

## EKSTRAPOLASI CITRA RADAR CUACA DOPPLER C-BAND MENGUNAKAN *CONDITIONAL GENERATIVE ADVERSARIAL NETWORK* UNTUK NOWCASTING

### INTISARI

Sistem peringatan dini cuaca ekstrem memanfaatkan instrumen radar cuaca untuk menghasilkan informasi prediksi cuaca sesaat atau *nowcasting*. *Nowcasting* menggunakan radar cuaca dilakukan melalui teknik ekstrapolasi citra. Perkembangan kecerdasan buatan melalui *generative learning*, memungkinkan pemanfaatan salah satu algoritmanya, yaitu *conditional Generative Adversarial Network* (cGAN), untuk diterapkan pada ekstrapolasi citra. Tujuan penelitian ini yaitu untuk mengembangkan model ekstrapolasi citra radar cuaca menggunakan algoritma cGAN melalui 3 tahap: (1) menyusun *dataset* untuk pembangunan model ekstrapolasi citra; (2) merancang berbagai eksperimen model menggunakan algoritma cGAN; (3) menganalisis performa citra ekstrapolasi dari *output* model. *Dataset* untuk pembangunan model ekstrapolasi citra diperoleh melalui identifikasi kejadian hujan dari data curah hujan permukaan dan pemrosesan *raw data* radar cuaca Yogyakarta selama 2020–2023. Pemrosesan data radar cuaca meliputi koreksi *clutter* dan atenuasi serta pembuatan produk radar cuaca berupa citra reflektivitas dan kecepatan radial beberapa ketinggian, komposit reflektivitas maksimum dan estimasi hujan. Model ekstrapolasi citra radar cuaca dibangun menggunakan algoritma cGAN dengan mengadopsi arsitektur *Adversarial Extrapolation Neural Network* (AENN) melalui berbagai eksperimen yang menggunakan model *recurrent* berbeda dan mengkombinasikan produk radar cuaca berbeda sebagai input. Performa model dianalisis melalui hasil verifikasi beberapa metrik evaluasi pada citra ekstrapolasi dari *output* model. Hasil penelitian berupa *dataset* yang terdiri dari 20160 *timeframe* dalam 1120 sampel kejadian hujan yang berisi produk radar cuaca terkoreksi dengan resolusi spasial 500 m pada cakupan 200 km dari pusat radar sebanyak 4 variabel dengan citra komposit reflektivitas maksimum, yang menghasilkan estimasi hujan terbaik, sebagai variabel utama untuk target ekstrapolasi. Koreksi data meningkatkan (menurunkan) korelasi (RMSE) dari 0,381 (6,881) menjadi 0,406 (6,594) atau sebesar 6,6% (4,2%) dengan korelasi tertinggi mencapai 0,947, namun menurun seiring bertambah jarak dari pusat radar. Distribusi frekuensi kejadian hujan berasosiasi dengan pola hujan musonal (bulanan), fenomena ENSO (tahunan) dan topografi (spasial). Model dengan arsitektur ConvGRU menunjukkan parameter dan durasi yang lebih efisien. Namun, model yang menerapkan ConvLSTM mengungguli performa prediksi model lainnya. Penggunaan produk reflektivitas dan kecepatan radial beberapa ketinggian sebagai input tambahan mampu meningkatkan performa prediksi pada skor POD dari 0,565 menjadi 0,601 (6,3%), CSI dari 0,396 menjadi 0,407 (6,3%) dan SR dari 0,529 menjadi 0,573 (9,4%). Variasi performa citra ekstrapolasi pada berbagai kondisi dan model menegaskan adanya ketidakpastian dalam prediksi cuaca.

**Kata kunci:** Radar Cuaca, Reflektivitas, Awan, Hujan, Ekstrapolasi, cGAN

**EXTRAPOLATION OF C-BAND WEATHER RADAR DOPPLER IMAGERY  
USING CONDITIONAL GENERATIVE ADVERSARIAL NETWORK  
FOR NOWCASTING**

**ABSTRACT**

*Early warning system for extreme weather utilizes weather radar to produce instantaneous weather prediction information or nowcasting. Nowcasting using weather radar is carried out through image extrapolation techniques. The development of artificial intelligence through generative learning, allows the use of one of its algorithms, conditional Generative Adversarial Network (cGAN), to be applied in image extrapolation. Purpose of this study is to develop a weather radar image extrapolation model using cGAN algorithm through 3 stages: (1) compiling a dataset for building an image extrapolation model; (2) designing various model experiments using cGAN algorithm; (3) analyzing performance of extrapolated images from the model output. Dataset for building an image extrapolation model was obtained through identification of rain events from surface rainfall data and processing of raw data from the Yogyakarta weather radar during 2020–2023. Weather radar data processing includes clutter and attenuation correction and the creation of weather radar products in the form of reflectivity and radial velocity images at several heights, composites of maximum reflectivity and rainfall estimates. The weather radar image extrapolation model was built using cGAN algorithm by adopting Adversarial Extrapolation Neural Network (AENN) architecture through various experiments using different recurrent models and combining different weather radar products as input. Model performance was analyzed through verification results of several evaluation metrics on the extrapolated image from the model output. Results of the study were a dataset consisting of 20160 timeframes in 1120 samples of rainfall events containing corrected weather radar products with a spatial resolution of 500 m over a coverage of 200 km from the radar center as many as 4 variables with composites of maximum reflectivity image, which produces the best rainfall estimate, as the main variable for extrapolation target. Data correction increased (decreased) the correlation (RMSE) from 0.381 (6.881) to 0.406 (6.594) or by 6.6% (4.2%) with the highest correlation of 0.947, but decreased with increasing distance from the radar center. Frequency distribution of rainfall events is associated with monsoonal rainfall patterns (monthly), ENSO phenomena (annual) and topography (spatial). Model with ConvGRU architecture shows more efficient in parameters and duration. However, model implementing ConvLSTM outperforms the prediction performance of other models. The use of reflectivity and radial velocity products of several heights as additional inputs can improve prediction performance on POD scores from 0.565 to 0.601 (6.3%), CSI from 0.396 to 0.407 (6.3%) and SR from 0.529 to 0.573 (9.4%). Variation in performance of extrapolated images over various conditions and models confirms the uncertainty in weather prediction.*

**Keywords:** Weather Radar, Reflectivity, Cloud, Precipitation, Extrapolation, cGAN