

# FORECASTING WORLD SUGAR CONTRACT FUTURES USING LONG SHORT-TERM MEMORY TECHNIQUE WITH MULTI-STEP AHEAD FORECASTING STRATEGY

KAYLA FAKHRIYYA JASMINE



DEPARTMENT OF STATISTICS  
FACULTY OF MATHEMATICS AND NATURAL SCIENCES  
IPB UNIVERSITY  
BOGOR  
2024

@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.

Perpustakaan 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.



## STATEMENT REGARDING UNDERGRADUATE THESIS, INFORMATION SOURCES, AND COPYRIGHT

Hereby I declare that the skripsi with the title “Forecasting World Sugar Contract Futures using Long Short-term Memory Technique with Multi-step Ahead Forecasting Strategy” is my work with guidance from the supervisory committee and it has not been submitted in any form to any university. Information sources that come or are quoted from published or unpublished work by other authors have been referred to in the text and mentioned in the bibliography. I hereby hand over the copyrights of my undergraduate thesis to IPB University.

Bogor, June 2024

Kayla Fakhriyya Jasmine  
G1401201102

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.



## ABSTRAK

KAYLA FAKHRIYYA JASMINE. Peramalan Kontrak Berjangka Gula Dunia menggunakan Teknik *Long Short-term Memory* dengan Strategi *Multi-step Ahead Forecasting*. Dibimbing oleh KHAIRIL ANWAR NOTODIPUTRO dan LINDAHWATI.

Analisis deret waktu menggunakan model stokastik dan dinamis untuk peramalan data merupakan kunci dalam membantu proses perencanaan dan pengambilan keputusan di berbagai sektor. LSTM, dengan keunggulannya dalam memahami pola dan non-linearitas dalam data berurutan, diterapkan dalam strategi peramalan multi-langkah ke depan pada harga kontrak berjangka gula dunia. Fluktuasi harga gula memiliki dampak signifikan terhadap sektor pertanian, perdagangan, dan industri pangan. Peramalan harga gula menjadi alat penting bagi industri, investor, dan pedagang untuk mengantisipasi perubahan dan membuat keputusan yang tepat. Tujuan dari studi ini adalah untuk mengidentifikasi strategi terbaik untuk meramalkan harga kontrak gula dunia dan melakukan peramalan menggunakan model terbaik. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penyetelan hyperparameter pada model LSTM menghasilkan kombinasi dan efek yang bervariasi. Selanjutnya, strategi *recursive* cocok untuk peramalan jangka panjang, sedangkan strategi *direct* tepat untuk peramalan jangka pendek. Meramalkan nilai untuk beberapa periode ke depan tetap menjadi tantangan dalam mencapai akurasi yang tinggi.

Kata kunci: *direct*, gula, *Long Short-term Memory* (LSTM), *Multi-Input Multi-Output* (MIMO), *recursive*.

## ABSTRACT

KAYLA FAKHRIYYA JASMINE. Forecasting World Sugar Contract Futures using Long Short-term Memory Technique with Multi-step Ahead Forecasting Strategy. Supervised by KHAIRIL ANWAR NOTODIPUTRO and INDAHWATI.

Time series analysis using stochastic and dynamic models for data forecasting is a key in assisting planning and decision-making processes in various sectors. LSTM, with its advantage in understanding patterns and non-linearity in sequential data, is applied in a multi-step ahead forecasting strategy on world sugar futures prices. Fluctuations in sugar prices have a significant impact on the agriculture, trade, and food industry sectors. Forecasting sugar prices becomes a crucial tool for industry, investors and traders to anticipate changes and make informed decisions. The objectives of this study are to identify the best strategy for forecasting the world sugar contract price and to perform forecasting using the best model. The research results indicate that hyperparameter tuning in LSTM models produces varied combinations and effects. Furthermore, the recursive strategy is suitable for long-term forecasting, while the direct strategy is appropriate for short-term forecasting. Forecasting values for multi-step ahead remains challenging in achieving high accuracy.

*Keywords:* direct, Long Short-term Memory (LSTM), Multi-Input Multi-Output (MIMO), recursive, sugar.





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.

© Copyright IPB University, 2024  
Copyrights protected by Law

*Prohibited to cite parts or all of this manuscript without referencing its source. Citations are only permitted for educational purposes, research, writing of scientific manuscripts, reports, critiques, or reviews. Citations may not harm IPB University's interests.*

*Publishing and copying some or parts of this manuscript without authorization from IPB University is prohibited.*

# FORECASTING WORLD SUGAR CONTRACT FUTURES USING LONG SHORT-TERM MEMORY TECHNIQUE WITH MULTI-STEP AHEAD FORECASTING STRATEGY

**KAYLA FAKHRIYYA JASMINE**

Skripsi  
as a partial fulfilment for the degree of Bachelor  
in  
Statistics and Data Science

**DEPARTMENT OF STATISTICS  
FACULTY OF MATHEMATICS AND NATURAL SCIENCES  
IPB UNIVERSITY  
BOGOR  
2024**

@Hak cipta milik IPB University

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.





Title : Forecasting World Sugar Contract Futures using Long Short-term  
Memory Technique with Multi-step Ahead Forecasting Strategy  
Name : Kayla Fakhriyya Jasmine  
Student ID : G1401201102

Approved by

Main Supervisor:  
Prof. Dr. Ir. Khairil Anwar Notodiputro, M.S.

Co-Supervisor:  
Dr. Ir. Indahwati, M.Si.



Acknowledge by

Head of Statistics and Data Science Study Program:  
Dr. Bagus Sartono, S.Si, M.Si.  
NIP 19780411 200501 1002



Date of Thesis Defense:  
28 May 2024

Date of Graduation:

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.



## PREFACE

Praise and gratitude are extended to Allah subhanaahu wa ta'ala for all His blessings, which have enabled the completion of this scientific work. The theme chosen for the research conducted from January 2023 to May 2024 is forecasting, with the title "Forecasting World Sugar Contract Futures using Long Short-term Memory Technique with Multi-step Ahead Forecasting Strategy."

The completion of this scientific paper is due to various support and assistance from different parties. Therefore, the author expresses appreciation to:

1. The author's advisors, Prof. Dr. Ir. Khairil Anwar Notodiputro, M.S. and Dr. Ir. Indahwati, M.Si. who have assisted, guided, directed, and supported during the preparation of this research.
2. Akbar Rizki, S.Stat., M.Si., as an external examiner who has provided advice and input in the writing of this scientific work.
3. The author's parents and family, who have always provided support, prayers, and love.
4. All the lecturers and staff of the Department of Statistics who have imparted valuable knowledge and supported all the author's needs during the coursework and the preparation of this scientific work
5. Mentors, partners, friends, and colleagues who have provided help, support, and encouragement to the author, especially to Fadhlán, Nickyta, Irma, Nabila, Fidira, Alfi, Alwi, and Alam.
6. All parties who have assisted the author in the preparation of this scientific work, who cannot be mentioned one by one.

May this scientific work be beneficial for those who need it and contribute to the advancement of knowledge.

Bogor, June 2024

*Kayla Fakhriyya Jasmine*



## TABLE OF CONTENTS

LIST OF TABLES	x
LIST OF FIGURES	x
LIST OF APPENDICES	x
I INTRODUCTION	1
1.1 Background	1
1.2 Objectives	2
II LITERATURE REVIEW	3
2.1 Long Short-Term Memory (LSTM)	3
2.2 Multi-step Ahead Time Series Forecasting Strategy	5
2.3 Time Series K-Fold Cross Validation	6
2.4 Forecasting Accuracy Metrics	7
III METHODOLOGY	9
3.1 Data	9
3.2 Analysis Procedure	9
IV RESULTS	11
4.1 Data Exploration	11
4.2 Modeling with LSTM	12
4.3 Evaluation and Determination of the Best Strategy	14
4.4 Forecasting Results	16
V CONCLUSIONS AND RECOMMENDATIONS	18
5.1 Conclusions	18
5.2 Recommendations	18
REFERENCES	19
APPENDICES	21
BIOGRAPHY	32

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.



## LIST OF TABLES

1	A scale of judgment of forecast accuracy (Lewis 1982)	8
2	Hyperparameter combination	10
3	Optimal hyperparameter combinations for each approach	14
4	RMSE and MAPE predicted for three different strategies	15

## LIST OF FIGURES

5	LSTM structure (Le <i>et al.</i> 2019)	3
6	Sugar contract futures price line chart	11
7	(a) ACF plot, (b) rolling variance plot	12
8	(a) Single-output approach, (b) multi-output approach	12
9	K-fold time series cross validation scheme	13
10	Cross-validation process	13
11	Comparison of test data and forecasting results for recursive, direct, and MIMO strategies	14
12	Sugar futures contract price forecast results from (a) recursive strategy, (b) direct strategy	16
13	Comparison between actual data with (a) recursive strategy forecasting result and (b) direct strategy forecasting result (b)	17

## LIST OF APPENDICES

14	Optimal hyperparameter combination for single-output approach on each day	22
15	Forecasting results for sugar futures contracts using recursive strategy	29
16	Forecasting results for sugar futures contracts using direct strategy	31

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.