

BAB V

PENUTUP

Bab ini menyajikan kesimpulan yang ditarik dari hasil analisis dan pembahasan pada bab-bab sebelumnya, serta memberikan saran untuk penelitian di masa mendatang berdasarkan temuan dan keterbatasan penelitian yang telah dilakukan.

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan analisis mendalam yang telah dilakukan (Skenario 1, 2, dan 3) untuk menjawab rumusan masalah, dapat ditarik empat kesimpulan utama:

1. Penerapan CatBoost Memerlukan Rekayasa Fitur Penerapan algoritma Category Boosting untuk memprediksi produksi perkebunan tidak bisa hanya mengandalkan data mentah. Penerapan yang berhasil (seperti di Skenario 2) mutlak memerlukan Rekayasa Fitur (*Feature Engineering*). Terbukti, penambahan fitur temporal (seperti lag1 dan lag3 untuk "ingatan" jangka pendek) dan fitur musiman (sin_bulan dan cos_bulan untuk siklus tahunan) adalah langkah krusial untuk menyediakan sinyal prediktif yang tidak ada di fitur baseline.
2. Tingkat Akurasi Model Sangat Tinggi, Namun Spesifik per Komoditas Setelah melalui rekayasa fitur dan optimasi, tingkat akurasi model CatBoost terbukti sangat tinggi, namun sangat bergantung pada karakteristik komoditas.
 - Akurat: Untuk Gula Tebu dan Kopi, model mampu mencapai akurasi R² Score di atas 0.95 (mendekati sempurna). Untuk Minyak Sawit, model mencapai akurasi yang baik (R² 0.80).
 - Gagal: Untuk Karet Kering dan Teh, model gagal total (R² Negatif). Temuan ini membuktikan bahwa kegagalan prediksi pada kedua tanaman ini adalah masalah keterbatasan fitur (data), bukan masalah algoritma.
3. Optimasi hyperparameter sangat berpengaruh, penggunaan optimasi hyperparameter (menggunakan Random Search) terbukti sangat membantu dan fundamental. Perbandingan Skenario 1 (model baseline tanpa

optimasi) dengan Skenario 2 (model optimisasi) menunjukkan perbedaan drastis:

- Model Skenario 1 mengalami underfitting parah dan gagal total (R^2 Negatif).
 - Model Skenario 2 (dengan parameter optimal) berhasil mencapai akurasi sangat tinggi ($R^2 > 0.95$). Optimasi terbukti menjadi langkah yang mengubah model dari "gagal" menjadi "sangat akurat".
4. Hasil Prediksi 2027 Menunjukkan Kelayakan Model Hasil penerapan Skenario 3 (prediksi 2025-2027) mengkonfirmasi kelayakan model untuk penggunaan praktis.
- Untuk Gula Tebu dan Kopi, model menghasilkan prediksi yang tangguh (robust) dan logis, serta sangat sensitif terhadap perubahan skenario (+/- 10% Lahan/Iklim), membuktikan model benar-benar "belajar".
 - Untuk Karet Kering dan Teh, model prediksi menghasilkan garis datar, yang secara visual mengkonfirmasi kesimpulan dari RM 2 bahwa model tidak menemukan pola yang relevan pada fitur yang ada.

5.2 Saran

Saran Praktis :

1. Untuk Perencanaan Produksi (Gula Tebu & Kopi): Model CatBoost yang dikembangkan dalam penelitian ini (Arsitektur Skenario 2) sangat direkomendasikan untuk digunakan secara praktis untuk perencanaan produksi, alokasi sumber daya, dan analisis skenario.
2. Untuk Komoditas Gagal (Karet & Teh): Model untuk Karet Kering dan Teh tidak disarankan untuk digunakan dalam pengambilan keputusan apa pun, karena terbukti tidak memiliki kekuatan prediktif.

Saran Akademis (Penelitian Selanjutnya):

1. Pencarian Fitur Baru (*Feature Discovery*) untuk Karet & Teh: Kegagalan pada kedua komoditas ini adalah peluang penelitian terbesar. Disarankan

penelitian selanjutnya berfokus pada pencarian fitur prediktif baru yang fundamentalnya berbeda, seperti:

- Data Ekonomi: Harga komoditas global, harga pupuk, upah tenaga kerja.
 - Data Iklim Granular: Curah hujan dan suhu per-wilayah (bukan rata-rata nasional).
 - Data Spesifik Tanaman: Usia rata-rata tanaman dan data serangan hama.
2. Peningkatan Model Minyak Sawit: Untuk mengejar sisa 20% variasi yang gagal dijelaskan ($R^2 \sim 0.80$), penelitian selanjutnya dapat mengeksplorasi model Hibrida (misalnya, ARIMA-CatBoost) atau model Deep Learning (seperti LSTM) yang mungkin lebih baik dalam menangkap pola jangka panjang yang kompleks.