

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa perancangan dan implementasi model *Super Resolution Generative Adversarial Network* (SRGAN) untuk melakukan *statistical downscaling* pada data curah hujan CMIP6 berhasil dilakukan dengan baik. Model yang dibangun memanfaatkan data curah hujan CMIP6 sebagai variabel utama serta data topografi DEMNAS sebagai variabel tambahan yang merepresentasikan kondisi elevasi wilayah. Proses pengolahan data, mulai dari penggabungan dataset, pemotongan wilayah studi Jawa Barat, *regridding*, penanganan nilai *null*, hingga sinkronisasi waktu dan normalisasi telah berhasil menghasilkan dataset yang representatif dan siap digunakan untuk melatih model *deep learning* dalam merekonstruksi curah hujan resolusi tinggi.

Selain itu, model SRGAN terbukti mampu meningkatkan kualitas data curah hujan hasil *downscaling* secara signifikan dibandingkan dengan data asli CMIP6 yang beresolusi rendah. Keberhasilan rekonstruksi ini secara fundamental didorong oleh kapabilitas arsitektur SRGAN khususnya penggunaan 16 *residual blocks* yang memungkinkan model untuk mengekstraksi dan mempertahankan fitur spasial yang kompleks. Mekanisme *Adversarial Training* juga memastikan model mampu mereproduksi tekstur hujan yang realistis secara perseptual. Lebih lanjut, penggabungan data DEMNAS sebagai *multichannel input* membantu model untuk mengenali efek orografis, sehingga pola distribusi curah hujan di area pegunungan Jawa Barat menjadi lebih masuk akal secara fisik. Peningkatan resolusi dari ~156–312 km menjadi ~5.5 km ini memungkinkan identifikasi variasi curah hujan lokal yang sebelumnya tidak tertangkap oleh resolusi asli GCM. Pada skala 5.5 km, data hasil *downscaling* berpotensi digunakan untuk mengidentifikasi zona-zona rawan bencana hidrometeorologi pada skala lokal.

Hasil evaluasi menunjukkan bahwa model mampu menurunkan nilai kesalahan prediksi yang ditunjukkan oleh penurunan nilai *Root Mean Squared Error* (RMSE) dan *Mean Absolute Error* (MAE), serta meningkatkan nilai *Pearson Correlation Coefficient* (PCC) pada seluruh model CMIP6 yang digunakan.

Peningkatan performa terbaik diperoleh pada model CNRM-CM6-1, dengan nilai RMSE sebesar 10.19 mm/day , MAE sebesar 6.39 mm/day , dan PCC sebesar 0.4239.

Dengan demikian, penerapan SRGAN terbukti efektif mereduksi bias bawaan dan meningkatkan resolusi spasial data proyeksi curah hujan GCM. Meskipun nilai korelasi akhir yang dicapai berada pada kisaran ~ 0.40 , angka tersebut merupakan pencapaian yang sangat rasional dan signifikan. Hal ini mengingat tingginya kompleksitas tantangan dari proses *downscaling* yang dilakukan langsung terhadap data mentah beresolusi rendah (*original low-resolution*) dari GCM (bukan menggunakan data sintetik) serta dinamika cuaca yang sangat tinggi di wilayah ekuatorial seperti Jawa Barat. Hasil penelitian ini dapat menjadi referensi penting bagi pengembangan metode *downscaling* iklim berbasis kecerdasan buatan, sekaligus menyediakan data curah hujan resolusi tinggi yang lebih representatif untuk mendukung strategi mitigasi bencana hidrometeorologi pada skala regional dengan lebih akurat.

5.2 Saran

Penelitian ini berhasil mengimplementasikan model SRGAN untuk melakukan proses *statistical downscaling* data curah hujan CMIP6 sehingga menghasilkan data curah hujan dengan resolusi spasial yang lebih tinggi dan lebih mendekati data observasi CHIRPS. Meskipun demikian, hasil yang diperoleh masih memiliki beberapa keterbatasan yang dapat menjadi perhatian untuk penelitian selanjutnya. Salah satu keterbatasan utama dalam penelitian ini adalah penggunaan variabel input yang masih terbatas pada data curah hujan CMIP6 dan data topografi DEMNAS, sehingga belum sepenuhnya merepresentasikan proses atmosfer yang kompleks dalam pembentukan curah hujan.

Oleh karena itu, pengembangan penelitian selanjutnya dapat dilakukan dengan menambahkan variabel atmosfer lain seperti suhu udara, kelembapan, tekanan atmosfer, maupun variabel dinamika atmosfer lainnya agar model dapat mempelajari proses pembentukan curah hujan secara lebih komprehensif. Selain itu pengujian model juga dapat diperluas pada wilayah geografis lain di Indonesia atau menggunakan periode data yang lebih panjang dan baru sehingga kemampuan generalisasi model dalam melakukan *downscaling* data iklim dapat dievaluasi secara lebih menyeluruh.

Mengingat adanya keterbatasan berupa rasio *upsampling* yang sangat besar antara data CMIP6 (resolusi ~156-312 km) dan target CHIRPS2 0.05° (~5.5 km) yang dapat menyulitkan model merekonstruksi detail spasial, penelitian selanjutnya disarankan untuk mengeksplorasi penggunaan data CHIRPS2 dengan resolusi 0.25° (~ 25 km). Penggunaan resolusi 0.25° dapat diaplikasikan sebagai target utama untuk menjaga stabilitas pembelajaran model, maupun sebagai tahap menengah (*intermediate step*) dalam pendekatan *progressive downscaling* sebelum mencapai resolusi 0.05°.

