PROCEEDINGS CONFERENCE SISI INDONESIA III
Tut Wuri Handayani: Development of Education, Science and Technology, and Humanity for the Progress of the Indonesian People
https://conference.sinesia.id/ncrcs-sinesia | E-ISSN: 3110-1062 |
https://doi.org/10.69836/ncrcs-sinesia

Prediksi Timbulan Sampah Menggunakan Model N-Beats Studi Kasus Kampung Zero Waste

Daily Waste Generation Forecasting Using The N-Beats Model: A Case Study Of The Zero

Muhammad Daud Rajasa
daudrajasa1421@gmail.com
Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur, East Java, Indonesia

Info Article
Submitted: 1 April 2026 | **Revised**: 10 May 2026 | **Accepted**: 14 May 2026
How to cite: Muhammad Daud Rajasa, "Prediksi Timbulan Sampah Menggunakan Model N-Beats Studi Kasus Kampung Zero Waste", *Proceedings Conference Sisi Indonesia III*, 2026, P. 341-353.

ABSTRACT

Waste generation has become a significant challenge in urban environmental management, particularly in community-based programs such as Kampung Zero Waste (KZW) in Surabaya. The dynamic fluctuations of daily waste generation require forecasting methods capable of producing accurate predictions to support efficient waste management operations. This study aims to develop a daily waste generation forecasting model using the N-BEATS (Neural Basis Expansion Analysis for Time Series) deep learning approach. The dataset used consists of daily records from 2022–2025 containing two main variables: date and waste generation. The research stages include exploratory data analysis (EDA), data preprocessing, train-test splitting, model development, and performance evaluation using MAE, RMSE, and sMAPE metrics. The results show that the N-BEATS model is capable of forecasting waste generation effectively, achieving an MAE value of 87.86, RMSE of 111.45, and sMAPE of 14.64%. In addition, the 7-day future forecasting results indicate relatively stable prediction patterns with moderate fluctuations. Overall, the N-BEATS model demonstrates strong capability in capturing univariate time-series patterns and has potential to support more efficient data-driven waste management.

Keyword: *N-Beats, Time series forecasting, waste generation, deep learning, zero waste*

ABSTRAK

Permasalahan timbulan sampah menjadi tantangan penting dalam pengelolaan lingkungan perkotaan, khususnya pada program berbasis masyarakat seperti Kampung Zero Waste (KZW) di Surabaya. Fluktuasi jumlah sampah harian yang bersifat dinamis menyebabkan perlunya metode peramalan yang mampu menghasilkan prediksi secara akurat guna mendukung efektivitas operasional pengelolaan sampah. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan model prediksi timbulan sampah harian menggunakan pendekatan deep learning N-BEATS (Neural Basis Expansion Analysis for Time Series). Dataset yang digunakan merupakan data harian periode 2022–2025 yang terdiri atas variabel tanggal dan timbulan sampah. Tahapan penelitian meliputi exploratory data analysis (EDA), preprocessing data, pembagian data train dan test, pembangunan model, serta evaluasi performa menggunakan metrik MAE, RMSE, dan sMAPE. Hasil penelitian menunjukkan bahwa model N-BEATS mampu memprediksi timbulan sampah dengan cukup baik, dengan nilai MAE sebesar 87,86, RMSE sebesar 111,45, dan sMAPE sebesar 14,64%. Selain itu, hasil future forecasting selama 7 hari ke depan menunjukkan pola prediksi yang stabil dengan fluktuasi moderat. Secara keseluruhan, model N-BEATS terbukti efektif dalam menangkap pola data deret waktu univariat dan berpotensi mendukung pengelolaan sampah berbasis data secara lebih efisien.

Kata Kunci: *N-Beats, peramalan deret waktu, timbulan sampah, deep learning, Kampung Zero Waste*

This work is licensed under CC BY-SA 4.0

Pendahuluan

Persoalan sampah menjadi isu global yang semakin mendesak seiring meningkatnya volume timbulan sampah dunia akibat urbanisasi, pertumbuhan penduduk, dan perubahan pola konsumsi yang menghasilkan tekanan signifikan terhadap lingkungan (Kumar et al., 2023) (Maalouf & Mavropoulos, 2023). Fenomena tersebut turut tercermin di Indonesia, di mana produksi sampah nasional mencapai lebih dari 18 juta ton pada tahun 2022 dan sebagian besar bersumber dari sektor rumah tangga, sebagaimana dilaporkan KLHK (Qonitan et al., 2021). Kondisi ini menimbulkan tantangan besar bagi kota-kota besar seperti Surabaya yang menghadapi keterbatasan kapasitas pengolahan dan peningkatan beban TPA (Ferdinan et al., 2022). Untuk memenuhi target pemerintah dalam pengurangan sampah sebesar 30% dan pengolahan 70%, dibutuhkan strategi yang melibatkan partisipasi aktif masyarakat. Dalam konteks tersebut, program Kampung Zero Waste (KZW) Surabaya hadir sebagai inisiatif berbasis komunitas yang mendorong pemilahan, pengurangan, dan pengolahan sampah di tingkat sumber sehingga berperan penting dalam mendukung pembangunan berkelanjutan dan mengurangi beban sistem pengelolaan sampah kota (Kuswanto & Putro, 2024). Surabaya telah dikenal sebagai salah satu kota di Indonesia yang aktif mengembangkan pengelolaan sampah berbasis masyarakat melalui inisiatif seperti kampung-zero waste, bank sampah, pemilahan di tingkat rumah tangga, dan daur ulang. Di seluruh kota telah berdiri ratusan unit Bank Sampah pada tingkat RW, kelurahan, sekolah, dan perkantoran (Prasanti & Yudhastuti, 2023). Peran bank sampah tidak sekadar sebagai tempat pengumpulan — lewat pemilahan dan penimbangan sampah terpilah, warga bisa memperoleh nilai ekonomi dari sampah yang mereka hasilkan, sehingga menciptakan siklus ekonomi sirkular sekaligus memberikan insentif untuk pengelolaan sampah secara bertanggung jawab. Dengan adanya sistem seperti ini, beban terhadap tempat pembuangan akhir (TPA) dapat ditekan, karena sebagian besar sampah organik diolah atau dikompos, dan sampah anorganik yang bisa didaur ulang dimanfaatkan kembali — sehingga hanya sisa yang tidak bisa diolah yang dibawa ke TPA. Selain membutuhkan partisipasi aktif masyarakat, upaya pengelolaan sampah yang efektif juga memerlukan kemampuan untuk memprediksi jumlah timbulan sampah harian secara akurat. Peramalan ini menjadi penting karena dapat membantu mengoptimalkan kapasitas pengumpulan dan penjadwalan, memastikan sarana prasarana seperti tempat penampungan, armada, dan logistik dapat direncanakan sesuai kebutuhan, serta meningkatkan efisiensi biaya operasional bank sampah (Šomplák, 2023).

Seiring meningkatnya kebutuhan akan metode yang lebih adaptif, perkembangan machine learning dan terutama deep learning membuka peluang baru dalam peramalan deret waktu, karena mampu mengatasi keterbatasan model

tradisional. Model deep learning mulai banyak digunakan untuk time series forecasting karena kemampuannya mempelajari pola non-linear yang kompleks serta beradaptasi dengan dinamika data yang berubah-ubah (Kong, 2025). Di antara model yang menonjol, N-BEATS menawarkan performa yang kuat melalui mekanisme pembelajaran yang mampu menangkap pola jangka pendek dan jangka panjang secara simultan, mengelola data multivariate, serta lebih toleran terhadap missing values (Pelekis, 2023). Kemampuan tersebut membuat model ini mampu memberikan hasil peramalan yang lebih akurat dan stabil dibandingkan metode konvensional, sehingga menjadi pilihan yang relevan untuk memprediksi timbulan sampah harian yang penuh fluktuasi dan dipengaruhi banyak factor. Model yang menjadi fokus penelitian adalah N-BEATS, sebuah arsitektur deep learning berbasis *fully-connected network* yang dirancang khusus untuk tugas peramalan deret waktu. Keunggulan utama model ini terletak pada struktur *backcast* dan *forecast block* yang memungkinkan proses pembelajaran berlangsung secara lebih terarah sekaligus memberikan tingkat interpretabilitas yang lebih baik dibandingkan banyak model deep learning lain (Oreshkin et al., 2020). N-BEATS terbukti efektif dalam melakukan peramalan univariate karena kemampuannya menangkap pola non-linear tanpa memerlukan fitur tambahan atau rekayasa fitur yang rumit, sehingga menjadikannya pilihan kuat untuk dataset dengan satu variabel utama namun tetap memiliki dinamika yang kompleks. Sebagai kelanjutan dari kebutuhan akan model prediksi yang lebih canggih, terlihat kesenjangan penelitian (research gap) yang cukup signifikan pada studi forecasting timbulan sampah di Indonesia. Mayoritas penelitian terdahulu masih mengandalkan model linier seperti ARIMA, ANN sederhana, atau metode regresi klasik yang kurang mampu menangkap pola non-linear dan dinamika multivariabel secara mendalam. Kelemahan metode konvensional ini menjadi krusial mengingat karakter data sampah sering kali bersifat fluktuatif, memiliki musiman yang kompleks, dan sangat dipengaruhi oleh aktivitas sosial ekonomi. Di sisi lain, teknologi deep learning menawarkan arsitektur yang lebih relevan untuk menangani kompleksitas tersebut. Hingga kini, kajian yang secara khusus mengeksplorasi dan menguji performa model N-BEATS (Neural Basis Expansion Analysis for Interpretable Time Series Forecasting) dalam konteks prediksi timbulan sampah harian masih sangat terbatas. Celah ilmiah ini menjadi sangat terasa pada skala berbasis komunitas, seperti operasional Bank Sampah di Kampung Zero Waste Surabaya. Penerapan N-BEATS diharapkan mampu mengisi kekosongan metodologi tersebut, mengingat kemampuannya dalam melakukan dekomposisi tren dan musiman secara otomatis. Penelitian ini menjadi penting untuk menghasilkan pendekatan forecasting yang tidak hanya lebih akurat, tetapi juga adaptif dalam memperkuat sistem pengelolaan sampah perkotaan, khususnya dalam mendukung efektivitas Kampung Zero Waste di Surabaya.

Metode Penelitian

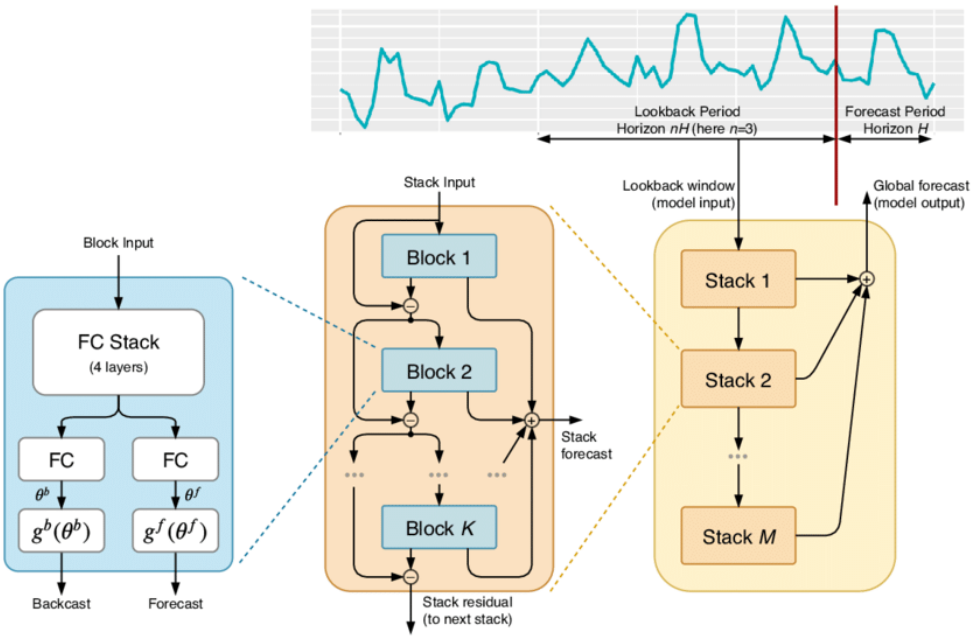
Variabel penelitian merupakan konsep yang merepresentasikan karakteristik tertentu dari suatu objek atau fenomena yang diteliti, di mana nilai atau kondisinya dapat berubah antar unit observasi maupun antar waktu (Kerlinger, 2000). Pada studi ini, variabel utama yang dianalisis adalah timbulan sampah harian sebagai variabel dependen (Y), yang menjadi fokus utama dalam proses peramalan menggunakan model deep learning, yaitu N-BEATS. Data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data sekunder yang diperoleh dari Program Kampung Zero Waste (KZW) Surabaya. Penggunaan data sekunder merupakan pendekatan yang umum dalam penelitian deret waktu lingkungan karena memungkinkan analisis berbasis data historis yang konsisten dan berkelanjutan (Djamba & Neuman, 2002). Dataset yang digunakan mencakup periode tahun 2022 hingga 2025 dan hanya terdiri dari dua atribut utama, yaitu tanggal sebagai penanda waktu (time index) dan timbulan sampah sebagai variabel yang diprediksi. Struktur data dengan resolusi harian ini sangat sesuai untuk diterapkan pada model prediktif berbasis deep learning seperti N-BEATS, yang memanfaatkan pola historis data univariat untuk menghasilkan peramalan yang akurat.

Tanggal	Timbulan_Sampah
2022-01-01	106.67
2022-01-02	102.07
2022-01-03	132.77
2022-01-04	152.36
2022-01-05	118.75

Proses analisis kinerja model *N-BEATS* memerlukan tahapan sistematis agar hasil perbandingan dapat dipertanggungjawabkan secara metodologis. Setiap langkah disusun untuk memastikan bahwa data deret waktu diproses secara benar, model dilatih dengan pendekatan yang konsisten, dan evaluasi dilakukan secara objektif. Alur analisis tidak hanya menekankan aspek teknis seperti pembagian data, pelatihan model, dan perhitungan metrik, tetapi juga mencakup validasi statistik dan interpretasi performa model dalam konteks prediksi yang menjadi fokus penelitian. Diagram alir berikut memberikan gambaran umum mengenai tahapan tersebut.

Metodologi penelitian ini dimulai dengan pengumpulan data historis harian Bank Sampah Kampung Zero Waste Surabaya periode 2022–2025, yang kemudian

dianalisis melalui *Exploratory Data Analysis* (EDA) dan diproses melalui tahapan *preprocessing* komprehensif—meliputi *data cleaning*, *adaptive scaling* (Min-Max atau Robust Scaling), serta seleksi fitur menggunakan *Recursive Feature Elimination* (RFE)—sebelum akhirnya dataset dibagi secara kronologis (90% *train-val*, 10% *test*) untuk membangun dan menguji performa model *deep learning* N-BEATS yang dioptimasi menggunakan *hyperparameter tuning* dan *Time-Series Cross Validation*.



N-BEATS merupakan model deep learning yang dirancang khusus untuk peramalan deret waktu dengan menggunakan arsitektur fully connected feed-forward, sehingga seluruh pemrosesan dilakukan melalui multilayer perceptron tanpa bergantung pada mekanisme rekuren atau attention. Fondasi arsitektural ini merujuk pada konsep jaringan MLP, di mana lapisan linear dan fungsi aktivasi non-linear digunakan untuk mengekstraksi representasi pola dari data historis. Ciri utama N-BEATS terletak pada mekanisme *backcast–forecast*: setiap blok memproses input historis, menghasilkan estimasi bagian sejarah yang dapat dijelaskan (*backcast*), sekaligus memproduksi prediksi ke depan (*forecast*). Mekanisme ini memanfaatkan prinsip *residual learning* yang telah diperkenalkan dalam *deep residual networks* yang memungkinkan pelatihan jaringan dengan sangat dalam dan tetap stabil. Arsitektur N-BEATS dibangun secara modular melalui tiga tipe blok: *trend block* yang memanfaatkan basis polinomial untuk mengekstraksi pola tren; *seasonality block* yang memanfaatkan basis harmonik untuk menangkap pola musiman; serta *generic block* yang bersifat fleksibel tanpa asumsi struktural tertentu. Pendekatan basis seperti ini sejalan dengan konsep ekspansi fungsi dalam teori statistik modern. Setiap blok dihubungkan melalui *forward–backward residual links*,

yaitu mekanisme yang memastikan bahwa informasi yang belum dijelaskan diteruskan ke blok berikutnya sehingga prediksi dapat diperbaiki secara bertahap. Struktur modular tersebut menjadi dasar untuk memahami bagaimana N-BEATS menangkap pola tren, musiman, maupun komponen nonlinier secara terpisah. Evaluasi model dilakukan untuk menilai sejauh mana model mampu memprediksi timbulan sampah harian dengan mempertimbangkan variabel operasional Bank Sampah Kampung Zero Waste, yaitu sampah masuk bank, sampah terolah, sisa sampah ke TPS, jumlah RW terlibat, dan jumlah KK aktif. Penelitian ini menggunakan tiga metrik evaluasi utama, yaitu *Symmetric Mean Absolute Percentage Error* (sMAPE), *Root Mean Squared Error* (RMSE), dan *Mean Absolute Error* (MAE). Pemilihan ketiga metrik tersebut mengacu pada rekomendasi Hyndman dan Koehler, yang banyak digunakan dalam penelitian peramalan deret waktu karena mampu memberikan gambaran akurasi prediksi secara lebih menyeluruh.

Symmetric Mean Absolute Percentage Error (sMAPE), Root Mean Squared Error (RMSE), dan Mean Absolute Error (MAE) merupakan metrik evaluasi yang digunakan untuk mengukur performa model prediksi. sMAPE digunakan untuk mengukur kesalahan relatif antara nilai prediksi dan nilai aktual dengan sifat simetris, sehingga tidak memihak pada prediksi yang terlalu tinggi (*overprediction*) maupun terlalu rendah (*underprediction*). Metrik ini sangat sesuai digunakan pada data dengan skala yang bervariasi atau memiliki fluktuasi tinggi. Selanjutnya, RMSE digunakan untuk menghitung rata-rata kesalahan prediksi dengan memberikan penalti lebih besar terhadap kesalahan yang ekstrem, sehingga metrik ini sensitif terhadap *outlier* dan cocok digunakan untuk mengevaluasi model yang diharapkan mampu meminimalkan kesalahan besar. Sementara itu, MAE digunakan untuk menghitung rata-rata selisih absolut antara nilai prediksi dan nilai aktual tanpa memberikan penalti tambahan terhadap kesalahan besar, sehingga lebih tahan terhadap *outlier* dan sesuai digunakan pada data dengan tingkat variabilitas yang tinggi.

$$\frac{100}{n}\sum_{t=1}^{n}\frac{|F_t - A_t|}{|A_t| + |F_t|/2}$$

$$\sqrt{\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}(A_t - F_t)2}$$

$$\frac{1}{n}\sum_{t=1}^{n}|A_1 - F_t|$$

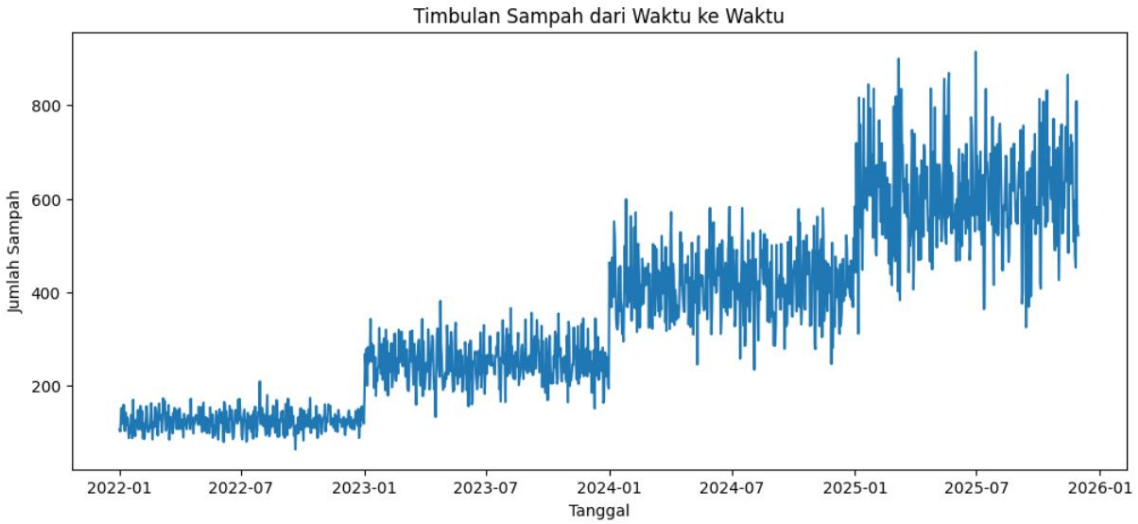
Hasil dan Pembahasan

Berdasarkan hasil penelitian prediksi timbulan sampah menggunakan model N-BEATS (Neural Basis Expansion Analysis for Time Series), penelitian ini berhasil mengungkap pola pergerakan timbulan sampah dari sudut pandang analisis univariat. Data yang digunakan menunjukkan karakteristik fluktuatif dengan kecenderungan meningkat dari tahun 2022 hingga 2025, yang mengindikasikan adanya pertumbuhan volume sampah seiring waktu. Selain itu, hasil eksplorasi data melalui visualisasi time series menunjukkan adanya variasi harian yang cukup tinggi serta beberapa lonjakan (spike) pada periode tertentu, yang menandakan sifat data yang dinamis. Dalam proses pemodelan, model N-BEATS dilatih menggunakan parameter input_chunk_length sebesar 30 dan output_chunk_length sebesar 7 dengan total 100 epoch. Hasil pelatihan menunjukkan bahwa model mampu melakukan konvergensi dengan baik, ditandai dengan penurunan nilai loss selama proses training. Hal ini mengindikasikan bahwa model berhasil mempelajari pola historis data secara efektif.Secara kuantitatif, performa model dievaluasi menggunakan beberapa metrik, yaitu Mean Absolute Error (MAE) sebesar 87,86, Root Mean Squared Error (RMSE) sebesar 111,45, dan Symmetric Mean Absolute Percentage Error (sMAPE) sebesar 14,64%. Nilai MAE menunjukkan bahwa rata-rata kesalahan prediksi model berada pada kisaran ±87 satuan timbulan sampah. Sementara itu, nilai RMSE yang lebih besar mengindikasikan bahwa terdapat beberapa kesalahan prediksi yang cukup tinggi pada titik-titik dengan fluktuasi ekstrem. Nilai sMAPE sebesar 14,64% menunjukkan bahwa model memiliki tingkat akurasi yang cukup baik dalam memprediksi data time series dengan volatilitas tinggi. Pada tahap peramalan masa depan (*future forecasting*), model menghasilkan prediksi timbulan sampah selama 7 hari ke depan, yaitu sebesar 499,59 pada hari pertama, meningkat menjadi 729,78 pada hari kedua, kemudian berfluktuasi pada kisaran 579 hingga 661 pada hari-hari berikutnya. Pola prediksi ini menunjukkan bahwa timbulan sampah diperkirakan tetap berada dalam rentang menengah dengan variasi yang tidak terlalu ekstrem. Hal ini mengindikasikan bahwa model cenderung memberikan prediksi yang stabil berdasarkan pola historis. Pada tahap peramalan masa depan (future forecasting), model menghasilkan prediksi timbulan sampah selama 7 hari ke depan, yaitu sebesar 499,59 pada hari pertama, meningkat menjadi 729,78 pada hari kedua, kemudian berfluktuasi pada kisaran 579 hingga 661 pada hari-hari berikutnya. Pola prediksi ini menunjukkan bahwa timbulan sampah diperkirakan tetap berada dalam rentang menengah dengan variasi yang tidak terlalu ekstrem. Hal ini mengindikasikan bahwa model cenderung memberikan prediksi yang stabil berdasarkan pola historis. Secara keseluruhan, hasil penelitian ini menunjukkan bahwa model N-BEATS memiliki kemampuan yang baik dalam memodelkan dan memprediksi data time series univariat seperti timbulan sampah. Model mampu

menangkap pola umum data serta menghasilkan prediksi jangka pendek yang cukup akurat. Namun, untuk meningkatkan performa model, diperlukan pengembangan lebih lanjut seperti penambahan variabel eksternal (multivariat), optimasi hyperparameter, atau penggunaan model pembanding seperti Transformer atau LSTM. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa model N-BEATS tidak hanya efektif secara teoritis, tetapi juga memiliki potensi praktis yang cukup kuat dalam mendukung pengelolaan timbulan sampah berbasis data.

1.1 Exploratory Data Analysis

Berdasarkan hasil eksplorasi data (Exploratory Data Analysis/EDA), timbulan sampah menunjukkan pola tren meningkat secara signifikan selama periode pengamatan tahun 2022 hingga 2025. Pada tahun 2022, nilai timbulan sampah relatif rendah dan stabil pada kisaran 100 hingga 150. Memasuki tahun 2023, terjadi peningkatan pada kisaran 200 hingga 300, yang kemudian terus meningkat pada tahun 2024 dengan rentang nilai sekitar 350 hingga 500. Peningkatan paling signifikan terjadi pada tahun 2025, di mana timbulan sampah berada pada kisaran 500 hingga lebih dari 800.



Selain itu, data menunjukkan tingkat fluktuasi yang semakin tinggi dari waktu ke waktu, terutama pada periode 2024 hingga 2025, yang mengindikasikan adanya peningkatan volatilitas. Variasi nilai yang semakin besar ini menunjukkan bahwa variansi data tidak konstan (*heteroskedastis)*, sehingga data dapat dikategorikan sebagai tidak stasioner. Di sisi lain, tidak ditemukan pola musiman yang jelas dalam data, sehingga perubahan yang terjadi lebih didominasi oleh tren jangka panjang dan fluktuasi acak.

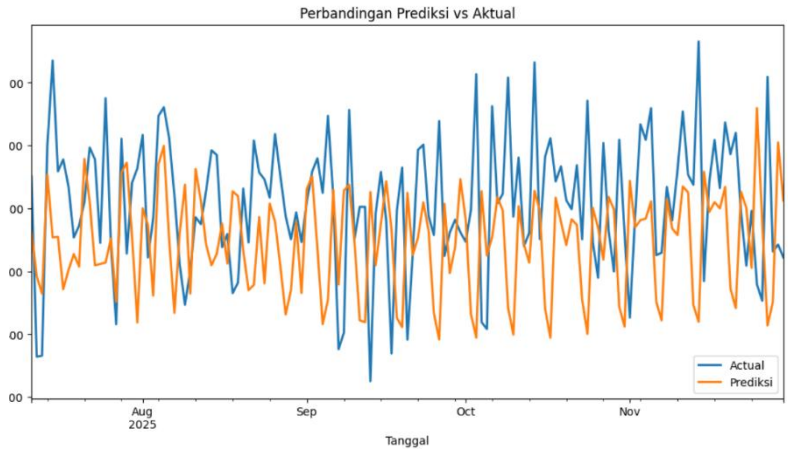
1.2 Modelling

Berdasarkan hasil pemodelan menggunakan N-BEATS, model menunjukkan kemampuan yang cukup baik dalam memprediksi timbulan sampah

harian. Nilai evaluasi yang diperoleh, yaitu MAE sebesar 87,86, RMSE sebesar 111,45, dan sMAPE sebesar 14,64%, mengindikasikan bahwa tingkat kesalahan prediksi masih dalam batas yang dapat diterima untuk data deret waktu dengan fluktuasi tinggi. Nilai sMAPE di bawah 20% menunjukkan bahwa model memiliki akurasi yang cukup baik dalam menangkap pola umum data.

```
MAE: 87.86332773779192
RMSE: 111.45256610834306
sMAPE: 14.63529271260873
```

Dari sisi visual, hasil prediksi mampu mengikuti tren dan variasi global dari data aktual, meskipun terdapat perbedaan pada beberapa titik dengan perubahan ekstrem. Model cenderung menghasilkan prediksi yang lebih halus (smooth) dibandingkan data aktual, sehingga kurang mampu menangkap lonjakan tajam yang terjadi secara tiba-tiba. Hal ini menunjukkan bahwa model lebih fokus pada pola umum dibandingkan fluktuasi lokal yang bersifat ekstrem.

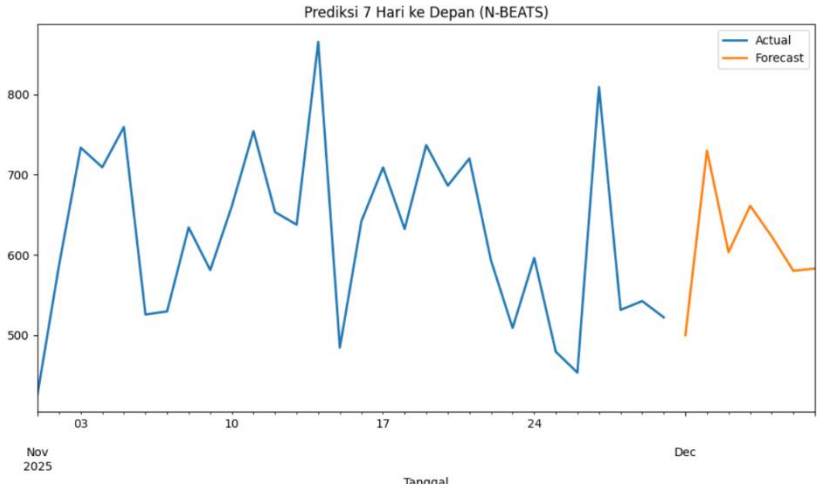


Secara keseluruhan, model N-BEATS dapat dikatakan efektif dalam melakukan peramalan jangka pendek timbulan sampah, khususnya dalam menangkap tren dan pola dasar data. Namun, untuk meningkatkan akurasi pada kondisi data yang sangat fluktuatif, diperlukan pengembangan lebih lanjut, seperti optimasi parameter model atau penggunaan pendekatan multivariat.

1.3 Future Forecast

Berdasarkan hasil peramalan menggunakan model N-BEATS, prediksi timbulan sampah untuk 7 hari ke depan menunjukkan pola fluktuatif dengan kecenderungan berada pada kisaran menengah. Nilai prediksi pada hari pertama (1 Desember 2025) sebesar 499,59 mengalami peningkatan signifikan pada hari kedua menjadi 729,78. Selanjutnya, nilai prediksi mengalami penurunan dan stabilisasi pada rentang 579 hingga 661 hingga hari ketujuh.

```
Hari ke-1 (2025-12-01): 499.59
Hari ke-2 (2025-12-02): 729.78
Hari ke-3 (2025-12-03): 603.22
Hari ke-4 (2025-12-04): 661.05
Hari ke-5 (2025-12-05): 622.76
Hari ke-6 (2025-12-06): 579.97
Hari ke-7 (2025-12-07): 582.85
```



Pola tersebut menunjukkan bahwa timbulan sampah diperkirakan tidak mengalami lonjakan ekstrem, melainkan bergerak secara dinamis namun tetap dalam batas yang relatif stabil. Dibandingkan dengan data historis sebelumnya yang memiliki fluktuasi cukup tinggi, hasil prediksi menunjukkan kecenderungan model dalam menghasilkan nilai yang lebih halus (smooth), sehingga variasi ekstrem tidak terlalu terlihat pada hasil peramalan. Secara keseluruhan, hasil prediksi ini mengindikasikan bahwa dalam jangka pendek, timbulan sampah akan tetap berada pada kisaran normal dengan variasi moderat. Hal ini dapat menjadi dasar dalam perencanaan pengelolaan sampah, khususnya dalam mengantisipasi kebutuhan operasional dalam periode mendatang

Penutup

Penelitian ini menunjukkan bahwa model N-BEATS mampu digunakan untuk memprediksi timbulan sampah harian dengan cukup baik melalui pendekatan deret waktu univariat. Model berhasil menangkap pola umum data historis yang memiliki tren meningkat serta fluktuasi yang cukup tinggi selama periode pengamatan. Hasil evaluasi menunjukkan bahwa model memiliki tingkat kesalahan yang masih dalam batas wajar, dengan nilai MAE sebesar 87,86, RMSE sebesar 111,45, dan sMAPE sebesar 14,64%. Nilai tersebut mengindikasikan bahwa model memiliki tingkat akurasi yang cukup baik dalam memprediksi data timbulan

sampah yang bersifat dinamis. Selain itu, hasil prediksi untuk 7 hari ke depan menunjukkan bahwa timbulan sampah diperkirakan berada pada kisaran stabil dengan variasi moderat tanpa lonjakan ekstrem. Hal ini menunjukkan bahwa model mampu memberikan gambaran tren jangka pendek yang dapat digunakan sebagai dasar dalam perencanaan pengelolaan sampah. Dengan demikian, penelitian ini berhasil menjawab permasalahan terkait bagaimana memodelkan dan memprediksi timbulan sampah harian menggunakan pendekatan deep learning. Model N-BEATS terbukti efektif dalam menangkap pola data dan menghasilkan prediksi yang relevan, sehingga dapat menjadi salah satu alternatif metode dalam analisis dan peramalan timbulan sampah berbasis data.

Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, terdapat beberapa saran yang dapat diberikan kepada pihak terkait, khususnya pengelola Program Kampung Zero Waste (KZW) Surabaya, dalam upaya meningkatkan efektivitas pengelolaan timbulan sampah. Pertama, hasil prediksi yang dihasilkan oleh model N-BEATS dapat dimanfaatkan sebagai dasar dalam perencanaan operasional pengelolaan sampah, seperti penjadwalan pengangkutan, pengolahan, serta alokasi sumber daya. Dengan adanya informasi prediksi jangka pendek, pihak pengelola dapat lebih siap dalam menghadapi fluktuasi timbulan sampah. Kedua, disarankan untuk meningkatkan kualitas dan kelengkapan data yang dikumpulkan secara berkala. Penambahan variabel lain seperti kondisi cuaca, hari libur, atau aktivitas masyarakat dapat membantu meningkatkan akurasi model di masa mendatang melalui pendekatan multivariat. Ketiga, perlu dilakukan evaluasi dan pembaruan model secara berkala agar tetap relevan dengan kondisi terbaru. Mengingat data timbulan sampah bersifat dinamis, model prediksi perlu disesuaikan dengan pola terbaru agar hasil yang diperoleh tetap optimal. Dengan adanya penerapan model prediktif ini, diharapkan pengelolaan timbulan sampah dapat dilakukan secara lebih efisien, terencana, dan berbasis data.

Ucapan Terimakasih

Puji syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas terselesaikannya penelitian ini dengan baik. Proses penyusunan penelitian ini tidak terlepas dari dukungan berbagai pihak yang telah memberikan kontribusi secara langsung maupun tidak langsung. Penulis mengucapkan terima kasih kepada Program Studi Sains Data, Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur (UPNVJT), yang telah menyediakan lingkungan akademik yang kondusif, fasilitas pembelajaran, serta dukungan selama proses penelitian berlangsung. Lingkungan tersebut sangat membantu dalam pengembangan kemampuan analisis data dan pemodelan yang menjadi dasar penelitian ini. Penulis turut mengapresiasi

pihak Program Kampung Zero Waste (KZW) Surabaya yang telah menyediakan data timbulan sampah sebagai sumber utama penelitian. Ketersediaan data tersebut menjadi faktor penting dalam proses pengolahan dan pemodelan yang dilakukan.

Selain itu, penulis menyampaikan terima kasih kepada panitia penyelenggara serta reviewer pada kegiatan ilmiah Sinesia yang telah memberikan masukan, kritik, dan saran konstruktif terhadap penyempurnaan naskah penelitian ini. Berbagai evaluasi yang diberikan sangat membantu dalam meningkatkan kualitas penulisan dan kelayakan publikasi ilmiah. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada komunitas pengembang teknologi, khususnya dalam ekosistem open-source seperti Python, PyTorch, dan Darts, yang telah menyediakan berbagai alat bantu dalam proses analisis dan pemodelan data. Akhirnya, penulis berharap penelitian ini dapat memberikan manfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan serta menjadi referensi dalam pengelolaan timbulan sampah berbasis data di masa mendatang.

Daftar Pustaka

Djamba, Y. K., & Neuman, W. L. (2002). Social Research Methods: Qualitative and Quantitative Approaches. *Teaching Sociology*, *30*(3), 380. https://doi.org/10.2307/3211488

Ferdinan, Utomo, S. W., Soesilo, T. E. B., & Herdiansyah, H. (2022). Household Waste Control Index towards Sustainable Waste Management: A Study in Bekasi City, Indonesia. *Sustainability*, *14*(21), 14403. https://doi.org/10.3390/su142114403

Firdaus, R. G., Miftahulloh, M., Ridho, M., Abiliah, H. N., Foessy, F. E., Rahmania, N. E. U., & Lutfi, M. F. R. (2026). Legal Perspectives on the Use of AI in Business Decision-Making in the Digital Age. *Synergy: Journal of Collaborative Sciences*, *2*(1), 31–48. https://doi.org/10.69836/synergy.v2i1.223

Kerlinger, F. N. (2000). *Foundations of Behavioral Research*. Harcourt College Publishers.

Kong, X. et al. (2025). Deep learning for time series forecasting: a survey. *International Journal of Machine Learning and Cybernetics*, *16*(7–8), 5079–5112. https://doi.org/10.1007/s13042-025-02560-w

Kumar, A., Singh, E., Mishra, R., Lo, S. L., & Kumar, S. (2023). Global trends in municipal solid waste treatment technologies through the lens of sustainable energy development opportunity. *Energy*, *275*, 127471. https://doi.org/10.1016/j.energy.2023.127471

Kuswanto, S. M. C., & Putro, R. K. H. (2024). Mengevaluasi Efektivitas Kampung Zero Waste RW 2 Gubeng Surabaya. *Journal of Scientech Research and Development*, *6*(1), 715–727. https://doi.org/10.56670/jsrd.v6i1.338

Maalouf, A., & Mavropoulos, A. (2023). Re-assessing global municipal solid waste

generation. *Waste Management \& Research*, *41*(4), 936–947. https://doi.org/10.1177/0734242X221074116

Oreshkin, B. N., Carpov, D., Chapados, N., & Bengio, Y. (2020). N-BEATS: Neural basis expansion analysis for interpretable time series forecasting. *International Conference on Learning Representations (ICLR)*. https://arxiv.org/abs/1905.10437

Pelekis, S. et al. (2023). A comparative assessment of deep learning models for day-ahead load forecasting: Investigating key accuracy drivers. *Sustainable Energy, Grids and Networks*, *36*, 101171. https://doi.org/10.1016/j.segan.2023.101171

Prasanti, K. S., & Yudhastuti, R. (2023). Analisis Penerapan Pengelolaan Sampah Berbasis Masyarakat Melalui Bank Sampah. *Media Publikasi Promosi Kesehatan Indonesia*, *6*(8), 1584–1591. https://doi.org/10.56338/mppki.v6i8.3454

Qonitan, F. D., Suryawan, I. W. K., & Rahman, A. (2021). Overview of Municipal Solid Waste Generation and Energy Utilization Potential in Major Cities of Indonesia. *Journal of Physics: Conference Series*, *1858*(1), 12064. https://doi.org/10.1088/1742-6596/1858/1/012064

Šomplák, R. et al. (2023). Comprehensive Review on Waste Generation Modeling. *Sustainability*, *15*(4), 3278. https://doi.org/10.3390/su15043278

Biografi Singkat Penulis



Muhammad Daud Rajasa adalah mahasiswa di Program Studi Sains Data, Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur. Fokus akademiknya berpusat pada implementasi machine learning dan deep learning untuk pemodelan data deret waktu (time-series forecasting), khususnya dalam menganalisis pola timbulan sampah. Ia memiliki kompetensi teknis dalam merancang model prediktif berbasis deep learning, termasuk penggunaan arsitektur N-BEATS, serta berpengalaman dalam memanfaatkan framework PyTorch dan pustaka analisis time series seperti Darts. Saat ini, ia активно meneliti efektivitas model N-BEATS dalam memprediksi timbulan sampah harian menggunakan pendekatan univariat. Melalui studinya, ia berkomitmen untuk mengembangkan metode prediksi yang akurat dan aplikatif guna mendukung pengambilan keputusan dalam pengelolaan sampah berbasis data. Secara keseluruhan, fokus penelitiannya diarahkan pada penerapan sains data untuk mendukung solusi lingkungan yang berkelanjutan.