

TUGAS AKHIR

**PENERAPAN TEMPORAL FUSION TRANSFORMER (TFT)
UNTUK PREDIKSI DATA MULTIVARIATE DERET WAKTU:
STUDI KASUS HARGA SAHAM BBKA, BBRI, BMRI, BBNI,
DAN BRIS**



STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

Disusun oleh:

Agung Rashif Madani

NIM. 20106050083

PROGRAM STUDI INFORMATIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN KALIJAGA

2024

LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR



KEMENTERIAN AGAMA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN KALIJAGA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
Jl. Marsda Adisucipto Telp. (0274) 540971 Fax. (0274) 519739 Yogyakarta 55281

PENGESAHAN TUGAS AKHIR

Nomor : B-1274/Un.02/DST/PP.00.9/08/2024

Tugas Akhir dengan judul : Penerapan Temporal Fusion Transformer (TFT) Untuk Prediksi Data Multivariate Deret Waktu: Studi Kasus Harga Saham BBCA, BBRI, BMRI, BBNI, dan BRIS

yang dipersiapkan dan disusun oleh:

Nama : AGUNG RASHIF MADANI
Nomor Induk Mahasiswa : 20106050083
Telah diujikan pada : Rabu, 24 Juli 2024
Nilai ujian Tugas Akhir : A

dinyatakan telah diterima oleh Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta

TIM UJIAN TUGAS AKHIR



Ketua Sidang
Nurochman, S.Kom., M.Kom
SIGNED

Valid ID: 6609e8340376



Penguji I
Prof. Dr. Ir. Shofwatul Uyun, S.T., M.Kom.,
IPM., ASEAN Eng.
SIGNED

Valid ID: 66086cc049a86



Penguji II
Ir. Maria Ulfah Siregar, S.Kom., MIT., Ph.D.
SIGNED

Valid ID: 66a9d9536a875



Yogyakarta, 24 Juli 2024
UIN Sunan Kalijaga
Dekan Fakultas Sains dan Teknologi

Prof. Dr. Dra. Hj. Khurul Wardati, M.Si.
SIGNED

Valid ID: 66a8e53907d6

SURAT PERSETUJUAN SKRIPSI



KEMENTERIAN AGAMA REPUBLIK INDONESIA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN KALIJAGA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI

Jalan Marsda Adisucipto Yogyakarta 55281
Telepon (0274) 519739; Faksimili (0274) 540971;
Website: <http://saintek.uin-suka.ac.id>

SURAT PERSETUJUAN SKRIPSI

Kepada:
Yth. Dekan Fakultas Sains Dan Teknologi
UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta
Di Yogyakarta

Assalamualaikum wr.wb.

Setelah membaca, meneliti, memberikan petunjuk dan mengoreksi serta mengadakan perbaikan seperlunya, maka saya selaku pembimbing berpendapat bahwa skripsi Saudara:

Nama : Agung Rashif Madani
NIM : 20106050083
Judul Skripsi : Penerapan Temporal Fusion Transformer (TFT) Untuk Prediksi Data Multivariate Deret Waktu: Studi Kasus Harga Saham BBKA, BBRI, BMRI, BBNI, dan BRIS

Sudah dapat diajukan kepada Fakultas Sains Dan Teknologi Jurusan/Program Studi Informatika UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Strata Satu dalam bidang komputer.

Dengan ini saya mengharap agar skripsi tersebut di atas dapat segera dimunaqsyahkan. Atas perhatiannya saya ucapkan terimakasih.

Sleman , 16 Juli 2024

Mengetahui:
Pembimbing,

Nurochman, S.Kom., M.Kom
NIP 19801223 200901 1 007

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI



KEMENTERIAN AGAMA REPUBLIK INDONESIA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN KALIJAGA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI

Jalan Marsda Adisucipto Yogyakarta 55281
Telepon (0274) 519739; Faksimili (0274) 540971;
Website: <http://saintek.uin-suka.ac.id>

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Agung Rashif Madani
NIM : 20106050083
Program Studi : Informatika
Fakultas : Sains dan Teknologi

Menyatakan dengan sesungguhnya, bahwa skripsi saya yang berjudul: Penerapan Temporal Fusion Transformer (TFT) Untuk Prediksi Data Multivariate Deret Waktu: Studi Kasus Harga Saham BBKA, BBRI, BMRI, BBNI, dan BRIS adalah hasil karya pribadi dan sepanjang pengetahuan penyusun tidak berisi materi yang dipublikasikan atau ditulis orang lain, kecuali bagian-bagian tertentu yang penyusun ambil sebagai acuan.

Apabila terbukti pernyataan ini tidak benar, maka sepenuhnya menjadi tanggungjawab penyusun.

Sleman, 16 Juli 2024

Yang menyatakan,



Agung Rashif Madani
20106050083

LEMBAR PEDOMAN PENGGUNAAN TUGAS AKHIR

Tugas Akhir ini tidak dipublikasikan, tetapi tersedia di perpustakaan dalam lingkungan UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta, diperkenankan dipakai sebagai referensi kepustakaan, tetapi pengutipan harus seizin penyusun, dan harus menyebutkan sumbernya sesuai dengan kebiasaan ilmiah. Dokumen Tugas Akhir ini merupakan hak milik UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.



PENERAPAN TEMPORAL FUSION TRANSFORMER (TFT) UNTUK PREDIKSI DATA MULTIVARIATE DERET WAKTU: STUDI KASUS HARGA SAHAM BBKA, BBRI, BMRI, BBNI, DAN BRIS.

Agung Rashif Madani

20106050083

ABSTRAK

Teknologi dan peningkatan volume data mendorong penelitian Time Series Forecasting, yang penting dalam analisis saham untuk keuntungan kompetitif. Namun, tantangan seperti menentukan informasi yang cukup dan potensi bias dalam pemilihan model perlu diatasi. Model Deep Learning berbasis Transformer seperti Temporal Fusion Transformer (TFT) telah menunjukkan efektivitas tinggi dalam menangani data deret waktu multivariat. Meskipun demikian, studi komprehensif masih diperlukan dalam implementasi dan evaluasi model berbasis Transformer seperti TFT secara spesifik untuk prediksi data deret waktu multivariat dalam konteks industri keuangan.

Dalam rangka mengatasi kekurangan tersebut, penelitian ini mengusulkan penggunaan TFT untuk menentukan konfigurasi hyperparameter model dan strategi pra-pemrosesan data terbaik dalam peramalan harga saham lima bank terbesar di Indonesia (BBKA, BBRI, BMRI, BBNI, BRIS). Penelitian ini mempertimbangkan dua jenis encoder-decoder, yaitu 5-1 dan 25-5, dua teknik normalisasi data, yaitu Standard Scaler dan Robust Scaler, serta tiga ukuran batch yang berbeda, yaitu 32, 64, dan 128. Sebanyak 12 kombinasi hyperparameter model TFT dieksplorasi.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa kombinasi optimal dari pra-pemrosesan data, penggunaan encoder-decoder 25-5, normalisasi dengan Standard Scaler, dan ukuran batch 32. Dengan evaluasi hasil berupa MAE sebesar 31.9601, RMSE sebesar 40.1071, dan SMAPE sebesar 0.0074.

Kata kunci: TFT, Transformer, Multivariate, Saham

TEMPORAL FUSION TRANSFORMER (TFT) IMPLEMENTATION FOR PREDICTION OF MULTIVARIATE TIME SERIES DATA: A CASE STUDY OF BBKA, BBRI, BMRI, BBNI, AND BRIS STOCK PRICES.

Agung Rashif Madani

20106050083

ABSTRACT

Technology and increased data volume drive Time Series Forecasting research, which is important in stock analysis for competitive advantage. However, challenges such as determining sufficient information and potential bias in model selection need to be addressed. Transformer-based Deep Learning models such as Temporal Fusion Transformer (TFT) have shown high effectiveness in handling multivariate time series data. Nonetheless, comprehensive studies are still needed in the implementation and evaluation of Transformer-based models such as TFT specifically for multivariate time series data prediction in the context of the financial industry.

To overcome this shortcoming, this study proposes the use of TFT to determine the best model hyperparameter configuration and data preprocessing strategy in predicting the stock prices of the five largest banks in Indonesia (BBKA, BBRI, BMRI, BBNI, BRIS). This study considers two types of encoder-decoder, namely 5-1 and 25-5, two data normalization techniques, namely Standard Scaler and Robust Scaler, and three different batch sizes, namely 32, 64, and 128. A total of 12 combinations of TFT model hyperparameters were explored.

The results showed that the optimal combination of data preprocessing, the use of a 25-5 encoder-decoder, normalization with Standard Scaler, and a batch size of 32. The evaluation results were MAE of 31.9601, RMSE of 40.1071, and SMAPE of 0.0074.

Keyword: TFT, Transformer, Multivariate, Stock

KATA PENGANTAR

Dengan penuh rasa syukur dan penghormatan, penulis ingin mengungkapkan terima kasih kepada Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan petunjuk-Nya, sehingga penelitian ini dapat diselesaikan dengan judul "Penerapan Temporal Fusion Transformer (TFT) Untuk Prediksi Data Multivariate Time Series: Studi Kasus Harga Saham BBKA, BBRI, BMRI, BBNI, dan BRIS." dengan baik. Doa dan salam senantiasa tercurah kepada junjungan Kami, Rasulullah SAW, yang telah memberikan cahaya petunjuk dalam setiap langkah kita.

Tidak dapat dipungkiri bahwa penyelesaian skripsi ini memerlukan dedikasi dan upaya yang sungguh-sungguh. Namun, proses ini tidak terlepas dari dukungan dan bantuan berbagai pihak, baik secara langsung maupun tidak langsung. Secara khusus, penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Orang tua tercinta, ayah, Ircham, dan ibu, Sri Rahayu yang telah memberikan kasih sayang dan dukungan dalam perjalanan pendidikan penulis, serta Kakak Perempuan Saya Chusnun Faizah yang telah membiayai biaya kuliah selama 4 tahun terakhir.
2. Bapak Nurochman, S.Kom., M.Kom., sebagai dosen pembimbing tugas akhir yang selalu memberikan arahan, ilmu, dan motivasi kepada penulis selama proses penulisan.
3. Dr. Ir. Shofwatul 'Uyun, S.T., M.Kom, sebagai dosen pembimbing akademik selama studi di Informatika UIN Sunan Kalijaga.
4. Seluruh dosen dan staf program studi Informatika UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta yang telah memberikan ilmu dan bantuan selama masa studi penulis.
5. Teman-teman kelas peminatan sistem cerdas yang saling mendukung, kolaborasi, dan kompetitif.

6. Ibnu Angga Wibisono sahabat yang selalu berbagi cerita dan memberikan dukungan dalam berbagai permasalahan terutama dalam perkuliahan.
7. Teman-teman lintas angkatan di Informatika serta organisasi GDSC yang telah menjadi rekan selama studi.
8. Dan kepada semua orang yang telah memberikan dukungan, namun tidak dapat disebutkan satu per satu.

Penulis menyadari bahwa masih ada kekurangan dalam skripsi ini, oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun dari pembaca sangat diharapkan. Semoga hasil penelitian ini dapat memberikan kontribusi yang bermanfaat bagi pengembangan penelitian di masa mendatang.

Sleman, 16 Juli 2024

Penyusun

Agung Rashif Madani

20106050083

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

DAFTAR ISI

SAMPUL TUGAS AKHIR	i
LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR	ii
SURAT PERSETUJUAN SKRIPSI	iii
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI.....	iv
LEMBAR PEDOMAN PENGGUNAAN TUGAS AKHIR	v
ABSTRAK	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Tujuan Penelitian.....	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI	5
2.1 Tinjauan Pustaka	5
2.2 Landasan Teori.....	9
2.2.1 Data Multivariate Deret waktu	9
2.2.2 Transformer	9
2.2.3 Temporal Fusion Transformer (TFT)	10
2.2.4 Pra-pemrosesan Data	12
2.2.5 Hyperparameter Tuning.....	14
2.2.6 Metrik Evaluasi.....	15
BAB III METODE PENELITIAN.....	18
3.1 Lokasi dan Waktu.....	18
3.2 Alat dan Bahan Penelitian	18

3.3	Langkah-Langkah Penelitian.....	18
3.3.1	Studi Pustaka dan Pengumpulan Data	18
3.3.2	Pra-pemrosesan Data	19
3.3.3	Pemodelan dan Hyperparameter Tuning	20
3.3.4	Pengujian dan Interpretasi Model.....	21
3.3.5	Alur Penelitian	21
3.4	Analisis Data	22
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		23
4.1	Pengumpulan Data	23
4.2	Pra-pemrosesan Data.....	26
4.2.1	Memuat Data.....	26
4.2.2	Transformasi Data.....	28
4.2.3	Transformasi Data Lanjutan	29
4.2.4	Pembuatan Data Validasi.....	32
4.3	Pemodelan dan Hyperparameter Tuning.....	34
4.3.1	Konfigurasi Model TFT.....	34
4.3.2	Hyperparameter Tuning.....	35
4.4	Pengujian dan Interpretasi Model.....	40
4.4.1	Pengujian Performa Model.....	40
4.4.2	Interpretasi Model.....	42
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....		45
5.1	Kesimpulan.....	45
5.2	Saran.....	45
DAFTAR PUSTAKA		46
LAMPIRAN.....		49

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Ringkasan Tinjauan Pustaka	7
Tabel 4. 1 12 Kombinasi Hyperparameter model	35
Tabel 4. 2 Ringkasan Hasil Eksperimen Dengan Validation Loss Terendah Tiap Konfigurasi Pra-Pemrosesan	36
Tabel 4. 3 Hasil Pengujian Model Menggunakan Evaluasi Metrik MAE, RMSE, Dan SMAPE Terhadap Data Validasi	40



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Arsitektur Temporal Fusion Transformer	11
Gambar 3. 1 Flowchart Alur Penelitian	22
Gambar 4. 1 Grafik Harga Saham BBKA.....	23
Gambar 4. 2 Grafik Harga Saham BBRI	24
Gambar 4. 3 Grafik Harga Saham BMRI.....	24
Gambar 4. 4 Grafik Harga Saham BBNI	25
Gambar 4. 5 Grafik Harga Saham BRIS.....	25
Gambar 4. 6 Data Historis Saham BBKA Dalam Format Csv	26
Gambar 4. 7 Dataframe Saham BBKA(Kiri) Dan BBRI(Kanan)	27
Gambar 4. 8 Dataframe Saham BMRI(Kiri) Dan BBNI(Kanan)	27
Gambar 4. 9 Dataframe Entri Data Historis Harga Saham BRIS	28
Gambar 4. 10 Tabel Dataframe Time_Data Hasil Transformasi Data.....	29
Gambar 4. 11 Tabel Indeks Hasil Encoder-Decoder 5-1 Kelas Timeseriesdataset	31
Gambar 4. 12 Tabel Indeks Hasil Encoder-Decoder 25-5 Kelas Timeseriesdataset	32
Gambar 4. 13 Tabel Indeks Data Validasi Encoder-Decoder 5-1.....	33
Gambar 4. 14 Tabel Indeks Data Validasi Encoder-Decoder 25-5.....	33
Gambar 4. 15 Ringkasan Arsitektur Model TFT	34
Gambar 4. 16 Distribusi Nilai Validation Loss.....	37
Gambar 4. 17 Rata-Rata Validation Loss Encoder-Decoder Terhadap Normalization.....	38
Gambar 4. 18 Rata-Rata Validation Loss Encoder-Decoder Terhadap Batch Size	38
Gambar 4. 19 Rata-Rata Val Loss Normalization Terhadap Batch Size	39
Gambar 4. 20 Grafik Contoh Hasil Prediksi Yang Dipilih Secara Acak	42
Gambar 4. 21 Grafik Pentingnya Variabel Statis.....	43
Gambar 4. 22 Grafik Pentingnya Variabel Encoder	44
Gambar 4. 23 Grafik Pentingnya Variabel Decoder	44

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Hasil Eksperimen Berbagai Kombinasi Konfigurasi Pra-pemrosesan Data dan Kombinasi Hyperparameter Model TFT	55
Lampiran 2 Grafik Hasil Prediksi Model Terbaik	56



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan teknologi dan peningkatan volume data telah mendorong penelitian dalam bidang Time Series Forecasting (peramalan deret waktu). Salah satu aplikasi penting dari peramalan ini yaitu dalam analisis saham, di mana kemampuan untuk peramalan pergerakan harga saham dapat memberikan keuntungan kompetitif yang signifikan [1], [2]. Harga saham merupakan konsep yang kompleks dan memiliki banyak segi yang dipengaruhi oleh berbagai faktor. Fadila dan Nuswandari mendefinisikan harga saham sebagai nilai yang ditentukan oleh kekuatan penawaran beli dan jual saham dalam mekanisme pasar tertentu, dan merupakan harga jual dari satu investor ke investor lainnya [3].

Forecasting (peramalan) memiliki peran krusial dalam perencanaan yang optimal dan efisien. Ini melibatkan prediksi, proyeksi, atau estimasi tingkat kejadian yang bersifat tidak pasti untuk masa yang akan datang. Peramalan adalah alat bantu penting yang mendukung perencanaan yang efektif. Peramalan deret waktu menghadirkan berbagai tantangan, termasuk kesulitan dalam menentukan informasi yang cukup yang diperlukan untuk prediksi yang akurat dan potensi bias dalam pemilihan dan penilaian model [4].

Dalam beberapa tahun terakhir, model Deep Learning (DL) telah digunakan dalam masalah prediksi dalam suatu skenario dan telah menunjukkan efek prediksi yang sangat baik, seperti jaringan saraf Long Short-Term Memory (LSTM) sangat ampuh dalam memprediksi data deret waktu [5]. Namun, dengan kemajuan teknologi, pengumpulan data menjadi lebih mudah diakses, dan data deret waktu Multivariate telah muncul. Data deret waktu Multivariate sering kali dicirikan oleh jumlah data yang besar, waktu yang pendek, dan banyak urutan yang saling tergantung. Khususnya pada set data riil, aturan perubahan dari banyak urutan akan dipengaruhi oleh perubahan urutan lainnya [6].

Temporal Fusion Transformer (TFT) memiliki kemampuan untuk menangkap ketergantungan jarak jauh dan menangani data deret waktu

Multivariate secara efektif. TFT adalah arsitektur berbasis Attention yang diperkenalkan oleh Bryan Lim, Sercan O. Arik, Nicolas Loeff, dan Tomas Pfister. Model ini dirancang untuk memprediksi data deret waktu dengan Multi-Horizon. TFT menggunakan lapisan Recurrent untuk pemrosesan lokal dan lapisan Self-Attention yang dapat diinterpretasikan untuk mempelajari independensi jangka panjang. Selain itu, TFT juga menggunakan komponen khusus untuk pemilihan fitur yang relevan dan serangkaian lapisan Gating untuk menekan komponen yang tidak perlu [1].

Terlepas dari kemajuan ini, masih ada kekurangan studi komprehensif yang mengimplementasikan dan mengevaluasi model berbasis Transformer seperti TFT secara khusus untuk prediksi data deret waktu Multivariate pada industri keuangan [7]. Kesenjangan penelitian ini terutama terlihat dalam konteks memprediksi harga saham beberapa saham perbankan Indonesia secara bersamaan.

Penelitian ini akan menggunakan data historis dari lima bank dengan nilai kapitalisasi terbesar di Indonesia, yang masing-masing memiliki kapitalisasi pasar di atas 100 triliun rupiah. Bank-bank tersebut adalah BBKA, BBRI, BMRI, BBNI, dan BRIS [8]. Dalam penelitian yang dilakukan oleh C. Chen, L. Xue, dan W. Xing, berbagai macam data dari industri yang sama telah digunakan. Mereka menerapkan model DL, seperti Gated Recurrent Unit (GRU), untuk memprediksi harga saham. Chen dan rekan-rekannya menggunakan set data yang direkonstruksi dan mengintegrasikan data dari sepuluh saham lain dalam industri yang sama. Metode ini mampu untuk mengatasi Overfitting yang sering terjadi pada prediksi harga saham [9].

Oleh karena itu, penelitian ini akan menggunakan pendekatan yang lebih holistik dengan memanfaatkan seluruh fitur pada data, serta menerapkan model TFT untuk meramalkan harga saham BBKA, BBRI, BMRI, BBNI, dan BRIS. Berdasarkan penelitian Bryan Lim, model TFT menunjukkan peningkatan kinerja pada kasus peramalan deret waktu Multivariate dibandingkan dengan model ARIMA, ETS, DeepAR, Seq2Seq, dan MQRNN dalam sejumlah peramalan berbagai data di dunia.

Penelitian ini bertujuan untuk menjembatani kesenjangan yang ada dengan menginvestigasi efektivitas TFT dalam memprediksi harga saham lima saham perbankan Indonesia secara bersamaan. Dengan demikian, penelitian ini diharapkan dapat berkontribusi pada pengetahuan yang sudah ada mengenai teknik peramalan deret waktu.

1.2 Rumusan Masalah

Bagaimana menentukan konfigurasi Hyperparameter model Temporal Fusion Transformer (TFT) dan strategi Pra-pemrosesan data terbaik untuk peramalan harga saham lima bank terbesar di Indonesia (BBCA, BBRI, BMRI, BBNI, BRIS) secara bersamaan?

1.3 Batasan Masalah

- a. Bahasa Pemrograman: Python 9.3.18.
- b. Sumber Data: Data yang dipakai sebagai masukan yaitu data harga saham dari Bank Central Asia (BBCA), Bank Rakyat Indonesia (BBRI), Bank Mandiri (Persero) Tbk (BMRI), PT Bank Negara Indonesia (Persero) (BBNI), dan Bank Syariah Indonesia Tbk (BRIS) [10]–[14].
- c. Pra-pemrosesan data: Mengubah data mentah menjadi bentuk yang lebih sesuai untuk pemodelan, termasuk transformasi data, transformasi data lanjutan, pembentukan data validasi.
- d. Model Penelitian: Penelitian ini terbatas pada penggunaan model Temporal Fusion Transformer (TFT).
- e. Pelatihan dan penyetelan: Model yang dipilih dilatih untuk berbagai kombinasi Hyperparameter.
- f. Interpretasi dan evaluasi Model dengan menggunakan Mean Absolute Error (MAE), Root Mean Squared Error (RMSE), dan Symmetric Mean Absolute Percentage Error (SMAPE)

1.4 Tujuan Penelitian

- a. Meneliti efektivitas model Temporal Fusion Transformer (TFT) dalam meramalkan harga saham dari beberapa bank di Indonesia secara simultan.

- b. Menyajikan pendekatan holistik dalam meramalkan harga saham dengan memanfaatkan seluruh fitur pada data Multivariate, memberikan pandangan yang lebih komprehensif.
- c. Mencari bentuk Encoder-Decoder, teknik normalisasi data, ukuran Batch, dan Hyperparameter model terbaik yang diterapkan pada struktur TFT untuk prediksi saham.
- d. Menjembatani kesenjangan pengetahuan dalam literatur terkait penggunaan model-model berbasis Transformer untuk peramalan harga saham di sektor perbankan Indonesia

1.5 Manfaat Penelitian

Menyediakan wawasan baru tentang potensi penggunaan model Temporal Fusion Transformer (TFT) dalam peramalan harga saham Multivariate di sektor perbankan Indonesia. Menyediakan landasan bagi penelitian selanjutnya dalam mengembangkan model dan metode peramalan yang lebih canggih untuk analisis saham yang lebih baik terutama dalam pengembangan metodologi peramalan deret waktu di industri keuangan.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Penelitian ini berhasil menentukan konfigurasi Hyperparameter model Temporal Fusion Transformer (TFT) dan strategi pra-pemrosesan data terbaik untuk peramalan harga saham lima bank terbesar di Indonesia (BBCA, BBRI, BMRI, BBNI, BRIS). Berdasarkan eksperimen dan analisis yang telah dilakukan, kesimpulan yang diperoleh adalah sebagai berikut:

1. Penelitian ini menggabungkan optimalisasi Hyperparameter dan strategi Pra-pemrosesan data untuk menemukan kombinasi terbaik. Kombinasi terbaik yang ditemukan adalah menggunakan Encoder-Decoder 25-5 dengan teknik Normalization StandardScaler dan Batch Size 32. Kombinasi Hyperparameter optimal untuk model TFT dalam konfigurasi ini adalah: Gradient Clip Value sebesar 0.3, Learning Rate 0.01, Hidden Size 128, Attention Head Size 2, Dropout 0.3, dan Hidden Continuous Size 8.
2. Kombinasi optimal ini memberikan performa terbaik dengan nilai Mean Absolute Error (MAE) sebesar 31.9601, Root Mean Squared Error (RMSE) sebesar 40.1071, dan Symmetric Mean Absolute Percentage Error (SMAPE) sebesar 0.0074. Hasil ini menunjukkan bahwa konfigurasi tersebut mampu memberikan prediksi harga saham yang lebih akurat dibandingkan kombinasi lainnya.

5.2 Saran

Studi ini menyarankan untuk melanjutkan penelitian dengan eksplorasi integrasi data tambahan seperti indikator ekonomi makro dan sentimen pasar untuk meningkatkan akurasi prediksi harga saham. Perlu juga dilakukan studi lebih lanjut untuk memperluas aplikasi model TFT terhadap instrumen keuangan lainnya di pasar modal Indonesia. Dengan pendekatan ini, dapat dikembangkan sistem peramalan yang lebih kokoh dan adaptif untuk mendukung pengambilan keputusan di industri keuangan yang dinamis.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] B. Lim, S. O. Arik, N. Loeff, dan T. Pfister, “Temporal Fusion Transformers for Interpretable Multi-horizon Time Series Forecasting.” 2020.
- [2] Y. Yang dan J. Lu, “A Fusion Transformer for Multivariable Time Series Forecasting: The Mooney Viscosity Prediction Case,” *Entropy*, vol. 24, no. 4, 2022, doi: 10.3390/e24040528.
- [3] A. N. Fadila dan C. Nuswandari, “APA SAJA FAKTOR - FAKTOR YANG MEMPENGARUHI HARGA SAHAM,” *E-Bisnis J. Ilm. Ekon. dan Bisnis*, 2022, doi: 10.51903/e-bisnis.v15i2.837.
- [4] Rianti Rahayu, “Penerapan Forecasting Dalam Jumlah Kasus Penyakit Malaria Menggunakan Metode Exponential Smoothing,” *J. Inform. dan Teknol. Inf.*, vol. 1, no. 2 SE-Articles, hal. 98–103, Sep 2022, doi: 10.56854/jt.v1i2.79.
- [5] I. Chairurrachman, “Penerapan Long Short-Term Memory Pada Data Time Series Untuk Prediksi Harga Saham PT. Indofood CBP Sukses Makmur Tbk (ICBP),” Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga, 2022.
- [6] J. Ju dan F.-A. Liu, “Multivariate Time Series Data Prediction Based on ATT-LSTM Network,” *Appl. Sci.*, vol. 11, no. 20, 2021, doi: 10.3390/app11209373.
- [7] D. Satria, “PREDICTING BANKING STOCK PRICES USING RNN, LSTM, AND GRU APPROACH,” *Appl. Comput. Sci.*, vol. 19, no. 1, hal. 82–94, 2023.
- [8] TradingView, “Saham Indonesia Finansial.” [Daring]. Tersedia pada: <https://id.tradingview.com/markets/stocks-indonesia/sectorandindustry-sector/finance/>
- [9] C. Chen, L. Xue, dan W. Xing, “Research on Improved GRU-Based Stock Price Prediction Method,” *Appl. Sci.*, vol. 13, no. 15, 2023, doi: 10.3390/app13158813.
- [10] Yahoo Finance, “Historical Data for BBNI,” 2024, [Daring]. Tersedia

- pada: <https://finance.yahoo.com/>
- [11] Yahoo Finance, “Historical Data for BRIS,” 2024, [Daring]. Tersedia pada: <https://finance.yahoo.com/>
- [12] Yahoo Finance, “Historical Data for BBKA.” [Daring]. Tersedia pada: <https://finance.yahoo.com/>
- [13] Yahoo Finance, “Historical Data for BMRI,” 2024, [Daring]. Tersedia pada: <https://finance.yahoo.com/>
- [14] Yahoo Finance, “Historical Data for BBRI,” 2024, [Daring]. Tersedia pada: <https://finance.yahoo.com/>
- [15] M. López Santos, X. García-Santiago, F. Echevarría Camarero, G. Blázquez Gil, dan P. Carrasco Ortega, “Application of Temporal Fusion Transformer for Day-Ahead PV Power Forecasting,” *Energies*, vol. 15, no. 14, 2022, doi: 10.3390/en15145232.
- [16] K. He, L. Zheng, Q. Yang, C. Wu, Y. Yu, dan Y. Zou, “Crude oil price prediction using temporal fusion transformer model,” *Procedia Comput. Sci.*, vol. 221, hal. 927–932, 2023, doi: <https://doi.org/10.1016/j.procs.2023.08.070>.
- [17] X. Hu, “Stock Price Prediction Based on Temporal Fusion Transformer,” in *2021 3rd International Conference on Machine Learning, Big Data and Business Intelligence (MLBDBI)*, 2021, hal. 60–66. doi: 10.1109/MLBDBI54094.2021.00019.
- [18] J. Frank, “Forecasting Realized Volatility in Turbulent Times using Temporal Fusion Transformers,” *FAU Discuss. Pap. Econ.*, vol. 3, 2023.
- [19] S. R. Beeram dan S. Kuchibhotla, “Time Series Analysis on Univariate and Multivariate Variables: A Comprehensive Survey,” in *Communication Software and Networks*, S. C. Satapathy, V. Bhateja, M. Ramakrishna Murty, N. Gia Nhu, dan J. Kotti, Ed., Singapore: Springer Singapore, 2021, hal. 119–126.
- [20] D. Pena dan I. Sanchez, “MEASURING THE ADVANTAGES OF MULTIVARIATE VS. UNIVARIATE FORECASTS,” *J. TIME Ser. Anal.*, vol. 28, no. 6, hal. 886–909, 2007.

- [21] A. Vaswani *et al.*, “Attention Is All You Need,” *CoRR*, vol. abs/1706.03762, 2017, [Daring]. Tersedia pada: <http://arxiv.org/abs/1706.03762>
- [22] Q. Wen *et al.*, “Transformers in Time Series: A Survey.” 2023.
- [23] J. Pan, Y. Zhuang, dan S. Fong, “The Impact of Data Normalization on Stock Market Prediction: Using SVM and Technical Indicators,” in *Soft Computing in Data Science*, M. W. Berry, A. Hj. Mohamed, dan B. W. Yap, Ed., Singapore: Springer Singapore, 2016, hal. 72–88.
- [24] Y. Xu dan R. Goodacre, “On Splitting Training and Validation Set: A Comparative Study of Cross-Validation, Bootstrap and Systematic Sampling for Estimating the Generalization Performance of Supervised Learning,” *J. Anal. Test.*, vol. 2, no. 3, hal. 249–262, 2018, doi: 10.1007/s41664-018-0068-2.
- [25] M. Diqi dan H. Hamzah, “Improving Stock Price Prediction Accuracy with StacBi LSTM,” *JISKA (Jurnal Inform. Sunan Kalijaga)*, vol. 9, no. 1, hal. 10–26, 2024, doi: 10.14421/jiska.2024.9.1.10-26.
- [26] I. Ofeidis, D. Kiedanski, dan L. Tassiulas, “An Overview of the Data-Loader Landscape: Comparative Performance Analysis.” 2022.
- [27] T. Bartz-Beielstein dan M. Zaefferer, “Hyperparameter Tuning Approaches,” in *Hyperparameter Tuning for Machine and Deep Learning with R: A Practical Guide*, E. Bartz, T. Bartz-Beielstein, M. Zaefferer, dan O. Mersmann, Ed., Singapore: Springer Nature Singapore, 2023, hal. 71–119. doi: 10.1007/978-981-19-5170-1_4.
- [28] T. Chai dan R. R. Draxler, “Root mean square error (RMSE) or mean absolute error (MAE)? – Arguments against avoiding RMSE in the literature,” *Geosci. Model Dev.*, vol. 7, no. 3, hal. 1247–1250, 2014, doi: 10.5194/gmd-7-1247-2014.