

APLIKASI METODE ARIMAX DAN *MULTIVARIATE LONG SHORT-TERM MEMORY* (LSTM) DALAM PERAMALAN JUMLAH PENEMPATAN PEKERJA MIGRAN INDONESIA (PMI)

ANGELIKA ANGGRENI BATUBARA



**DEPARTEMEN STATISTIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2024**

@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.

PERNYATAAN MENGENAI SKRIPSI DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi dengan judul “Aplikasi Metode ARIMAX dan *Multivariate Long Short-Term Memory* (LSTM) dalam Peramalan Jumlah Penempatan Pekerja Migran Indonesia (PMI)” 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, Juli 2024

Angelika Anggredi Batubara
G1401201040

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

ANGELIKA ANGGRENI BATUBARA. Aplikasi Metode ARIMAX dan *Multivariate Long Short-Term Memory* (LSTM) dalam Peramalan Jumlah Penempatan Pekerja Migran Indonesia (PMI). Dibimbing oleh AKBAR RIZKI dan SEPTIAN RAHARDIANTORO.

Indonesia merupakan negara pengirim pekerja migran terbesar kedua di Asia Tenggara setelah Filipina. Lapangan pekerjaan yang tidak mencukupi menyebabkan banyak penduduk usia produktif bekerja di luar negeri. Jumlah penempatan Pekerja Migran Indonesia diduga dipengaruhi oleh jumlah pengaduan Pekerja Migran Indonesia dan inflasi, sehingga keduanya digunakan sebagai variabel eksogen dalam pemodelan. Data yang digunakan adalah data bulanan dari Januari 2018 hingga Desember 2023. Penelitian ini mengaplikasikan dua pendekatan metode peramalan data deret waktu yang berbeda, yaitu metode Autoregressive Integrated Moving Average eXogenous (ARIMAX) yang merupakan salah satu metode klasik dan metode Multivariate Long Short-Term Memory (LSTM) yang merupakan salah satu metode machine learning. Kedua metode ini dipilih karena dalam penelitian ini berupaya menemukan model peramalan data deret waktu multivariate terbaik yang menggambarkan pola data jumlah penempatan PMI. Model terbaik diperoleh berdasarkan performa nilai Mean Absolute Percentage Error (MAPE). Khusus untuk pencarian model multivariate LSTM melibatkan beberapa kombinasi hyperparameter. Hasilnya, model ARIMAX terbaik adalah ARIMAX(1,1,1) dengan nilai MAPE 23,531%, sedangkan model multivariate LSTM terbaik diperoleh dengan hyperparameter epoch 500, batch size 32, dan learning rate 0,005 dengan nilai MAPE 17%. Oleh karena itu, model multivariate LSTM tersebut dipilih sebagai model terbaik yang menggambarkan pola jumlah penempatan PMI. Akibatnya, berdasarkan model multivariate LSTM, peramalan jumlah penempatan PMI pada bulan Januari hingga Mei 2024 menghasilkan nilai yang cenderung naik.

Kata kunci: ARIMAX, multivariate LSTM, pekerja migran Indonesia, pemodelan, peramalan.

ABSTRACT

ANGELIKA ANGGRENI BATUBARA. Application of ARIMAX and Multivariate Long Short-Term Memory (LSTM) Methods in Forecasting the Number of Placements of Indonesian Migrant Workers (IMWO). Supervised by AKBAR RIZKI and SEPTIAN RAHARDIANTORO.

Indonesia is the second largest migrant worker sending country in Southeast Asia after the Philippines. Insufficient job opportunities cause many people of productive age to work abroad. The number of Indonesian Migrant Worker placements is thought to be influenced by the number of Indonesian Migrant Worker complaints and inflation, so both are used as exogenous variables in the modeling. The data used is monthly data from January 2018 to December 2023. This research applies two different time series data forecasting method approaches, namely the Autoregressive Integrated Moving Average eXogenous (ARIMAX) method which is one of the classical methods and the Multivariate Long Short-Term Memory (LSTM) method which is one of the machine learning methods. These two methods were chosen because this research seeks to find the best multivariate time series forecasting model that describes the data pattern of the number of PMI placements. The best model is obtained based on the performance of the Mean Absolute Percentage Error (MAPE) value. Specifically, the search for multivariate LSTM models involves several hyperparameter combinations. As a result, the best ARIMAX model is ARIMAX(1,1,1) with a MAPE value of 23,531%, while the best multivariate LSTM model is obtained with hyperparameter epoch 500, batch size 32, and learning rate 0,005 with a MAPE value of 17%. Therefore, the multivariate LSTM model was chosen as the best model that describes the pattern of the number of PMI placements. As a result, based on the multivariate LSTM model, forecasting the number of PMI placements from January to May 2024 produces values that tend to increase.

Keywords: ARIMAX, forecasting, Indonesian migrant workers, modeling, multivariate LSTM.



@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.

APLIKASI METODE ARIMAX DAN *MULTIVARIATE LONG SHORT-TERM MEMORY (LSTM)* DALAM PERAMALAN JUMLAH PENEMPATAN PEKERJA MIGRAN INDONESIA (PMI)

ANGELIKA ANGGRENI BATUBARA

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

**DEPARTEMEN STATISTIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2024**

- 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.

Tim Penguji pada Ujian Skripsi:
La Ode Abdul Rahman, S.Si., M.Si.



Judul Skripsi : Aplikasi Metode ARIMAX dan *Multivariate Long Short-Term Memory (LSTM)* dalam Peramalan Jumlah Penempatan Pekerja Migran Indonesia (PMI)

Nama : Angelika Anggreni Batubara
NIM : G1401201040

Disetujui oleh

Pembimbing 1:
Akbar Rizki, S.Stat., M.Si.



Pembimbing 2:
Septian Rahardiantoro, S.Stat., M.Si., Ph.D.



Diketahui oleh

Ketua Departemen Statistika:
Dr. Bagus Sartono, S.Si., M.Si.
NIP. 197804112005011002



Tanggal Ujian:
28 Juni 2024

Tanggal Lulus:
(tanggal penandatanganan oleh Dekan
Fakultas/Sekolah ...)

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.



PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas segala karunia-Nya sehingga karya ilmiah ini berhasil diselesaikan. Tema yang dipilih dalam penelitian yang dilaksanakan sejak bulan Desember 2023 sampai bulan Juni 2024 ini ialah pemodelan data deret waktu, dengan judul “Aplikasi Metode ARIMAX dan *Multivariate Long Short-Term Memory (LSTM)* dalam Peramalan Jumlah Penempatan Pekerja Migran Indonesia (PMI)”.

Karya ilmiah ini dapat diselesaikan tidak terlepas dari dukungan dan bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis ingin mengucapkan terimakasih kepada:

1. Ibu Akbar Rizki, S.Stat., M.Si. dan Bapak Septian Rahardianto, S.Stat., M.Si, Ph.D. selaku dosen pembimbing yang telah membimbing, mengarahkan, dan memotivasi selama penyusunan karya ilmiah ini;
2. Bapak La Ode Abdul Rahman, S.Si., M.Si. selaku dosen penguji yang telah memberikan saran dan masukan dalam penulisan karya ilmiah ini;
3. seluruh dosen dan tenaga pendidik Departemen Statistika IPB yang telah memberikan ilmu yang bermanfaat serta membantu kebutuhan administrasi penulis;
4. Ibu, Ayah, dan adik-adik yang telah memberikan doa dan dukungan kepada penulis;
5. Esra, Febri, Fitri, Ipeh, Ivan, Renita yang senantiasa mendukung dan memotivasi dalam penyusunan karya ilmiah ini;
6. Indri, Nabil, Tantri, Obi, Ireno, April, Dusul, Paad dan teman Statistika 57 yang senantiasa mendukung dan menemani penulis dalam masa penyusunan karya ilmiah ini; dan
7. seluruh pihak terkait yang telah membantu penulis dalam menyusun karya ilmiah ini yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

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

Bogor, Juli 2024

Angelika Anggreni Batubara

DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	x
I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan	2
II TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 <i>Autoregressive Integrated Moving Average (ARIMA)</i>	4
2.2 <i>Autoregressive Integrated Moving Average with Exogenous Variable (ARIMAX)</i>	4
2.3 <i>Multivariate LSTM</i>	7
2.4 MAPE	9
III METODE	10
3.1 Data	10
3.2 Prosedur Analisis Data	10
IV HASIL DAN PEMBAHASAN	12
4.1 Eksplorasi Data	12
4.2 <i>Splitting Data</i>	14
4.3 Pemodelan ARIMAX	15
4.4 Pemodelan <i>Multivariate LSTM</i>	18
4.5 Perbandingan Performa Model ARIMAX dan <i>Multivariate LSTM</i>	20
4.6 Peramalan Jumlah Penempatan PMI	22
V SIMPULAN	23
DAFTAR PUSTAKA	24
RIWAYAT HIDUP	29

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.



DAFTAR TABEL

1	Tabel 1 Selang dan signifikansi nilai MAPE	9
2	Tabel 2 Peubah-peubah yang digunakan pada penelitian	10
3	Tabel 3 Perbandingan kebaikan model ARIMA tentatif	16
4	Tabel 4 Estimasi parameter ARIMAX(1,1,1)	16
5	Tabel 5 Model <i>overfitting</i> ARIMAX	17
6	Tabel 6 Arsitektur model <i>Multivariate LSTM</i>	19
7	Tabel 7 Nilai rata-rata loss kombinasi <i>hyperparameter</i>	19
8	Tabel 8 Evaluasi model	22

DAFTAR GAMBAR

1	Gambar 1 Struktur <i>Multivariate LSTM</i> (Karno 2020)	7
2	Gambar 2 Plot deret waktu jumlah penempatan PMI (Januari 2018 s.d Desember 2023)	12
3	Gambar 3 Plot deret waktu inflasi Indonesia (Januari 2018 s.d Desember 2023)	12
4	Gambar 4 Plot deret waktu jumlah pengaduan PMI (Januari 2018 s.d Desember 2023)	13
5	Gambar 5 Plot CCF jumlah penempatan PMI dan jumlah pengaduan PMI	14
6	Gambar 6 Plot CCF jumlah penempatan PMI dan inflasi	14
7	Gambar 7 Pembagian data training dan data testing jumlah penempatan PMI	15
8	Gambar 8 Plot ACF jumlah penempatan PMI (a) sebelum <i>differensing</i> dan (b) setelah <i>differensing</i> satu kali ($d=1$)	15
9	Gambar 9 (a) Plot PACF jumlah penempatan PMI (b) Plot EACF setelah <i>differensing</i> satu kali	16
10	Gambar 10 Plot jumlah penempatan PMI, jumlah pengaduan PMI, dan inflasi sebelum ditransformasi MinMaxScaler	18
11	Gambar 11 Plot jumlah penempatan PMI, jumlah pengaduan PMI, dan inflasi setelah ditransformasi MinMaxScaler	18
12	Gambar 12 Plot perbandingan <i>training loss</i> dan <i>validation loss</i> pada model <i>Multivariate LSTM</i>	20
13	Gambar 13 Plot perbandingan data prediksi menggunakan ARIMAX(1,1,1), <i>Multivariate LSTM</i> , dan data aktual <i>testing</i>	21
14	Gambar 14 Plot perbandingan data prediksi menggunakan ARIMAX(1,1,1) dan <i>Multivariate LSTM</i> dan data aktual <i>training</i>	21
15	Gambar 15 Peramalan jumlah penempatan PMI	22