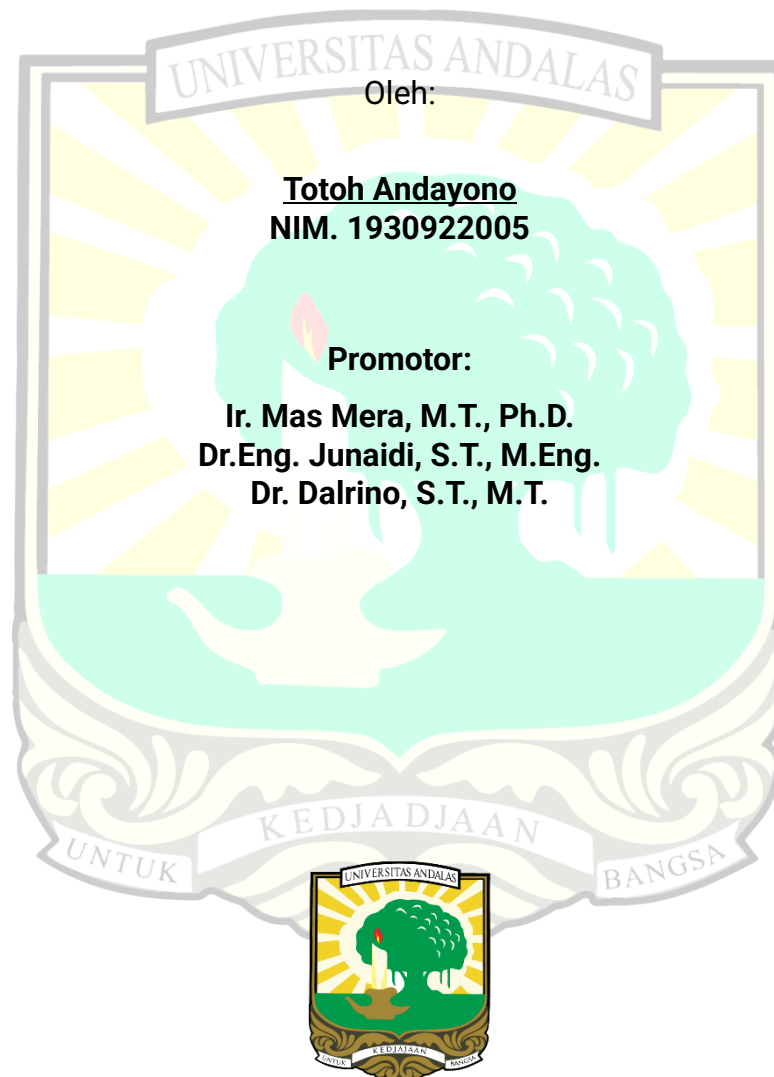


MENINGKATKAN INFILTRASI PERKOTAAN: PENGEMBANGAN PERANGKAT INFILTRASI BUATAN UNTUK AREA PERMUKIMAN

DISERTASI



**PROGRAM STUDI DOKTOR TEKNIK SIPIL
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
2025**

ABSTRAK

Konversi lahan resapan air hujan menjadi permukiman di perkotaan seringkali memicu perubahan parameter tanah yang berakibat pada penurunan kapasitas infiltrasi. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sebuah perangkat infiltrasi buatan yang inovatif untuk mengatasi permasalahan ini dengan fokus pada pengelolaan air hujan skala mikro di area permukiman. Perangkat ini dirancang agar bersifat modular ekonomis mudah diintegrasikan dengan sistem drainase perkotaan yang ada serta dapat diaplikasikan pada lahan terbatas. Desain perangkat infiltrasi buatan ini mempertimbangkan faktor-faktor penting seperti tinggi muka air tanah, ketebalan lapisan timbunan, dan proporsi luas pekarangan terhadap bangunan rumah. Prototipe perangkat yang dihasilkan berbentuk kotak berdimensi 50 cm × 50 cm × 100 cm dilengkapi dengan pipa PVC 4 inci berlubang di bagian tengah yang dikelilingi oleh material split. Sebuah pipa berlubang vertikal di tengah berfungsi sebagai sumur resapan dengan bagian atas bercabang horizontal untuk mengalirkan kelebihan air ke sistem drainase kota. Pengujian kinerja infiltrasi perangkat ini mengadopsi konsep metode ring infiltrometer. Proses pengukuran melibatkan pencatatan volume air yang masuk (inflow) dan keluar (outflow) dari perangkat selama interval waktu tertentu setelah terbentuk genangan. Volume infiltrasi dihitung berdasarkan selisih kedua nilai tersebut dan laju infiltrasi sesaat ditentukan melalui perubahan tinggi muka air (Δh) dibagi dengan interval waktu (Δt). Data infiltrasi dianalisis menggunakan model Horton. Hasil pengujian awal menunjukkan bahwa model infiltrasi buatan mampu meningkatkan kapasitas infiltrasi secara signifikan dari rata-rata 59 mm/jam pada permukaan tanah alami menjadi 342 mm/jam. Berdasarkan model ini dikembangkan sebuah prototipe. Model dan prototipe mempunyai skala yang sama. Hasil prototipe menunjukkan peningkatan kapasitas infiltrasi hingga 11 kali lipat yaitu dari 723 mm/jam menjadi 798 mm/jam. Prototipe ini juga berhasil menggeser waktu terjadinya titik kritis dari menit ke-4 menjadi menit ke-48 yang berarti meningkatkan waktu retensi air selama 44 menit. Lebih lanjut pengujian pada skala kavling dan kawasan permukiman menunjukkan bahwa prototipe ini mampu menurunkan debit puncak aliran permukaan masing-masing sebesar 53% dan 49% serta menunda waktu terjadinya debit puncak sebesar 45% dan 54%. Analisis hubungan empiris antara curah hujan (P) kapasitas infiltrasi dan aliran permukaan (R_o) menghasilkan persamaan spesifik untuk berbagai tekstur tanah: pasir $R_o = P - (625 + 14155e^{-19,t})$ tekstur tanah pasir lempung: $R_o = P - (588 + 12926e^{-26,t})$ dan tekstur tanah lempung berpasir: $R_o = P - (499 + 11689e^{-33,t})$. Temuan penelitian ini secara jelas membuktikan efektivitas prototipe perangkat infiltrasi buatan dalam meningkatkan kapasitas infiltrasi tanah mengurangi volume aliran permukaan dan menurunkan debit puncak banjir. Dengan demikian perangkat ini

menawarkan solusi praktis dan menjanjikan untuk mitigasi risiko banjir di lingkungan permukiman perkotaan.

Kata kunci: Model Infiltrasi Buatan, Prototipe Infiltrasi Buatan, Kapasitas Infiltrasi, Lahan Permukiman



ABSTRACT

The conversion of rainwater catchment land into urban settlements often triggers changes in soil parameters that decrease infiltration capacity. This research aims to develop an innovative artificial infiltration device to address this problem, focusing on micro-scale stormwater management in residential areas. The device is designed to be economically modular, easy to integrate with existing urban drainage systems, and can be applied on limited land. The design of the artificial infiltration device considers important factors such as the groundwater level, the thickness of the backfill layer, and the proportion of yard area to house building. The prototype is a box with dimensions of 50 cm $\times$ 50cm $\times$ 100 equipped with a 4-inch perforated PVC pipe in the center surrounded by split material. A vertical perforated pipe in the center is an infiltration well with a horizontally branched top to drain excess water into the city's drainage system. Testing the infiltration performance of this device adopted the concept of the ring infiltrometer method. The measurement process involves recording the volume of water entering (inflow) and leaving (outflow) from the device during a specific time interval after forming a puddle. The infiltration volume is calculated based on the difference between the two values. The instantaneous infiltration rate is determined by the water level (Δh) change divided by the time interval (Δt). Infiltration data were analyzed using the Horton model. Preliminary test results showed that the artificial infiltration model could significantly increase the infiltration capacity from an average of 59 mm/hour on the natural soil surface to 342 mm/hour. A prototype was developed based on this model. The model and prototype have the same scale. The prototype showed an 11-fold increase in infiltration capacity from 723 mm/hour to 798 mm/hour. The prototype also shifted the critical point occurrence time from the 4th to the 48th minute, increasing the water retention time by 44. Further testing at the scale of lots and residential areas showed that the prototype could reduce the peak discharge of surface flow by 53% and 49%, respectively, and delay the time of peak discharge by 45% and 54%. Analysis of the empirical relationship between rainfall (P) infiltration capacity and surface flow (R_o) resulted in specific equations for various soil textures: sand $R_o = P - (625 + 14155e^{-19,t})$ teks loamy sand soil texture: $R_o = P - (588 + 12926e^{-26,t})$, and sandy loam soil texture: $R_o = P - (499 + 11689e^{-33,t})$. The findings of this study prove the effectiveness of the prototype artificial infiltration device in increasing soil infiltration capacity, reducing surface flow volume, and reducing peak flood discharge. The device thus offers a practical and promising solution for flood risk mitigation in urban residential neighborhoods.

Keywords: Artificial Infiltration Model, Artificial Infiltration Prototype, Infiltration Capacity, Residential Area