UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Model Prediksi Konsentrasi PM2,5 Ambien di Kawasan Perkotaan Yogyakarta
Dian Hudawan Santoso, Prof. Drs.Sri Juari Santosa, M.Eng.,Ph.D. ; Dr.Sc. Andung Bayu Sekaranom, S.Si.,M.Sc
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

MODEL PREDIKSI KONSENTRASI $PM_{2,5}$ AMBIEN DI KAWASAN PERKOTAAN YOGYAKARTA

Oleh

Dian Hudawan Santoso
22/508131/SMU/01612

INTISARI

Ancaman krisis lingkungan global, seperti perubahan iklim, hilangnya keanekaragaman hayati, dan peningkatan polusi udara, kian memburuk seiring bertambahnya populasi dan aktivitas pemanfaatan sumber daya alam. Kondisi ini berisiko menggagalkan Pencapaian Pembangunan Berkelanjutan (SDG) ke-13. Kawasan Perkotaan Yogyakarta menghadapi kendala berupa keterbatasan alat ukur dan minimnya data konsentrasi $PM_{2,5}$ ambien, padahal faktor pemicunya sangat kompleks dan berpotensi menjadi ancaman serius di masa depan jika tidak dikelola dengan baik. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis variasi serta korelasi konsentrasi $PM_{2,5}$ ambien dengan variabel prediktor, merancang model prediksi spasial dan temporal, serta merumuskan langkah strategis untuk pemantauan dan pengelolaannya.

Metode yang digunakan yaitu deskriptif statistik untuk analisis korelasi antar variabel; korelasi untuk mengetahui pengaruh antar variabel target dengan variabel prediktor; *Land Use Regression* (LUR), *Machine Learning* dan Hybrid LUR *Machine Learning* yang diintegrasikandengan GIS untuk prediksi spasial $PM_{2,5}$ ambien; sistem dinamis untuk prediksi temporal emisi $PM_{2,5}$ dan perancangan skenario reduksi; teknik kolokasi untuk komparasi instrumen; evaluasi kinerja model menggunakan R^2, RMSE, MSE dan MAE; rancang bangun *Low Cost Sensor* (LCS) berbasis IoT (*Internet of Things*) sebagai perekayasaan alternatif alat monitoring serta analisis mendalam untuk strategi monitoring dan pengelolaan konsentrasi $PM_{2,5}$ ambien di Kawasan Perkotaan Yogyakarta.

Hasil penelitian menunjukkan konsentrasi $PM_{2,5}$ ambien di Kawasan Perkotaan Yogyakarta memiliki besaran yang bervariasi. Konsentrasi tertinggi ditemukan pada kawasan dengan aktivitas antropogenik yang padat, terutama pada siang hari selama musim transisi. Korelasi antar variabel prediktor yang berupa kondisi meteorologi, jumlah kendaraan bermotor, jenis penggunaan lahan, dan jumlah penduduk dengan konsentrasi $PM_{2,5}$ ambien di Kawasan Perkotaan Yogyakarta bervariasi tergantung pada kondisi temporal baik musim maupun jenis hari. Model prediksi terbaik menggunakan Hybrid LUR+ ML dengan algoritma XGB untuk bulan kering (R^2 0.89; RMSE: 3,11), LightGBM di bulan transisi (R^2 0.92; RMSE: 4,14), Random Forest untuk bulan basah (R^2 0.92; RMSE: 3,57), CatBoost untuk hari kerja (R^2 0.93; RMSE: 3,11), dan CatBoost untuk hari libur (R^2 0.94; RMSE: 3,11). Model prediksi temporal konsentrasi $PM_{2,5}$ ambien menggunakan sistem dinamis diketahui terjadi peningkatan nilai emisi dari tahun 2020 - 2030 sehingga perlunya ada skenario untuk mereduksi laju partikulat. Pengelolaan strategis berupa manajemen monitoring dan pengukuran dengan *Low-Cost Sensor* (LCS) berbasis *Interet of Things* (IoT), penataan pada sektor transportasi menjadi prioritas utama, diikuti penataan pada RTH dan pengelolaan sampah.

Kata Kunci: Konsentrasi $PM_{2,5}$ ambien, Kawasan Perkotaan Yogyakarta, *Land Use Regression*, *Machine Learning*, Polusi Udara

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Model Prediksi Konsentrasi PM2,5 Ambien di Kawasan Perkotaan Yogyakarta
Dian Hudawan Santoso, Prof. Drs.Sri Juari Santosa, M.Eng.,Ph.D. ; Dr.Sc. Andung Bayu Sekaranom, S.Si.,M.Sc
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

PREDICTION MODEL OF AMBIENT $PM_{2,5}$ CONCENTRATION IN THE URBAN AREA OF YOGYAKARTA

By

Dian Hudawan Santoso
22/508131/SMU/01612

ABSTRACT

The threat of a global environmental crisis, such as climate change, loss of biodiversity, and increased air pollution, is worsening as the population grows and the exploitation of natural resources intensifies. This condition risks jeopardizing the achievement of Sustainable Development Goal (SDG) 13. The urban area of Yogyakarta faces challenges such as limited measuring instruments and a lack of ambient $PM_{2,5}$ concentration data, even though the triggering factors are very complex and could pose a serious threat in the future if not managed properly. Therefore, this research aims to analyze the variation and correlation of ambient $PM_{2,5}$ concentration with predictor variables, design spatial and temporal prediction models, and formulate strategic steps for monitoring and management.

The methods used include descriptive statistics for correlation analysis between variables; correlation to determine the influence between target variables and predictor variables; Land Use Regression (LUR), Machine Learning, and Hybrid LUR Machine Learning integrated with GIS for spatial prediction of ambient $PM_{2,5}$; dynamic systems for temporal prediction of $PM_{2,5}$ emissions and reduction scenario design; collocation techniques for instrument comparison; model performance evaluation using R^2, RMSE, MSE, and MAE; the design and development of Low Cost Sensors (LCS) based on IoT (Internet of Things) as an alternative monitoring tool; and in-depth analysis for monitoring and managing ambient $PM_{2,5}$ concentration strategies in the Urban Area of Yogyakarta.

The research results demonstrate that the concentration of ambient $PM_{2,5}$ consentrations in the Urban Area of Yogyakarta fluctuates in intensity. The most elevated quantities were detected in regions with significant human activity, particularly during daylight hours in the transitional season. The relationship between predictor variables such climatic factors, vehicle count, land use classifications, and population density and ambient $PM_{2,5}$ levels in Yogyakarta's urban environment fluctuates based on temporal conditions, whether seasonal or daily. The optimal predictive model employs Hybrid LUR+ ML utilising the XGB algorithm during arid months (R^2 0.89; RMSE: 3.11), LightGBM in transitional months (R^2 0.92; RMSE: 4.14), Random Forest for humid months (R^2 0.92; RMSE: 3.57), CatBoost for weekdays (R^2 0.93; RMSE: 3.11), and CatBoost for holidays (R^2 0.94; RMSE: 3.11). The temporal forecasting model for ambient $PM_{2,5}$ concentration via a dynamic system reveals an escalation in emission levels from 2020 to 2030, requiring mitigation strategies to lower particle concentrations. Strategic alleviation via the oversight and administration of measurements utilising *Low-Cost Sensors* (LCS) grounded on the *Internet of Things* (IoT), emphasising the transportation industry, succeeded by the organization of green open areas and waste disposal.

Keywords: Air Pollution, Ambient $PM_{2,5}$ Concentration, Machine Learning Techniques, Land Use Regression Analysis, Yogyakarta Urban Area