

ABSTRAK

Indonesia memiliki cadangan 40% panas bumi di dunia. Penelitian ini mengembangkan sistem pemeliharaan prediktif terintegrasi dengan mengombinasikan model hibrid *Long Short-Term Memory* (LSTM)-XGBoost dan teknologi *Mixed Reality* (MR) pada *Gas Removal System* Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi (PLTP) Kamojang. Permasalahan utama yang diidentifikasi adalah keterbatasan sistem pemeliharaan konvensional dalam memprediksi degradasi komponen secara akurat serta minimnya visualisasi interaktif untuk mendukung pengambilan keputusan operasional. Penelitian menggunakan dataset operasional 1.847 observasi dari periode Januari hingga Agustus 2024, dengan pembagian data 70% pelatihan, 15% validasi, dan 15% pengujian. Model hibrid LSTM-XGBoost dikembangkan untuk memprediksi tekanan kondensor, sementara sistem MR diimplementasikan menggunakan Unity 2021.3 LTS dan Meta Quest 3 untuk visualisasi tiga dimensi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa model hibrid mencapai performa superior dengan koefisien determinasi (R^2) 0,872, *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE) 1,5%, *Root Mean Square Error* (RMSE) 0,0025 kPa, dan *Mean Absolute Error* (MAE) 0,002 kPa, melampaui arsitektur *LSTM* mandiri (R^2 0,633), *Gated Recurrent Unit* (R^2 0,678), *Convolutional Neural Network* (R^2 0,672), dan *Transformer* (R^2 0,600). Sistem MR yang dikembangkan memfasilitasi manipulasi intuitif melalui *gesture recognition* berbasis *hand-tracking natural*, dengan resolusi geometris model tiga dimensi. Evaluasi *System Usability Scale* (SUS) dari 10 responden profesional industri menghasilkan skor rata-rata 84,38, mengindikasikan tingkat penerimaan yang memadai (kategori "acceptable"). Integrasi *WebView* memungkinkan konvergensi antara dashboard prediktif berbasis *Streamlit* dan visualisasi tiga dimensi, menciptakan ekosistem terpadu untuk monitoring kondisi *real-time*. Penelitian ini berkontribusi terhadap pengembangan sistem pemeliharaan prediktif yang mengintegrasikan pembelajaran mesin canggih dengan teknologi realitas campuran, memberikan fondasi untuk implementasi *Industry 4.0* pada sektor pembangkit geotermal.

Kata Kunci: *Gas Removal System, LSTM-XGBoost, Mixed Reality, Pembangkit Panas Bumi, Predictive Maintenance*