

INTISARI

Indonesia sebagai negara tropis sangat rentan terhadap bencana hidrometeorologi akibat ketidakstabilan curah hujan. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi kemampuan radar cuaca dalam mengestimasi curah hujan melalui pendekatan konvensional berbasis relasi $Z-R$ dan metode pembelajaran mesin, khususnya *Random Forest*.

Data reflektivitas radar diproses menjadi produk CAPPI pada lima ketinggian yaitu 500 m, 1000 m, 1500 m, 2000 m, dan 2500 m kemudian dibandingkan dengan pengukuran curah hujan permukaan dari penakar hujan. Estimasi curah hujan dilakukan menggunakan tiga persamaan $Z-R$, yaitu Marshall–Palmer, Rosenfeld, dan $Z-R$ improvisasi, serta *Random Forest* dua model yakni klasifikasi dan regresi. Evaluasi kinerja regresi dilakukan menggunakan metrik RMSE, MAE, dan R^2 untuk menilai kesesuaian estimasi dengan data observasi.

Hasil perbandingan menunjukkan bahwa *Random Forest* memberikan estimasi curah hujan yang lebih akurat dibandingkan persamaan $Z-R$. Di Kepuharjo, hasil estimasi *Random Forest* memberikan nilai RMSE, MAE, dan R^2 masing-masing sebesar 1,1525, 0,3913, dan 0,7287. Persamaan $Z-R$ Rosenfeld pada ketinggian 1000 m menghasilkan nilai RMSE, MAE, dan R^2 sebesar 1,5360, 0,4720, dan 0,5479, sedangkan pada ketinggian 2500 m nilai-nilainya menjadi 1,9728, 0,3828, dan 0,2543. Dapat disimpulkan metode $Z-R$ bersifat lokal dan sensitif terhadap ketinggian radar, sehingga performanya dapat berbeda signifikan antar lokasi dan level radar. Sebaliknya, *Random Forest* menunjukkan kemampuan adaptif yang lebih baik dalam merepresentasikan curah hujan aktual. Temuan ini mendukung pemanfaatan *machine learning* sebagai metode estimasi curah hujan berbasis radar yang lebih akurat untuk mitigasi bencana hidrometeorologi.

Kata kunci: *Machine learning*, curah hujan, radar, CAPPI

ABSTRACT

As a tropical country Indonesia is highly vulnerable to hydrometeorological disasters due to unstable rainfall. This study aims to evaluate the capability of weather radar in estimating rainfall using conventional $Z-R$ relation approaches and machine learning methods, specifically Random Forest.

Radar reflectivity data were processed into CAPPI products at five heights 500m, 1000m, 1500m, 2000 m, and 2500 m and compared with surface rainfall measurements from rain gauges. Rainfall estimation was performed using three $Z-R$ equations Marshall–Palmer, Rosenfeld, and an improvised $Z-R$ as well as a two-stage Random Forest model comprising classification and regression. The regression performance was evaluated using RMSE, MAE, and R^2 metrics to assess the agreement between estimates and observed data.

The comparison results show that Random Forest provides more accurate rainfall estimates than the $Z-R$ equations. In Kepuharjo, the Random Forest estimates yielded RMSE, MAE, and R^2 values of 1.1525, 0.3913, and 0.7287, respectively. The Rosenfeld $Z-R$ equation at 1000 m produced RMSE, MAE, and R^2 of 1.5360, 0.4720, and 0.5479, while at 2500 m the values became 1.9728, 0.3828, and 0.2543. It can be concluded that $Z-R$ methods are local and sensitive to radar height, resulting in significantly different performance across locations and radar levels. In contrast, Random Forest demonstrates better adaptive capability in representing actual rainfall. These findings support the use of machine learning as a more accurate radar-based rainfall estimation method for hydrometeorological disaster mitigation.

Key words: *Machine learning, rainfall, radar, CAPPI*