** rainfall-runoff simulation, tank model, urban runoff management, bioretention hydrology, bioretention performance, sustainable urban drainage