



Model Prediksi Pelunasan Haji Berbasis *XGBoost* Dengan Interpretasi *Shap*

(Studi Prediksi Pelunasan Haji dengan *XGBoost* dan SHAP di Provinsi Jambi)

Yan Apriadi*, Dodo Zaenal Abidin², Jasmir³

¹⁻³Magister Sistem Informasi, Ilmu Komputer, Universitas Dinamika Jambi, Indonesia

Email: yan.apriadi@gmail.com^{1*}, dodozaenalabidin@gmail.com², jasmir@unama.ac.id³

Alamat: Jl. Jend. Sudirman, The Hok, Kec. Jambi Sel., Kota Jambi, Jambi 36138

*Penulis Korespondensi: yan.apriadi@gmail.com

Abstract. *This study develops an interpretable machine learning model to predict the settlement status of Hajj fees in Jambi Province, Indonesia. Utilizing the XGBoost algorithm on a dataset of 4,332 prospective pilgrims from 2025, the research addresses the critical challenge of class imbalance where only 28.5% of samples are labeled "Unsettled". The baseline XGBoost model achieved a ROC-AUC of 0.7778, with a recall of 0.3482 for the minority class. SHAP (SHapley Additive exPlanations) analysis was employed to interpret model predictions, revealing that financial features specifically NILAI_VA (Virtual Account Value), JML_SETORAN (Deposit Amount), and JML_PELUNASAN (Settlement Amount) are the most significant factors influencing repayment risk, with negative SHAP values indicating increased default probability. The findings demonstrate that an interpretable XGBoost framework can provide both predictive accuracy and actionable insights for policymakers, enabling targeted interventions such as flexible payment schemes and enhanced financial monitoring for high-risk pilgrims..*

Keywords: *class imbalance; explainable AI (XAI); Hajj fee prediction; machine learning; SHAP; XGBoost.*

Abstrak. Penelitian ini mengembangkan model *machine learning* yang terinterpretasi untuk memprediksi pelunasan biaya haji di Provinsi Jambi, Indonesia. Dengan menggunakan algoritma *XGBoost* pada *dataset* 4.332 calon jemaah haji tahun 2025, penelitian ini menjawab tantangan ketidakseimbangan kelas di mana hanya 28,5% sampel yang berlabel "Belum Lunas". Model *baseline XGBoost* mencapai *ROC-AUC* sebesar 0,7778 dengan *recall* 0,3482 untuk kelas minoritas. Analisis *SHAP (SHapley Additive exPlanations)* diterapkan untuk menginterpretasi prediksi model, mengungkapkan bahwa fitur finansial khususnya *NILAI_VA (Nilai Virtual Account)*, *JML_SETORAN (Jumlah Setoran)*, dan *JML_PELUNASAN (Jumlah Pelunasan)* merupakan faktor paling signifikan yang memengaruhi risiko pelunasan, dengan nilai *SHAP* negatif yang mengindikasikan peningkatan probabilitas gagal bayar. Temuan ini menunjukkan bahwa kerangka kerja *XGBoost* yang terinterpretasi dapat memberikan akurasi prediktif dan wawasan yang dapat ditindaklanjuti bagi pembuat kebijakan, memungkinkan intervensi yang terarah seperti skema pembayaran fleksibel dan pemantauan keuangan yang lebih baik bagi jemaah berisiko tinggi.

Kata kunci: Haji; interpretabilitas model; ketidakseimbangan kelas; pembelajaran mesin; prediksi pelunasan; *SHAP; XGBoost.*

1. LATAR BELAKANG

Ibadah haji merupakan rukun Islam yang wajib dilaksanakan oleh muslim yang mampu, namun di Indonesia antrean haji mencapai rata-rata 24 tahun dengan biaya yang terus meningkat signifikan. Kondisi ini menimbulkan tantangan finansial, khususnya bagi generasi milenial yang juga menanggung beban keuangan keluarga. Kementerian Agama Republik Indonesia memerlukan sistem pendukung keputusan yang dapat memprediksi pelunasan biaya haji guna mengidentifikasi peserta dengan risiko keterlambatan atau kegagalan pembayaran. Di sisi lain, perkembangan *machine learning* seperti model *XGBoost* telah terbukti efektif

dalam prediksi keuangan, namun sifatnya yang *black-box* memerlukan teknik interpretasi seperti *SHAP* (*SHapley Additive exPlanations*) untuk transparansi dan akuntabilitas. Penelitian terdahulu banyak berfokus pada prediksi kredit dan risiko keuangan, namun belum ada yang secara khusus mengembangkan model prediksi status pelunasan haji dengan pendekatan *machine learning* yang terinterpretasi. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan mengembangkan model prediksi status pelunasan haji berbasis *XGBoost* dengan interpretasi *SHAP* untuk memberikan prediksi yang akurat dan interpretasi yang jelas terhadap faktor-faktor yang memengaruhi risiko gagal bayar.

2. KAJIAN TEORITIS

Penelitian ini didasarkan pada teori *machine learning* untuk prediksi keuangan, khususnya algoritma *ensemble learning* seperti *XGBoost* yang dikenal memiliki kinerja tinggi dalam menangani data tidak seimbang dan hubungan non-linear (Amjad et al., 2022; Li et al., 2019). Konsep *Explainable AI* (XAI) dan metode *SHAP* menjadi landasan interpretasi model, yang memungkinkan pemahaman kontribusi setiap fitur terhadap prediksi secara lokal dan global (Dwivedi et al., 2023; Ponce-Bobadilla et al., 2024). Tinjauan pustaka menunjukkan bahwa penelitian sejenis banyak menggunakan model *ensemble* seperti *Random Forest* dan *XGBoost* untuk prediksi gagal bayar kredit, dengan fokus pada akurasi dan interpretasi (Kumar et al., 2021; Zhang et al., 2025; Zhu et al., 2023) Namun, belum ada penelitian yang menerapkan pendekatan ini secara spesifik untuk memprediksi status pelunasan biaya haji dengan mempertimbangkan karakteristik data yang unik dan kebutuhan interpretasi yang kuat untuk pengambilan keputusan administratif. Penelitian ini merespons *gap* tersebut dengan mengintegrasikan kekuatan prediktif *XGBoost* dan kemampuan interpretasi *SHAP* dalam konteks pengelolaan haji.

3. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan desain eksperimen *machine learning*. Populasi penelitian adalah seluruh data pelunasan jemaah haji Provinsi Jambi tahun 2025, dengan sampel sebanyak 4.332 data yang dipilih secara *purposive*. *Dataset* terdiri dari 12 fitur yang meliputi variabel demografi (J_KELAMIN, UMUR, S_NIKAH, PEKERJAAN, PENDIDIKAN) dan finansial (JML_SETORAN, NILAI_VA, BIAYA_IDR, JML_PELUNASAN, THN_TUNDA, S_HAJI), dengan S_PELUNASAN sebagai variabel

target. Data dibagi menjadi data latih (80%) dan data uji (20%) menggunakan *stratified sampling* untuk menjaga proporsi kelas. Algoritma *XGBoost* diimplementasikan sebagai model prediktif utama, dengan penanganan ketidakseimbangan kelas melalui parameter *scale_pos_weight*. Evaluasi model menggunakan metrik *ROC-AUC*, *accuracy*, *recall*, dan *F1-Score*. Interpretasi model dilakukan dengan teknik *SHAP* untuk menganalisis kontribusi fitur secara global (*summary plot*) dan lokal (*waterfall plot*). Seluruh analisis dilakukan menggunakan bahasa pemrograman *Python* dengan pustaka *scikit-learn*, *XGBoost*, dan *SHAP*.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini bertujuan untuk memprediksi status pelunasan biaya haji dengan menggunakan algoritma *XGBoost* yang diinterpretasikan melalui *SHAP* (*SHapley Additive exPlanations*). Data yang digunakan berasal dari pelunasan jemaah haji Provinsi Jambi tahun 2025 dengan total 4.332 sampel dan 12 fitur yang telah diproses. Analisis dilakukan dengan pembagian data latih (80%) dan data uji (20%) menggunakan *stratified split* untuk menjaga proporsi kelas.

Evaluasi Kinerja Model Prediktif

Model *baseline XGBoost* menunjukkan kinerja yang lebih baik dibandingkan model yang dioptimasi dengan *grid search*. Hasil evaluasi pada data uji menunjukkan bahwa model *baseline* mencapai *ROC-AUC* sebesar 0,7778 dengan *accuracy* 78,20%. Meskipun demikian, model masih mengalami kesulitan dalam mendeteksi kelas minoritas (Belum Lunas) yang hanya mencapai *recall* 0,3482 dan *F1-score*

0,3902. Hal ini mengindikasikan bahwa meskipun model secara umum mampu memprediksi dengan baik, deteksi terhadap jemaah berisiko belum optimal.

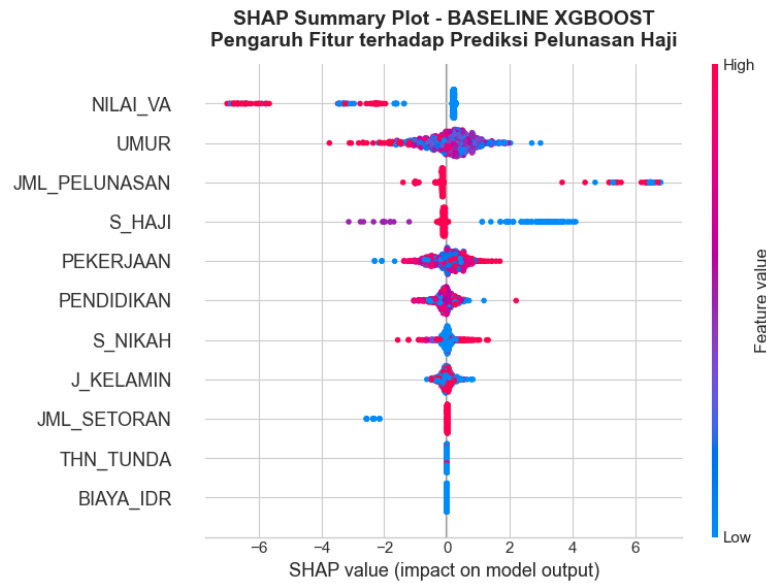
Tabel 1. Perbandingan Kinerja Model *XGBoost*.

Metrik	Baseline <i>XGBoost</i>	Optimized <i>XGBoost</i>
<i>Accuracy</i>	0,7820	0,7958
<i>ROC-AUC</i>	0,7778	0,7692
<i>Recall (kelas 0)</i>	0,3482	0,3239
<i>F1-Score (kelas 0)</i>	0,3902	0,3711

Sumber: Hasil Analisis (2025).

Interpretasi Faktor Risiko dengan *SHAP*

Analisis *SHAP* digunakan untuk mengidentifikasi faktor-faktor yang memengaruhi probabilitas status pelunasan. Berdasarkan *summary plot SHAP*, fitur *NILAI_VA* memiliki pengaruh paling kuat terhadap model dengan nilai *SHAP* rata-rata tertinggi. Nilai *SHAP* negatif pada fitur tertentu mengindikasikan peningkatan risiko gagal pelunasan.



Sumber: Penelitian (2025).

Gambar 1. Plot Ringkasan *SHAP* untuk Fitur Utama.

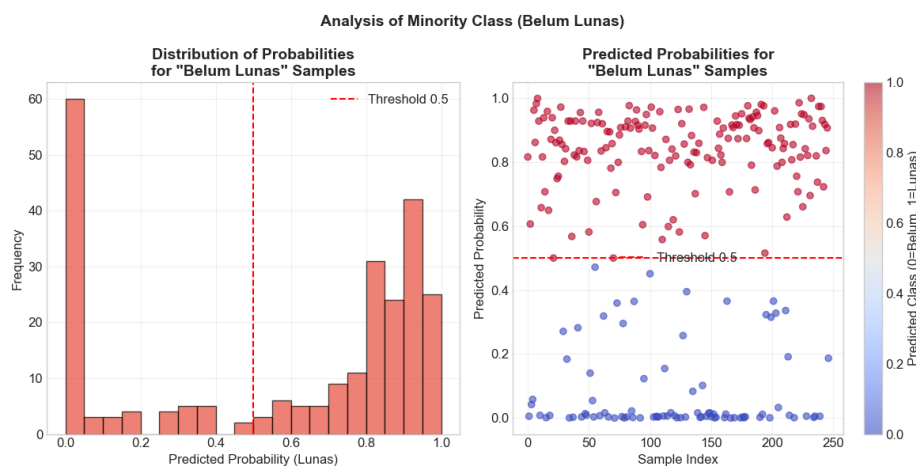
Fitur-fitur yang secara konsisten menurunkan probabilitas pelunasan (*SHAP* negatif) antara lain:

1. NILAI_VA (-1,2426)
2. JML_PELUNASAN (-0,3184)
3. UMUR (-0,1347)
4. S_HAJI (-0,1296)
5. PEKERJAAN (-0,0806)

Temuan ini menunjukkan bahwa jemaah dengan nilai *virtual account* tinggi, jumlah pelunasan besar, usia lebih tua, status haji sebelumnya, dan jenis pekerjaan tertentu cenderung berisiko lebih tinggi untuk tidak melunasi.

Analisis Kelas Minoritas (Belum Lunas)

Dari 247 sampel kelas Belum Lunas, model hanya berhasil mendeteksi 86 sampel (34,8%) dengan benar. Analisis probabilitas menunjukkan bahwa rata-rata probabilitas prediksi untuk kelas ini adalah 0,5801, dengan sebaran yang cukup lebar (min 0,0001 hingga max 0,9995). Hal ini mengindikasikan adanya keragaman karakteristik dalam kelas minoritas yang membuat prediksi menjadi lebih menantang.



Sumber: Penelitian (2025).

Gambar 2. Distribusi Probabilitas Prediksi untuk Kelas Minoritas.

Validasi dan Konsistensi Model

Validasi menggunakan *stratified 5-fold cross-validation* menunjukkan hasil yang konsisten dengan mean *ROC-AUC* 0,7743 ($\mp 0,0143$) dan mean *F1-score* untuk kelas minoritas 0,3657 ($\mp 0,0322$). Hasil ini mengonfirmasi bahwa model memiliki stabilitas yang baik dan tidak mengalami *overfitting*.

Implikasi Hasil Penelitian

Temuan penelitian ini memberikan implikasi praktis bagi Kementerian Agama dalam mengelola risiko pembayaran haji. Dengan mengetahui faktor-faktor risiko seperti nilai VA, jumlah pelunasan, dan usia, dapat dirancang intervensi yang lebih terarah, seperti skema pembayaran fleksibel, program pendampingan keuangan, atau sistem pemantauan berbasis risiko. Selain itu, interpretasi berbasis *SHAP* memungkinkan analisis per individu sehingga tindakan yang diambil dapat lebih dipersonalisasi.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Penelitian ini berhasil mengembangkan model prediksi status pelunasan biaya haji berbasis *XGBoost* dengan interpretasi *SHAP*. Model *baseline XGBoost* menunjukkan kinerja yang memadai dengan *ROC-AUC* 0,7778, namun kemampuan deteksi terhadap kelas minoritas (Belum Lunas) masih terbatas (*recall* 0,3482). Analisis *SHAP* berhasil mengidentifikasi faktor risiko utama gagal pelunasan, yaitu *NILAI_VA*, *JML_PELUNASAN*, dan *UMUR*, yang memberikan kontribusi negatif signifikan terhadap probabilitas pelunasan. Temuan ini mengonfirmasi bahwa variabel finansial memegang peran sentral dalam prediksi status pelunasan haji. Implikasi praktis dari penelitian ini adalah tersedianya model prediktif yang

tidak hanya akurat tetapi juga terinterpretasi, sehingga dapat mendukung pengambilan keputusan yang lebih informan dan terarah bagi pengelola haji, seperti dalam merancang skema pembayaran fleksibel atau program pendampingan keuangan bagi jemaah berisiko. Untuk penelitian mendatang, disarankan untuk mengeksplorasi teknik penanganan ketidakseimbangan kelas yang lebih *advance* (seperti *SMOTE* atau *ensemble* khusus), menguji model pada *dataset* dari provinsi lain untuk meningkatkan generalisasi, serta mengintegrasikan variabel kontekstual tambahan seperti kondisi ekonomi regional untuk memperkaya analisis risiko.

DAFTAR REFERENSI

- Amjad, M., Ahmad, I., Ahmad, M., Wróblewski, P., Kamiński, P., & Amjad, U. (2022). Prediction of Pile Bearing Capacity Using XGBoost Algorithm: Modeling and Performance Evaluation. *Applied Sciences*, 12(4), 2126. <https://doi.org/10.3390/app12042126>
- Dwivedi, R., Dave, D., Naik, H., Singhal, S., Omer, R., Patel, P., Qian, B., Wen, Z., Shah, T., Morgan, G., & Ranjan, R. (2023). Explainable AI (XAI): Core Ideas, Techniques, and Solutions. *ACM Computing Surveys*, 55(9), 1–33. <https://doi.org/10.1145/3561048>
- Kumar, A., Sharma, S., & Mahdavi, M. (2021). Machine Learning (ML) Technologies for Digital Credit Scoring in Rural Finance: A Literature Review. *Risks*, 9(11), 192. <https://doi.org/10.3390/risks9110192>
- Li, W., Yin, Y., Quan, X., & Zhang, H. (2019). Gene Expression Value Prediction Based on XGBoost Algorithm. *Frontiers in Genetics*, 10, 1077. <https://doi.org/10.3389/fgene.2019.01077>
- Ponce-Bobadilla, A. V., Schmitt, V., Maier, C. S., Mensing, S., & Stodtmann, S. (2024). Practical guide to SHAP analysis: Explaining supervised machine learning model predictions in drug development. *Clinical and Translational Science*, 17(11), e70056. <https://doi.org/10.1111/cts.70056>
- Zhang, X., Zhang, T., Hou, L., Liu, X., Guo, Z., Tian, Y., & Liu, Y. (2025). Data-Driven Loan Default Prediction: A Machine Learning Approach for Enhancing Business Process Management. *Systems*, 13(7), 581. <https://doi.org/10.3390/systems13070581>
- Zhu, X., Chu, Q., Song, X., Hu, P., & Peng, L. (2023). Explainable prediction of loan default based on machine learning models. *Data Science and Management*, 6(3), 123–133. <https://doi.org/10.1016/j.dsm.2023.04.003>