

BAB VI

PENUTUP

Bab ini menyajikan kesimpulan dan saran untuk pengembangan ke depan, yang diperoleh dari hasil penelitian terhadap data *availability* jaringan BTS PT. Telkomsel *branch* Padang di wilayah Kota Padang dan Kota Solok selama periode 2022 hingga 2024.

6.1 Kesimpulan

Hasil penelitian yang telah diperoleh menghasilkan beberapa kesimpulan yang secara spesifik menjawab tujuan dari penelitian ini, sebagai berikut:

1. Implementasi *machine learning* menggunakan algoritma *Random Forest* dan KNN berhasil diterapkan untuk melakukan prediksi potensi *downtime* serta klasifikasi tingkat risiko *downtime* pada BTS PT. Telkomsel *branch* Padang, khususnya di wilayah Kota Padang dan Kota Solok. Evaluasi model *Random Forest stacking hybrid* menunjukkan performa yang baik, dengan MAE sebesar 0.40, RMSE sebesar 2.59, dan R^2 Score sebesar 0.89, yang menandakan bahwa model mampu menjelaskan 89% variasi data dengan tingkat kesalahan yang rendah. Sementara itu, model KNN untuk klasifikasi tingkat risiko *downtime* juga menunjukkan kinerja yang baik dengan akurasi sebesar 0.89 dan *macro average* F1-score sebesar 0.83. Model ini memiliki performa yang baik dalam mengenali kategori *critical* dengan nilai *recall* sempurna, yaitu 1.00, meskipun *precision*-nya masih perlu ditingkatkan. Untuk kategori *good* dan *low*, model juga menunjukkan performa yang seimbang, masing-masing dengan F1-score sebesar 0.92 dan 0.82. Hasil evaluasi ini membuktikan bahwa model KNN cukup efektif dalam mengelompokkan BTS berdasarkan tingkat kerentanan terhadap *downtime* jaringan.
2. Pengembangan *dashboard* BI dengan menggunakan Streamlit telah berhasil menghasilkan sistem yang informatif, interaktif, dan mudah digunakan. *Dashboard* ini menyajikan berbagai visualisasi penting untuk mendukung *monitoring* dan analisis *availability* jaringan BTS, seperti visualisasi data *availability* menyeluruh, klasifikasi tingkat risiko *downtime*, hingga prediksi mingguan potensi *downtime*

jaringan. Untuk memastikan akurasi visualisasi, pengujian kesesuaian data dengan *query* SQL dilakukan terhadap 6 sampel visualisasi, dan seluruh hasilnya valid serta sesuai dengan data di dalam *data mart*. Selain itu, pengujian sistem juga dilakukan dengan metode *black box* secara langsung di kantor TSO Grapari Padang bersama *Engineer* NOP PT. Telkomsel *branch* Padang. Hasilnya menunjukkan seluruh fitur bekerja sesuai spesifikasi, dengan satu revisi minor yaitu pada grafik “10 BTS dengan *Availability* Terendah” yang disesuaikan menjadi “5 BTS dengan *Availability* Terendah per *Site Class*” atas permintaan pengguna. Sistem ETL otomatis juga memastikan data selalu terbaru tanpa proses manual tambahan. Dengan adanya *dashboard* ini, tim NOP dapat memantau kondisi jaringan secara cepat, akurat, dan membuat keputusan berbasis data secara lebih efisien.

3. Penelitian ini telah berhasil mengintegrasikan pendekatan analitik berbasis *machine learning* ke dalam *dashboard* BI yang dilengkapi dengan proses ETL otomatis. Dengan pendekatan ini, proses *monitoring availability* jaringan BTS bergeser dari yang semula bersifat reaktif menjadi proaktif. Melalui fitur prediktif *downtime* dan klasifikasi tingkat risiko pada *dashboard*, tim NOP PT. Telkomsel *branch* Padang dapat mengidentifikasi *site* yang berpotensi mengalami gangguan lebih awal. Sistem ini juga memberikan efisiensi waktu yang signifikan, dari yang sebelumnya proses *monitoring* dan evaluasi jaringan dilakukan secara manual melalui ekstrak data dari sistem ENID, dilanjutkan dengan rekap data di *spreadsheet* dan pembuatan laporan secara manual yang memakan waktu sekitar ± 3 jam setiap minggu. Dengan adanya *dashboard* dan proses ETL otomatis, seluruh proses kini hanya memerlukan waktu ± 20 menit, menghemat hingga ± 2 jam 40 menit. Selain efisiensi waktu, sistem ini juga berkontribusi terhadap efisiensi finansial dengan menurunkan risiko kehilangan *payload* akibat *downtime* yang tidak terdeteksi. Sebab, *downtime* yang sebelumnya baru diketahui setelah berdampak penurunan trafik kini dapat diantisipasi terlebih dahulu. Dengan demikian, sistem ini tidak hanya mempercepat pengambilan keputusan, tetapi juga secara langsung meningkatkan efisiensi *monitoring* dan potensi pendapatan perusahaan.

Secara keseluruhan, pembangunan *dashboard* BI yang terintegrasi dengan *machine learning* telah berhasil meningkatkan efisiensi operasional dengan mengubah pendekatan penanganan *downtime* jaringan BTS dari reaktif menjadi proaktif. Sistem ini mempersingkat waktu *monitoring* dan evaluasi mingguan hingga 89% lebih cepat, serta dapat mengurangi potensi kerugian akibat *downtime*, sehingga sistem ini mendukung pengambilan keputusan yang lebih cepat dan akurat.

6.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian ini, terdapat beberapa saran yang dapat dipertimbangkan untuk pengembangan penelitian di masa mendatang, yaitu:

1. Untuk meningkatkan akurasi prediksi potensi *downtime* dan klasifikasi tingkat risikonya, sistem dapat dikembangkan dengan menambahkan informasi geografis seperti titik koordinat (*latitude* dan *longitude*) dari setiap BTS.
2. Sistem yang telah dikembangkan juga dapat diperluas cakupan datanya di luar wilayah Kota Padang dan Kota Solok agar dapat dimanfaatkan dalam *monitoring availability* jaringan BTS di wilayah operasional PT. Telkomsel *branch* Padang secara merata.
3. Sistem ini juga dapat dikembangkan lebih lanjut agar terintegrasi langsung dengan sistem operasional internal PT. Telkomsel atau ENID, sehingga mampu mendukung alur penanganan *downtime* jaringan secara *end-to-end*, dimulai dari deteksi dini, notifikasi otomatis, hingga penjadwalan tindak lanjut oleh tim teknis di lapangan.