

BAB V SIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil implementasi, evaluasi, dan analisis yang telah dilakukan dalam penelitian ini, dapat ditarik beberapa kesimpulan utama yang menjawab rumusan masalah sebagai berikut:

1. Implementasi model *Variational Autoencoder* (VAE) berhasil dilakukan untuk mengatasi masalah *data sparsity* pada sistem rekomendasi wisata berbasis *collaborative filtering*. Model ini diimplementasikan dengan arsitektur *encoder-decoder* yang secara efektif memetakan vektor interaksi pengguna yang sangat jarang (*sparse*) dengan tingkat *sparsity* awal 92.38% pada *Dataset* yang digunakan ke dalam sebuah representasi *laten* probabilistik yang padat (*dense*). Selanjutnya, *decoder* merekonstruksi representasi padat ini menjadi sebuah vektor prediksi yang lengkap. Proses ini secara generatif mengisi kekosongan data, sehingga secara langsung menjawab tantangan *data sparsity* dengan mempelajari struktur dan preferensi yang mendasari data interaksi yang terbatas.
2. Evaluasi menunjukkan bahwa penanganan *data sparsity* menggunakan model VAE berhasil meningkatkan kinerja sistem rekomendasi secara signifikan. Sebagai model rekomendasi mandiri, VAE menunjukkan kinerja yang sangat kuat, dibuktikan dengan pencapaian matriks evaluasi NDCG@30 sebesar 0.7703 dan Recall@30 sebesar 0.8437. Hasil ini mengonfirmasi bahwa model tidak hanya mampu menemukan item yang relevan, tetapi juga menempatkannya pada peringkat atas dalam daftar rekomendasi. Evaluasi menunjukkan bahwa penanganan *data sparsity* menggunakan model VAE berhasil meningkatkan kinerja sistem rekomendasi secara signifikan. Sebagai model rekomendasi mandiri, VAE menunjukkan kinerja yang sangat kuat, dibuktikan dengan pencapaian skor NDCG@30 sebesar 0.7703 dan Recall@30 sebesar 0.8437. Sebagai alat augmentasi data, VAE terbukti sangat efektif dalam meningkatkan performa model *collaborative filtering*

klasik. Matriks interaksi yang diperkaya oleh VAE berhasil meningkatkan skor NDCG pada model SVD (puncak pada $N=13000$) dan secara dramatis meningkatkan kinerja model ALS secara konsisten hingga level augmentasi tertinggi ($NDCG@30 = 0.231$). Hal ini membuktikan bahwa VAE berhasil menghasilkan sinyal preferensi tambahan yang berkualitas tinggi dan bermanfaat, meskipun efektivitasnya bergantung pada sinergi dengan algoritma yang digunakan.

5.2. Saran

Meskipun penelitian ini telah berhasil mencapai tujuannya, terdapat beberapa batasan dan ruang untuk pengembangan lebih lanjut. Berikut adalah beberapa saran yang dapat dipertimbangkan untuk penelitian selanjutnya:

1. Mengatasi Keterbatasan Arsitektur Model. Penelitian ini mengimplementasikan arsitektur VAE standar yang telah terbukti efektif. Namun, arsitektur ini belum secara eksplisit dirancang untuk memaksimalkan interpretasi ruang laten atau menangani *noise* secara spesifik. Oleh karena itu, penelitian selanjutnya disarankan untuk mengeksplorasi varian VAE yang lebih canggih, seperti β -VAE untuk kontrol representasi laten yang lebih terstruktur, atau *Denosing Autoencoder* untuk meningkatkan ketahanan model terhadap data interaksi yang berpotensi *noisy*.
2. Pemanfaatan Data Eksternal (*Side Information*). Model yang dikembangkan hanya menggunakan data interaksi pengguna-item. Untuk penelitian selanjutnya, disarankan untuk mengintegrasikan data eksternal (fitur) seperti kategori destinasi wisata, harga tiket, atau data demografis pengguna (usia, lokasi) ke dalam model. Pemanfaatan informasi ini berpotensi meningkatkan akurasi rekomendasi dan membantu mengatasi masalah cold-start dengan lebih efektif.
3. Penggunaan model VAE dapat diimplementasikan pada skala dan domain yang berbeda. Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan *Dataset* dari domain pariwisata. Untuk penelitian lebih lanjut dapat dilakukan pada

Dataset yang jauh lebih besar dan berasal dari domain yang berbeda, seperti *e-commerce*, layanan *streaming* film, atau musik.

4. Eksplorasi sinergi algoritma. Hasil penelitian menunjukkan bahwa model ALS secara signifikan lebih unggul daripada SVD dalam memanfaatkan data hasil augmentasi VAE. Penelitian selanjutnya disarankan untuk mengeksplorasi sinergi antara VAE dengan jangkauan algoritma rekomendasi yang lebih luas (misalnya, *Neural Collaborative Filtering*, *LightGCN*) untuk mengidentifikasi pasangan model generatif dan prediktif yang paling optimal.