

PERBANDINGAN PERFORMA MODEL LSTM MULTIVARAT DENGAN DAN TANPA KOVARIAT DALAM PERAMALAN PENJUALAN MINUMAN KEKINIAN

AISYAH NURUZZAHRA TIRTASUWANDA



**PROGRAM STUDI SARJANA STATISTIKA DAN SAINS DATA
SEKOLAH SAINS DATA, MATEMATIKA, DAN INFORMATIKA
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2025**



- 



PERNYATAAN MENGENAI SKRIPSI DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi dengan judul “Perbandingan Performa Model LSTM Multivariat dengan dan tanpa Kovariat Dalam Peramalan Penjualan Minuman Kekinian” adalah karya saya dengan arahan dari dosen pembimbing dan belum diajukan dalam bentuk apa pun kepada perguruan tinggi mana pun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka di bagian akhir skripsi ini.

Dengan ini saya melimpahkan hak cipta dari karya tulis saya kepada Institut Pertanian Bogor.

Bogor, Oktober 2025

Aisyah Nuruzzahra Tirtasuwanda
G1401211076



ABSTRAK

AISYAH NURUZZAHRA TIRTASUWANDA. Perbandingan Performa Model LSTM Multivariat dengan dan tanpa Kovariat dalam Peramalan Penjualan Minuman Kekinian. Dibimbing oleh INDAHWATI dan RAHMA ANISA.

Peramalan penjualan dalam industri makanan dan minuman berperan penting untuk mendukung pengambilan keputusan operasional, terutama pada bisnis dengan permintaan yang fluktuatif seperti kedai kopi. Penelitian ini menggunakan data penjualan harian enam menu minuman kekinian di Et Al Coffee Bogor selama periode 1 September 2021 hingga 30 Mei 2025, dengan total 8.208 observasi. Model *Long Short-Term Memory* (LSTM) multivariat diterapkan karena mampu menangkap pola temporal jangka panjang serta memproses lebih dari satu peubah penjelas secara bersamaan. Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan performa model peramalan dengan dan tanpa kovariat sekaligus meramalkan penjualan selama 21 hari ke depan. Evaluasi dilakukan dengan *walk-forward cross-validation*, dengan kovariat yang meliputi indikator Ramadan, hari libur nasional, periode promosi, dan hari dalam minggu dalam bentuk *cyclical encoding*. Hasil menunjukkan bahwa penambahan kovariat meningkatkan performa model, dengan model terbaik mencapai nilai SMdAPE sebesar 38%. Peramalan 21 hari ke depan memperlihatkan pola penjualan yang konsisten dengan tren meningkat dari *weekdays* menuju *weekend*. Temuan ini memberikan pendekatan prediksi yang efisien dalam mengelola persediaan dan perencanaan strategi penjualan.

Kata kunci: *cyclical encoding*, deret waktu, LSTM multivariat, peramalan penjualan, *walk-forward cross-validation*



ABSTRACT

AISYAH NURUZZAHRA TIRTASUWANDA. Performance Analysis of a Multivariate LSTM Model on the Effect of Covariates in Forecasting Contemporary Beverage Sales by INDAH WATI and RAHMA ANISA.

Sales forecasting in the food and beverage industry played an important role in supporting operational decision-making, especially for businesses with fluctuating demand such as coffee shops. This study used daily sales data of six popular beverages items from Et Al Coffee Bogor for the period between September 1, 2021, and May 30, 2025, comprising a total of 8,208 observations. A multivariate Long Short-Term Memory (LSTM) model was applied, as it was capable of capturing long-term temporal patterns and processing multiple explanatory variables simultaneously. The study aimed to compare the performance of forecasting models with and without covariates while forecasting sales for the next 21 days. Evaluation was conducted using walk-forward cross-validation, with covariates including Ramadan indicators, national holidays, promotion periods, and day-of-week variables represented through cyclical encoding. The results showed that incorporating covariates improved model performance, with the best model achieving an SMdAPE value of 38%. The 21-day-ahead forecast revealed consistent sales patterns with an increasing trend from weekdays to weekends. These findings provided an efficient predictive approach for inventory management and sales strategy planning.

Keywords: cyclical encoding, multivariate LSTM, sales forecasting, time series, walk forward cross-validation



@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



PERBANDINGAN PERFORMA MODEL LSTM MULTIVARAT DENGAN DAN TANPA KOVARIAT DALAM PERAMALAN PENJUALAN MINUMAN KEKINIAN

AISYAH NURUZZAHRA TIRTASUWANDA

Skripsi
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana pada
Program Studi Statistika dan Sains Data

**PROGRAM STUDI SARJANA STATISTIKA DAN SAINS DATA
SEKOLAH SAINS DATA, MATEMATIKA, DAN INFORMATIKA
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2025**



@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

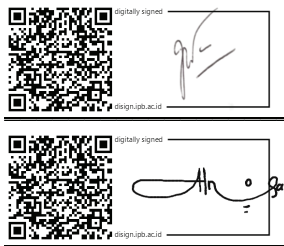
Judul Skripsi : Perbandingan Performa Model LSTM Multivariat dengan dan tanpa Kovariat dalam Peramalan Penjualan Minuman Kekinian

Nama : Aisyah Nuruzzahra Tirtasuwanda
NIM : G1401211076

Disetujui oleh

Pembimbing 1:
Dr. Ir. Indahwati, M.Si

Pembimbing 2:
Rahma Anisa, S.Stat., M.Si



Diketahui oleh

Ketua Program Studi:
Dr. Bagus Sartono, S.Si., M.Si.
NIP 19780411200501 1 002



Tanggal Ujian:
31 Juli 2025

Tanggal Lulus:



PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah subhanaahu wa ta'ala atas segala karunia-Nya sehingga karya ilmiah ini berhasil diselesaikan. Tema yang dipilih dalam penelitian ini ialah penerapan statistika dalam peramalan penjualan, dengan judul “Perbandingan Performa Model LSTM Multivariat dengan dan tanpa Kovariat dalam Peramalan Penjualan Minuman Kekinian.”

Terima kasih penulis ucapkan kepada semua pihak yang telah memberikan doa, dukungan, dan kontribusi dalam penyelesaian karya ilmiah ini, diantaranya:

1. Ibu Dr. Ir. Indahwati M.Si. dan Ibu Rahma Anisa S.Stat., M.Si. selaku dosen pembimbing yang telah memberikan arahan dan bimbingan selama penulisan karya ilmiah ini.
2. Ibu Sachnaz Desta Oktarina, S.Stat., M.Agr., Ph.D selaku dosen penguji yang telah memberikan saran dan masukan dalam penulisan karya ilmiah ini.
3. Seluruh dosen dan staf program studi Statistika dan Sains Data SSMI IPB yang telah membantu penulis selama perkuliahan sehingga dapat menyelesaikan program studi hingga lulus dengan baik
4. Ibu Zulfy Purnama Sari dan Kakak Diaz Adiyatnika Tirtasuwanda selaku Ibu dan Kakak penulis yang telah memberikan dukungan, kasih sayang, cinta, dan doa selama penulis menjalani program studi
5. Kanza Khairunnisa Fitriani selaku sahabat penulis yang telah memberikan dukungan dan kasih sayang kepada penulis dalam melalui masa pendidikan
6. Dewi, Farrel, Ignacia, dan Radhit selaku sahabat penulis pada program studi yang telah mendukung serta membersamai penulis selama menjalani program studi
7. Davina, Farras, Fedora, Fuadiyah, dan Nurul yang telah mendukung, membantu, dan menemani penulis dalam menjalani proses penyelesaian tugas akhir
8. Teman-teman Statistika 58 dan seluruh pihak yang telah memberikan kontribusi dan kebaikan, meskipun tidak dapat disebutkan satu per satu, sehingga penulis berhasil menyelesaikan karya ilmiah ini.

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan karya ilmiah ini masih banyak kekurangan. Penulis berharap karya ilmiah ini bermanfaat bagi pihak yang membutuhkan dan bagi kemajuan ilmu pengetahuan.

Bogor, Oktober 2025

Aisyah Nuruzzahra Tirtasuwanda



DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR LAMPIRAN	x
I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan	2
II TINJAUAN PUSTAKA	3
2.1 <i>Long-Short Term Memory</i>	3
2.2 <i>Hyperparameters</i>	6
2.3 <i>Walk Forward Cross-Validation (WFCV)</i>	7
2.4 Evaluasi Kinerja Model	7
III METODE	9
3.1 Data	9
3.2 Prosedur Analisis	10
IV HASIL DAN PEMBAHASAN	13
4.1 Eksplorasi Data	13
4.2 Evaluasi Model LSTM Multivariat Hasil <i>Walk Forward Cross-Validation</i>	16
4.3 Validasi Model LSTM Multivariat	19
4.4 Peramalan	21
V SIMPULAN DAN SARAN	23
5.1 Simpulan	23
5.2 Saran	23
DAFTAR PUSTAKA	24
LAMPIRAN	26
RIWAYAT HIDUP	35



DAFTAR TABEL

1	Peubah respon (Y) dan kovariat (X)	9
2	<i>Cyclical encoding</i>	10
3	Evaluasi model terbaik pada model tanpa kovariat	17
4	Evaluasi model terbaik pada model dengan kovariat	17
5	Evaluasi model setiap jendela skenario <i>walk forward cross-validation</i> (<i>optimizer adam, learning rate 0.0005, dan epoch 150</i>)	18
6	Perbandingan SMdAPE antarmodel hasil validasi	19

DAFTAR GAMBAR

1	Ilustrasi arsitektur LSTM (Okut 2021)	3
2	Ilustrasi <i>walk forward cross-validation</i> (Kumar <i>et al.</i> 2023)	7
3	Line chart tren jumlah penjualan historis minuman charcoal (a), minuman chocolate (b), minuman et al coffee (c), minuman haketon coffee (d), minuman latte (e), dan minuman matcha latte (f).	13
4	Boxplot distribusi jumlah penjualan 6 menu per hari dalam seminggu	14
5	Heatmap korelasi pearson antar menu	15
6	Heatmap rata-rata jumlah penjualan per menu berdasarkan kombinasi kovariat	16
7	Visualisasi perbandingan data aktual dan prediksi window ke-7 LSTM multivariat tanpa kovariat (a) dan dengan kovariat (b)	19
8	Hasil validasi model LSTM multivariat tanpa kovariat (a) dan dengan kovariat (b)	20
9	Hasil peramalan dengan model terbaik	22

DAFTAR LAMPIRAN

1	Skenario <i>windows walk forward cross-validation</i> LSTM multivariat tanpa kovariat	27
2	Skenario <i>windows walk forward cross-validation</i> LSTM multivariat dengan kovariat	30
3	Hasil peramalan 6 menu di Et Al Coffee dengan model LSTM multivariat dengan kovariat 21 hari ke depan	33
4	Hasil validasi model LSTM multivariat dengan kovariat setiap menu	34