

ABSTRACT

The trend of using bicycles as an alternative means of transportation is increasing in various cities. These environmentally friendly vehicles not only contribute to sustainable mobility, but also provide affordable and efficient transportation solutions. With bicycle rental services, people can easily access bicycles for daily needs or recreation without having to own their own bicycle. However, inventory management for bike rental services is challenging due to fluctuations in demand influenced by factors such as seasons, weather, and special events. Therefore, inventory management by determining safety stock values is crucial in efforts to increase service operational efficiency and ensure adequate bicycle availability for users. Safety stock is an additional amount of inventory above the average level, a solution to overcome uncertainty in customer demand. Previous research shows that the use of demand data and lead time has not fully improved performance in predicting safety stock, and so the use of a single prediction model based on machine learning and time series also can not provide satisfactory results. Therefore, this research will combine two models, namely Support Vector Regression (SVR) and Seasonal Autoregressive Integrated Moving Average (SARIMA), to overcome the challenge and to increase the accuracy of safety stock predictions.

Nonlinearity problems in the data, which can not be handled effectively by the SARIMA model, can be overcome well using a combining model. This approach is based on the excellence of SARIMA and SVR models respectively, in which SARIMA model tends to be more excellent at handling seasonal patterns and trends in the time series data, while SVR is able to identify nonlinear patterns efficiently and utilize information from external features. It is important to note that the use of hyperparameter optimization methods such as Grid search can maximize the selection of the best parameters for the SVR model in *order* to get better results overall.

The research result regarding daily predictions in the context of demand data shows that the MAPE error rate reaches training data 13.4% and test data 18.3%, which is significantly lower than single models such as SVR, SARIMA, Linear Regression, and ridge regression. During this research, The best hyperparameter setting for the SVR model was applied, in which the Radial base Function (RBF) kernel was used with a value of nilai $C = 10$, epsilon 0.01, and $\gamma = 0.001$. In addition, the stationary test using Augmented Dickey-Fuller (ADF) on the *residual* data from the prediction results of SVR shows that the data has reached a better stationary level compared to other regression models. These findings indicate that the SVR model has succeeded in converting the *residual* data to stationary, fulfilling the requirements needed to continue advanced predictions using the SARIMA model.

Keyword : forecasting, Time Series, Safety Stock, SVR, SARIMA, grid search, stationary

INTISARI

Tren penggunaan sepeda sebagai alat transportasi alternatif semakin meningkat di berbagai kota. Kendaraan ramah lingkungan ini tidak hanya menyumbang pada mobilitas berkelanjutan, tetapi juga memberikan solusi transportasi yang terjangkau dan efisien. Dengan adanya layanan sewa sepeda, masyarakat dapat dengan mudah mengakses sepeda untuk keperluan harian atau rekreasi tanpa harus memiliki sepeda sendiri. Namun manajemen persediaan untuk layanan sewa sepeda menantang karena fluktuasi permintaan yang dipengaruhi oleh faktor-faktor seperti musim, cuaca, dan acara khusus. sehingga manajemen persediaan dengan menentukan nilai *safety stock* menjadi krusial dalam upaya meningkatkan efisiensi operasional layanan dan memastikan ketersediaan sepeda yang memadai untuk pengguna. *Safety stock* yang merupakan jumlah persediaan tambahan di atas tingkat rata-rata, menjadi solusi untuk mengatasi ketidakpastian dalam permintaan pelanggan. Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa penggunaan data permintaan dan *lead time* belum sepenuhnya meningkatkan kinerja dalam memprediksi *safety stock*, begitu juga dengan penggunaan model prediksi tunggal berbasis *machine learning* dan *time series* yang belum memberikan hasil yang memuaskan. Oleh karena itu, penelitian ini akan menggabungkan dua metode, yaitu *Support Vector Regression* (SVR) dan *Seasonal Autoregressive Integrated Moving Average* (SARIMA), untuk menghadapi tantangan dan meningkatkan akurasi prediksi permintaan sebagai variabel menentukan nilai *safety stock*.

Permasalahan layanan sewa sepeda dipengaruhi oleh beberapa faktor eksternal yang membentuk pola *nonlinearitas* dalam data yang tidak dapat ditangani secara efektif oleh model SARIMA akan tetapi dapat diatasi dengan baik melalui penggabungan model. Pendekatan ini didasarkan pada keunggulan masing-masing model SARIMA dan SVR, dengan model SARIMA cenderung lebih unggul dalam menangani pola musiman dan tren dalam data deret waktu, sementara SVR mampu secara efisien mengidentifikasi pola *nonlinear* dan memanfaatkan informasi dari fitur eksternal. Penggunaan metode optimasi *hyperparameter* seperti *Grid search* dapat memaksimalkan pemilihan parameter terbaik untuk model SVR, sehingga menghasilkan hasil yang lebih baik secara keseluruhan.

Hasil penelitian mengenai prediksi harian dalam konteks data permintaan menunjukkan bahwa tingkat kesalahan MAPE mencapai 13.4% pada data latih dan 18.3% pada data uji, yang secara signifikan lebih rendah dibandingkan dengan model tunggal seperti SVR, SARIMA, *Linear Regresi*, dan *ridge regresi*. Selama penelitian ini, dilakukan penyetelan *hyperparameter* terbaik untuk model SVR, di mana digunakan *kernel Radial base Function* (RBF) dengan nilai $C = 10$, $\epsilon = 0.01$, dan $\gamma = 0.001$. Selain itu, uji stasioner menggunakan *Augmented Dickey-Fuller* (ADF) pada data *residual* hasil prediksi SVR menunjukkan bahwa data tersebut telah mencapai tingkat stasioner yang lebih baik dibandingkan dengan model regresi lainnya. Temuan ini menunjukkan bahwa model SVR telah berhasil mengubah data *residual* menjadi stasioner, memenuhi syarat yang diperlukan untuk melanjutkan prediksi lanjutan dengan menggunakan model SARIMA.

Kata Kunci : Prediksi, deret waktu, *Safety Stock*, SVR, SARIMA, *grid search*, stasioner