

MODIFIKASI ADAM OPTIMIZER UNTUK MENGOPTIMASI ALGORITMA LSTM DALAM MEMPREDIKSI PENJUALAN PRODUK SEPATU PRODIGO

YANDI FITRIYANTO



**PROGRAM MAGISTER ILMU KOMPUTER
SEKOLAH SAINS DATA, MATEMATIKA, DAN INFORMATIKA
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2026**

@Hak cipta milik IPB University

IPB University



IPB University
— Bogor Indonesia —

Perpustakaan 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.



@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.

PERNYATAAN MENGENAI TESIS DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa tesis dengan judul “Modifikasi ADAM Optimizer Untuk Mengoptimasi Algoritma LSTM Dalam Memprediksi Penjualan Produk Sepatu Prodigio” 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 tesis ini.

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

Bogor, Juli 2026



Yandi Fitriyanto
G6501221010



RINGKASAN

YANDI FITRIYANTO. Modifikasi ADAM Optimizer Untuk Mengoptimasi Algoritma LSTM Dalam Memprediksi Penjualan Produk Sepatu Prodigio. Dibimbing oleh KARLISA PRIANDANA dan TOTO HARYANTO.

Ketidakstabilan trend penjualan merupakan fenomena yang umum di berbagai sektor bisnis, termasuk UMKM, dan menjadi tantangan utama dalam menentukan jumlah produksi yang optimal. Fluktuasi permintaan yang sulit diprediksi dapat menyebabkan kelebihan atau kekurangan stok, sehingga berdampak pada efisiensi operasional dan profitabilitas perusahaan. Model Long Short-Term Memory (LSTM) banyak digunakan untuk menangkap pola temporal, namun kinerjanya dipengaruhi oleh optimizer dan ketersediaan data. Keterbatasan pada ADAM serta minimnya data pelatihan menjadi kendala, sehingga penelitian ini bertujuan meningkatkan akurasi prediksi melalui modifikasi ADAM dan penambahan data sintetis menggunakan Time-Series Generative Adversarial Networks (TimeGAN).

Penelitian menggunakan 387 data penjualan mingguan yang dipraproses dengan normalisasi Min-Max dan metode *sliding window*. Data dibagi menjadi data latih dan uji, kemudian dilakukan augmentasi untuk menghasilkan data sintetis. Model LSTM dibangun menggunakan ADAM standar dan ADAM modifikasi yang mempertahankan arah gradien, dengan optimasi *hyperparameter* melalui grid search. Evaluasi dilakukan menggunakan *Mean Absolute Error* (MAE) dan *Dynamic Time Warping* (DTW).

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada skenario tanpa data sintetis, model LSTM dengan ADAM modifikasi menghasilkan performa yang lebih baik dibandingkan ADAM standar, ditunjukkan oleh nilai MAE yang lebih rendah, yaitu 272 ± 6 dibandingkan 278 ± 10 . Namun, kedua model masih memiliki keterbatasan dalam menangkap pola temporal data, yang ditunjukkan oleh nilai *Dynamic Time Warping* (DTW) sebesar 4. Sementara itu, pada skenario dengan penambahan data sintetis hasil TimeGAN, kemampuan model dalam mengenali pola temporal mengalami peningkatan. Pada skenario ini, LSTM dengan ADAM modifikasi memperoleh nilai MAE sebesar 270 ± 4 , sedangkan ADAM standar menghasilkan nilai MAE sebesar 272 ± 13 . Selain itu, nilai DTW sebesar 3.5 menunjukkan bahwa penggunaan data sintetis mampu meningkatkan kemampuan model dalam menangkap pola temporal dibandingkan model tanpa augmentasi data. Model juga berhasil diimplementasikan dalam bentuk web service, sehingga dapat digunakan secara operasional untuk mendukung pengambilan keputusan berbasis data.

Kata kunci: Augmentasi data, Long Short-Term Memory (LSTM), Modifikasi ADAM, TimeGAN, UMKM



SUMMARY

YANDI FITRIYANTO. Modification of the ADAM Optimizer to Optimize the LSTM Algorithm for Predicting Prodigio Shoe Product Sales. Supervised by KARLISA PRIANDANA, and TOTO HARYANTO.

Sales trend instability is a common phenomenon across various business sectors, including small and medium-sized enterprises (SMEs), and represents a major challenge in determining optimal production quantities. Unpredictable demand fluctuations can result in overstocking or stock shortages, thereby affecting operational efficiency and company profitability. Long Short-Term Memory (LSTM) models are widely used to capture temporal patterns; however, their performance is influenced by the optimization algorithm and the availability of training data. The limitations of the ADAM optimizer, together with the scarcity of training data, present significant challenges. Therefore, this study aims to improve prediction accuracy through a modified ADAM optimizer and the augmentation of training data using Time-Series Generative Adversarial Networks (TimeGAN).

This study uses 387 weekly sales data points, which are preprocessed using Min-Max normalization and transformed into sequences through a sliding window approach. The data are then split into training and testing sets, followed by data augmentation to generate synthetic samples. LSTM models are developed using both standard ADAM and a modified ADAM that preserves gradient direction, with hyperparameters optimized through grid search. Model performance is evaluated using Mean Absolute Error (MAE) and Dynamic Time Warping (DTW).

The results showed that, in the scenario without synthetic data, the LSTM model optimized using modified ADAM achieved better performance than the standard ADAM, indicated by a lower MAE value of 272 ± 6 compared to 278 ± 10 . However, both models still had limitations in capturing temporal patterns, as indicated by a Dynamic Time Warping (DTW) value of 4. Meanwhile, in the scenario using synthetic data generated by TimeGAN, the model's ability to capture temporal patterns improved. In this scenario, the LSTM model with modified ADAM achieved an MAE value of 270 ± 4 , whereas the standard ADAM produced an MAE value of 272 ± 13 . Furthermore, the DTW value of 3.5 indicated that the use of synthetic data improved the model's capability to recognize temporal patterns compared to the model without data augmentation. The model is also successfully implemented as a web service, enabling practical use in supporting data-driven decision-making.

Keywords: Data augmentation, Long Short-Term Memory (LSTM), Modified ADAM, TimeGAN, SMes



@Hak cipta milik IPB University

IPB University



IPB University
— Bogor Indonesia —

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.

© Hak Cipta milik IPB, tahun 2026
Hak Cipta dilindungi Undang-Undang

Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan atau menyebutkan sumbernya. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik, atau tinjauan suatu masalah, dan pengutipan tersebut tidak merugikan kepentingan IPB.

Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apa pun tanpa izin IPB.



@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.

MODIFIKASI ADAM OPTIMIZER UNTUK MENGOPTIMASI ALGORITMA LSTM DALAM MEMPREDIKSI PENJUALAN PRODUK SEPATU PRODIGO

YANDI FITRIYANTO

Tesis
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Magister pada
Program Magister Ilmu Komputer

**PROGRAM MAGISTER ILMU KOMPUTER
SEKOLAH SAINS DATA, MATEMATIKA, DAN INFORMATIKA
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2026**

@Hak cipta milik IPB University

IPB University





@Hak cipta milik IPB University

IPB University



IPB University
— Bogor Indonesia —

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.

Tim Penguji pada Ujian Tesis:
1. Dr. Aziz Kustiyo, S.Si., M.Kom



Judul Tesis : Modifikasi ADAM Optimizer Untuk Mengoptimasi Algoritma LSTM Dalam Memprediksi Penjualan Produk Sepatu Prodigio
Nama : Yandi Fitriyanto
NIM : G6501221010

@Hak cipta milik IPB University

Disetujui oleh

Pembimbing 1:
Dr. Karlisa Priandana, S.T., M.Eng



Pembimbing 2:
Dr. Toto Haryanto, S.Kom., M.Si



Diketahui oleh

Ketua Program Studi:
Irman Hermadi, S.Kom., M.S., Ph.D
NIP 197503112006041009



Dekan Sekolah Sains Data, Matematika dan Informatika:
Prof. Dr. Ir. Agus Buono, M.Si., M.Kom
NIP. 196607021993021001



Tanggal Ujian:
2 Juli 2026

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 yang dengan judul “Modifikasi ADAM Optimizer Untuk Mengoptimasi Algoritma LSTM Dalam Memprediksi Penjualan Produk Sepatu Prodigio”.

Terima kasih penulis ucapkan kepada kepada ayah Yaya Nurdin, S.E, ibu Adminah, para komisi pembimbing, Dr. Karlisa Priandana, S.T., M.Eng dan Dr. Toto Haryanto, S.Kom., M.Si yang telah membimbing dan banyak memberi saran. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada moderator seminar Prof. Dr. Endang Warsiki, S.TP, M.Si, dan penguji luar komisi pembimbing Dr. Aziz Kustiyo, S.Si., M.Kom. Ungkapan terima kasih juga disampaikan serta istri Rima Shasvita, S.Tr.Sos dan anak Arka Nakyama Khawarizmi yang telah memberikan dukungan, doa, dan kasih sayangnya.

Penulis mengakui penggunaan teknologi kecerdasan buatan dalam membantu memperbaiki struktur penulisan, tata bahasa, serta memberikan saran tambahan dalam penyusunan naskah penelitian ini. Penggunaan teknologi ini hanya sebagai alat bantu dalam proses penulisan. Seluruh isi, analisis, interpretasi data, dan kesimpulan yang disajikan dalam penelitian ini sepenuhnya merupakan tanggung jawab penulis.

Semoga karya ilmiah ini bermanfaat bagi pihak yang membutuhkan dan bagi kemajuan ilmu pengetahuan.

Bogor, Juli 2026



Yandi Fitriyanto

DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xii
PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan	3
1.4 Manfaat	3
1.5 Ruang Lingkup	3
TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Long Short Term Memory (LSTM)	4
2.2 <i>Optimizer</i> Berbasis Gradien dalam <i>Deep Learning</i>	6
2.3 <i>Representational State Transfer</i> (REST)	7
2.4 Flask sebagai <i>Framework Web Service</i>	7
METODE	9
3.1 Tahapan Penelitian	9
3.2 Persiapan Data	11
3.3 Pembangkitan Data Sintetis dengan TimeGAN	13
3.4 Pembangunan Model Prediksi Penjualan Sepatu Prodigio dengan LSTM	17
3.5 Modifikasi ADAM <i>Optimizer</i>	19
3.6 Pembuatan <i>Web Service</i> REST untuk Memprediksi Penjualan Sepatu Prodigio	21
HASIL DAN PEMBAHASAN	22
4.1 Hasil Praproses Data Mentah	22
4.2 Pembangkitan Data Sintetis dengan TimeGAN	24
4.3 Prediksi Penjualan Produk Sepatu Prodigio dengan Pemodelan LSTM yang Dioptimasi dengan ADAM <i>Optimizer</i> Standar dan Termodifikasi	27
4.4 Pembuatan <i>Web Service</i> REST untuk Prediksi Penjualan Sepatu Prodigio	35
SIMPULAN DAN SARAN	38
5.1 Simpulan	38
5.2 Saran	38
DAFTAR PUSTAKA	39
LAMPIRAN	42
RIWAYAT HIDUP	50



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 mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

DAFTAR TABEL

1	Informasi Transaksi Harian	12
2	Ilustrasi Pembentukan <i>Sequence</i> Menggunakan <i>Sliding Window</i>	12
3	<i>Hyperparameter</i> TimeGAN	17
4	<i>Hyperparameter</i> LSTM	19
5	Rekapitulasi jumlah data pada setiap tahapan praproses mulai dari pembagian data, normalisasi, pembagian data pelatihan dan validasi, hingga pembentukan data menggunakan metode <i>sliding window</i>	22
6	<i>Grid search hyperparameter</i> evaluasi pemodelan TimeGAN	24
7	Hasil evaluasi distribusi statistik data sintetis TimeGAN	25
8	Rekapitulasi jumlah data hasil pembangkitan, seleksi, dan penggabungan data sintetis menggunakan TimeGAN untuk pemodelan LSTM	27
9	<i>Grid search hyperparameter</i> model LSTM dengan ADAM <i>optimizer</i> standar menggunakan data asli	28
10	<i>Grid search hyperparameter</i> model LSTM dengan ADAM <i>optimizer</i> modifikasi menggunakan data asli	29
11	Perbandingan rata-rata nilai MAE, simpangan baku, dan waktu pelatihan model LSTM menggunakan ADAM <i>optimizer</i> standar dan ADAM <i>optimizer</i> modifikasi berdasarkan 20 kali pelatihan berulang menggunakan data asli.	30
12	<i>Grid search hyperparameter</i> model LSTM dengan ADAM <i>optimizer</i> standar dengan tambahan data sintetis	31
13	<i>Grid search hyperparameter</i> model LSTM dengan ADAM <i>optimizer</i> modifikasi dengan tambahan data sintetis	32
14	Perbandingan rata-rata nilai MAE, simpangan baku, dan waktu pelatihan model LSTM menggunakan ADAM <i>optimizer</i> standar dan ADAM <i>optimizer</i> modifikasi berdasarkan 20 kali pelatihan berulang dengan tambahan data sintetis.	33
15	Skenario pengujian <i>web service</i> prediksi	35

DAFTAR GAMBAR

16	Arsitektur LSTM (Jörges <i>et al.</i> 2021)	4
17	Arsitektur LSTM <i>forget gate</i> (Olah 2015)	5
18	Arsitektur LSTM <i>input gate</i> (Olah 2015)	5
19	Arsitektur LSTM kandidat <i>cell state</i> (Olah 2015)	5
20	Arsitektur LSTM <i>output gate</i> (Olah 2015)	6
21	Tahapan penelitian yang mencakup persiapan data, pemodelan LSTM, dan pembuatan <i>web service</i>	10
22	Ilustrasi proses <i>sliding window</i>	13
23	Metode pembangkitan data sintetis dengan TimeGAN	14
24	Flowchart proses <i>hyperparameter tuning</i> model TimeGAN	16
25	Flowchart proses <i>hyperparameter tuning</i> Model LSTM	18

26	Flowchart optimizer ADAM untuk pemodelan LSTM (a) ADAM original, dan (b) ADAM modifikasi	21
27	Hasil tahapan praproses data penjualan yang meliputi pembagian data, normalisasi menggunakan Min-Max, pembagian data pelatihan dan validasi, serta pembentukan sekuens menggunakan metode <i>sliding window</i> .	23
28	Hasil evaluasi MAE dan DTW dari delapan kombinasi <i>hyperparameter</i> TimeGAN	24
29	Tahapan pembentukan data sintetis mulai dari pembangkitan data, seleksi berdasarkan kemiripan DTW, hingga pembentukan sampel menggunakan metode <i>sliding window</i> .	26
30	Nilai MAE pada setiap kombinasi <i>hyperparameter</i> model LSTM menggunakan ADAM <i>optimizer</i> standar menggunakan data asli	28
31	Nilai MAE pada setiap kombinasi <i>hyperparameter</i> model LSTM menggunakan ADAM <i>optimizer</i> Modifikasi menggunakan data asli	29
32	Prediksi Penjualan Sepatu dengan Pemodelan LSTM yang Dioptimasi dengan ADAM <i>Optimizer</i> Standar Tanpa Data Sintetis (MAE = 278)	30
33	Prediksi Penjualan Sepatu dengan Pemodelan LSTM yang Dioptimasi dengan ADAM <i>Optimizer</i> Modifikasi Tanpa Data Sintetis (MAE = 272)	31
34	Nilai MAE pada setiap kombinasi <i>hyperparameter</i> model LSTM menggunakan ADAM <i>optimizer</i> standar menggunakan tambahan data sintetis	32
35	Nilai MAE pada setiap kombinasi <i>hyperparameter</i> model LSTM menggunakan ADAM <i>optimizer</i> modifikasi menggunakan tambahan data sintetis	33
36	Prediksi penjualan sepatu dengan pemodelan LSTM yang dioptimasi dengan ADAM <i>optimizer</i> standar dengan tambahan data sintetis (MAE = 272)	34
37	Prediksi penjualan sepatu dengan pemodelan LSTM yang dioptimasi dengan ADAM <i>optimizer</i> modifikasi dengan tambahan data Sintetis (MAE = 270)	34
38	Implementasi dan pengujian endpoint <i>web service</i> REST prediksi penjualan menggunakan postman.	35
39	Hasil skenario prediksi dengan 4 data penjualan terakhir	36
40	Hasil skenario prediksi dengan 8 minggu ke depan	36
41	Hasil skenario Input <i>last_values</i> kurang dari 4 data	36
42	Hasil skenario format <i>input</i> tidak sesuai	37
43	Logging <i>web service</i> REST Prediksi	37
44	Halaman hasil prediksi	37

DAFTAR LAMPIRAN

45	Lampiran 1 Potongan Kode ADAM Modifikasi	43
----	--	----

46	Lampiran 2 Potongan Kode Pembuatan Data Sintetis Menggunakan TimeGAN	45
47	Lampiran 3 Potongan Kode Web Service REST Model Prediksi	48

@Hak cipta milik IPB University

IPB University

