



**PENERAPAN MODEL *LONG SHORT TERM MEMORY*
UNTUK PERAMALAN JUMLAH PENUMPANG PESAWAT
TERBANG DI BADAN PUSAT STATISTIK**

TUGAS AKHIR



UNIVERSITAS
MERCU BUANA

**PROGRAM STUDI TEKNIK INFORMATIKA
FAKULTAS ILMU KOMPUTER
UNIVERSITAS MERCU BUANA
JAKARTA**



**PENERAPAN MODEL *LONG SHORT TERM MEMORY*
UNTUK PERAMALAN JUMLAH PENUMPANG PESAWAT
TERBANG DI BADAN PUSAT STATISTIK**

Tugas Akhir

Diajukan Untuk Melengkapi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Komputer

Oleh:
Muhammad Fadhil
41520110059

UNIVERSITAS
MERCU BUANA

PROGRAM STUDI TEKNIK INFORMATIKA
FAKULTAS ILMU KOMPUTER
UNIVERSITAS MERCU BUANA
JAKARTA
2021

LEMBAR PERNYATAAN ORISINALITAS

Yang bertanda tangan di bawah ini:

NIM : 41520110059
Nama : Muhammad Fadhil
Judul Tugas Akhir : Penerapan Model *Long Short Term Memory* Untuk
Peramalan Jumlah Penumpang Pesawat Terbang Di
Badan Pusat Statistik

Menyatakan bahwa Laporan Tugas Akhir saya adalah hasil karya sendiri dan bukan plagiat. Apabila ternyata ditemukan di dalam laporan Tugas Akhir saya terdapat unsur plagiat, maka saya siap untuk mendapatkan sanksi akademik yang terkait dengan hal tersebut.

Jakarta, 6 Juli 2022

A handwritten signature in black ink is written over a yellow postage stamp. The stamp features the Garuda Pancasila emblem and the text 'SEPULUH RUPIAH', '2000', 'TEL', '20 METERAI TEMPEL', and the number '9774AAKX024664760'.

Muhammad Fadhil

SURAT PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR

Sebagai mahasiswa Universitas Mercu Buana, saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama Mahasiswa : Muhammad Fadhil
NIM : 41520110059
Judul Tugas Akhir : Penerapan Model *Long Short Term Memory*
Untuk Peramalan Jumlah Penumpang Pesawat
Terbang Di Badan Pusat Statistik

Dengan ini memberikan izin dan menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Mercu Buana **Hak Bebas Royalti Non eksklusif** (*None-exclusive Royalty Free Right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul di atas beserta perangkat yang ada (jika diperlukan).

Dengan Hak Bebas Royalti/Non eksklusif ini Universitas Mercu Buana berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat dan mempublikasikan tugas akhir saya.

Selain itu, demi pengembangan ilmu pengetahuan di lingkungan Universitas Mercu Buana, saya memberikan izin kepada Peneliti di Lab Riset Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Mercu Buana untuk menggunakan dan mengembangkan hasil riset yang ada dalam tugas akhir untuk kepentingan riset dan publikasi selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Jakarta, 04 Agustus 2022



Muhammad Fadhil

SURAT PERNYATAAN LUARAN TUGAS AKHIR

Sebagai mahasiswa Universitas Mercu Buana, saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama Mahasiswa : Muhammad Fadhil
NIM : 41520110059
Judul Tugas Akhir : Penerapan Model *Long Short Term Memory* Untuk Peramalan Jumlah Penumpang Pesawat Terbang Di Badan Pusat Statistik

Menyatakan bahwa :

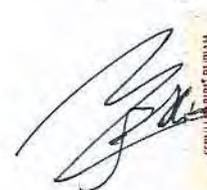
1. Luaran Tugas Akhir saya adalah sebagai berikut :

No	Luaran	Jenis	Status
1	Publikasi Ilmiah	Jurnal Nasional Tidak Terakreditasi	Diajukan ✓
		Jurnal Nasional Terakreditasi ✓	
		Jurnal International Tidak Bereputasi	
		Jurnal International Bereputasi	
Disubmit/ dipublikasikan di :	Nama Jurnal	Faktor Exacta	
	ISSN	2502-339X	
	Link Jurnal	https://journal.lppmunindra.ac.id/index.php/Faktor_Exacta/author/submission/13751	
	Link <i>File</i> Jurnal Jika Sudah di Publish	https://journal.lppmunindra.ac.id/index.php/Faktor_Exacta/author/downloadFile/13751/38558/1	

2. Bersedia untuk menyelesaikan seluruh proses publikasi artikel mulai dari submit, revisi artikel sampai dengan dinyatakan dapat diterbitkan pada jurnal yang dituju.
3. Diminta untuk melampirkan scan KTP dan Surat Pernyataan (Lihat Lampiran Dokumen HKI), untuk kepentingan pendaftaran HKI apabila diperlukan

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Jakarta, 04 Agustus 2022




Muhammad Fadhil

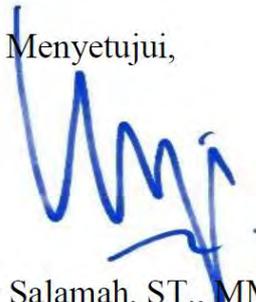
LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING

Nama Mahasiswa : Muhammad Fadhil
NIM : 41520110059
Judul Tugas Akhir : Penerapan Model Long Short Term Memory Untuk
Peramalan Jumlah Penumpang Pesawat Terbang Di
Badan Pusat Statistik

Tugas Akhir ini telah diperiksa dan disetujui

Jakarta, 15 Juli 2022

Menyetujui,



(Umniy Salamah, ST., MMSI)
Dosen Pembimbing

LEMBAR PERSETUJUAN PENGUJI

NIM : 41520110059
Nama : Muhammad Fadhil
Judul Tugas Akhir : Penerapan Model Long Short Term Memory Untuk
Peramalan Jumlah Penumpang Pesawat Terbang Di
Badan Pusat Statistik

Tugas Akhir ini telah diperiksa dan disidangkan sebagai salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana pada Program Studi Teknik Informatika, Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Mercu Buana.

Jakarta, 04 Agustus 2022



(Sabar Rudiarto, M.Kom)

LEMBAR PERSETUJUAN PENGUJI

NIM : 41520110059
Nama : Muhammad Fadhil
Judul Tugas Akhir : Penerapan Model Long Short Term Memory Untuk
Peramalan Jumlah Penumpang Pesawat Terbang Di
Badan Pusat Statistik

Tugas Akhir ini telah diperiksa dan disidangkan sebagai salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana pada Program Studi Teknik Informatika, Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Mercu Buana.

Jakarta, 04 Agustus 2022



(Muhammad Rifqi, MKom)

MERCU BUANA

LEMBAR PERSETUJUAN PENGUJI

NIM : 41520110059
Nama : Muhammad Fadhil
Judul Tugas Akhir : Penerapan Model Long Short Term Memory Untuk
Peramalan Jumlah Penumpang Pesawat Terbang Di
Badan Pusat Statistik

Tugas Akhir ini telah diperiksa dan disidangkan sebagai salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana pada Program Studi Teknik Informatika, Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Mercu Buana.

Jakarta, 04 Agustus 2022



(Vina Ayumi, S.Kom, M.Kom)



UNIVERSITAS
MERCU BUANA

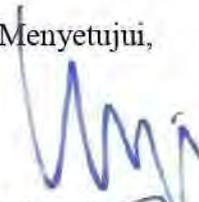
LEMBAR PENGESAHAN

NIM : 41520110059
Nama : Muhammad Fadhil
Judul Tugas Akhir : Penerapan Model *Long Short Term Memory* Untuk Peramalan Jumlah Penumpang Pesawat Terbang Di Badan Pusat Statistik

Tugas Akhir ini telah diperiksa dan disidangkan sebagai salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana pada Program Studi Teknik Informatika, Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Mercu Buana.

Jakarta, 25 Agustus 2022

Menyetujui,



(Umniy Salamah, ST., MMSI)
Dosen Pembimbing

Mengetahui,



(Wawan Gunawan, S.Kom, MT)
Koord. Tugas Akhir Teknik Informatika



(Emil R. Kaburuan, Ph.D.)
Ka. Prodi Teknik Informatika

ABSTRAK

Nama : Muhammad Fadhil
NIM : 41520110059
Pembimbing TA : Umniy Salamah, S.Kom,MMSI
Judul : Penerapan Model *Long Short Term Memory* Untuk Peramalan Jumlah Penumpang Pesawat Terbang Di Badan Pusat Statistik

Pada penelitian ini penggunaan data penumpang pesawat terbang di Bandara Utama Indonesia memiliki rentang waktu setiap bulan dengan jumlah data penumpang sebanyak 196 bulan pada bulan Januari 2006 sampai Mei 2022. Peramalan dilakukan untuk semua Jenis pesawat di Bandara Udara Utama untuk Penerbangan Domestik yang ada di web bps.go.id. Masalah yang dihadapi yaitu meledaknya jumlah penumpang yang dampak ke ketersediaan tiket dan pelayanan. Jumlah penumpang pesawat terbang di Bandara Utama Indonesia dapat di ramal dengan menggunakan model *Long Short Term Memory* (LSTM) dengan bahasa pemrograman Python. 196 data bulanan ini akan di bagi menjadi 2 data, yaitu data latih sebesar 80% dan data uji sebesar 20%. Untuk mendapatkan performa yang lebih tinggi saat melatih model LSTM diberikan inisiasi model adalah *Learning rate* sebesar 0,01, *Batch Size* sebanyak 1, *Hidden State* 29.345 dan *Epoch* sampai 100. Berdasarkan hasil pengujian didapatkan model yang terbaik pada *Epoch* ke-19 yang memiliki *Loss* terkecil sebesar 0.0257. Kemudian model tersebut di ujikan pada data uji dan di dapatkan nilai *Root Mean Square Error* (RMSE) sebesar 17%.

Kata kunci:

Long Short Term Memory, *Root Mean Square Error*, Peramalan, Bandara Utama Indonesia, Pesawat Terbang

ABSTRACT

Name : Muhammad Fadhil
Student Number : 41520110059
Counsellor : Umniy Salamah, S.Kom,MMSI
Title : Penerapan Model *Long Short Term Memory* Untuk Peramalan Jumlah Penumpang Pesawat Terbang Di Badan Pusat Statistik

In this study, The use of aircraft passenger data at The Indonesian Main Airport has a time span of every month with a total of 196 months of passenger data from January 2006 to May 2022. The Number of airplane passengers at Indonesia's main airport can be predicted using The Long Short Term Memory (LSTM) model with The Python programming language. This 196 monthly data will be divided into 2 data, namely 80% training data and 20% test data. To get higher performance when training The LSTM model, The initialization of The model is Learning rate of 0.01, Batch Size of 1, Hidden State of 29,345 and Epoch of up to 100. Based on The test results, The best model was found in The 19th Epoch which had The smallest Loss of 0.0257. Then The model is tested on The test data and The Root Mean Square Error (RMSE) value is 17%.

Key words:

Long Short Term Memory, Root Mean Square Error, forcasting, Indonesian Main Airport, Aircraft Passenger.

KATA PENGANTAR

Puji syukur kita panjatkan karena rahmat dan hidayah-Nya yang senantiasa dilimpahkan kepada kita semua. Penulis menyadari bahwa tanpa pertolongan dan bantuan Allah SWT, dosen pembimbing, dan rekan-rekan di Universitas Mercu Buana, penulis tidak dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan baik. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Orang tua dan sahabat yang selalu memberikan semangat dan bantuan secara tidak langsung selama proses perkuliahan
2. Ibu Umniy Salamah, S.Kom,MMSI selaku pembimbing Tugas Akhir yang banyak memberi masukan ilmu dan arahan kepada penulis dalam proses penyusunan Tugas Akhir
3. Bapak Emil R. Kaburuan, Ph.D. selaku Kepala Program Studi Teknik Informatika di Universitas Mercu Buana
4. Seluruh dosen Fakultas Ilmu Komputer Universitas Mercu Buana yang telah memberikan ilmunya selama proses perkuliahan
5. Teman-teman yang memberikan semangat selama pelaksanaan Tugas Akhir

Akhir kata, penulis berharap semoga laporan kegiatan ini dapat bermanfaat untuk banyak orang. Aamiin.

UNIVERSITAS
MERCU BUANA

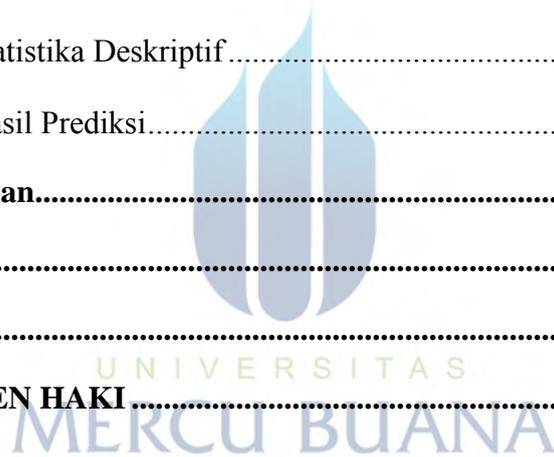
Jakarta, 6 Juli 2022

Muhammad Fadhil

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL	1
HALAMAN JUDUL.....	1
LEMBAR PERNYATAAN ORISINALITAS.....	II
SURAT PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR	III
SURAT PERNYATAAN LUARAN TUGAS AKHIR	IV
LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING.....	V
LEMBAR PERSETUJUAN PENGUJI	VI
LEMBAR PERSETUJUAN PENGUJI.....	VII
LEMBAR PERSETUJUAN PENGUJI	VIII
LEMBAR PENGESAHAN	IX
ABSTRAK.....	X
ABSTRACT	XI
KATA PENGANTAR	XII
DAFTAR ISI	XIII
NASKAH JURNAL.....	1
KERTAS KERJA	9
BAB 1 LITERATURE REVIEW	10
BAB 2 ANALISIS DAN PERANCANGAN	36
2.1 Analisis Masalah	36
2.2 Analisis Model.....	37
2.3 Sumber Data	37
BAB 3 <i>SOURCE CODE</i>	38
3.1 Bahasa Pemrograman dan <i>Library</i>	38
3.2 <i>Source Code</i>	38

3.2.1	<i>Import Library (Dependency)</i> dan Mengambil data.....	38
3.2.2	<i>Pre-processing</i> data	40
3.2.3	Membuat dan melatih jaringan saraf tiruan.....	41
3.2.4	Uji model dengan prediksi menggunakan data <i>valid</i>	43
BAB 4.	TAHAPAN EKSPERIMEN	44
4.1	Sumber Data	44
4.2	<i>Preprocessing</i>	44
4.3	RMSE.....	45
BAB 5	HASIL SEMUA EKSPERIMEN	46
5.1	Pengujian.....	46
5.1.1.	Statistika Deskriptif.....	46
5.1.2.	Hasil Prediksi.....	46
5.2	Kesimpulan.....	48
5.3	Saran	49
DAFTAR PUSTAKA		50
LAMPIRAN DOKUMEN HAKI		53



PENERAPAN MODEL LONG SHORT TERM MEMORY UNTUK PERAMALAN JUMLAH PENUMPANG PESAWAT TERBANG DI BADAN PUSAT STATISTIK

Muhammad Fadhil¹, Umniy Salamah²

^{1,3}Teknik Informatika, Universitas Mercu Buana, Indonesia

Article Info

Article history:

Received Sep 9, 2019
Revised May 20, 2020
Accepted Jun 11, 2020

Keywords:

Long Short Term Memory,
Root Mean Square Error,
Peramalan, Bandara Utama
Indonesia, Pesawat Terbang

ABSTRACT (10 PT)

Pada penelitian ini penggunaan data penumpang pesawat terbang di Bandara Utama Indonesia memiliki rentang waktu setiap bulan dengan jumlah data penumpang sebanyak 196 bulan pada bulan Januari 2006 sampai Mei 2022. Jumlah penumpang pesawat terbang di Bandara Utama Indonesia dapat di ramal dengan menggunakan model Long Short Term Memory (LSTM) dengan bahasa pemrograman Python. 196 data bulanan ini akan di bagi menjadi 2 data, yaitu data latih sebesar 80% dan data uji sebesar 20%. Untuk mendapatkan performa yang lebih tinggi saat melatih model LSTM diberikan inisialisasi model adalah Learning Rate sebesar 0,01, Batch Size sebanyak 1, Hidden State 29.345 dan Epoch sampai 100. Berdasarkan hasil pengujian didapatkan model yang terbaik pada Epoch ke-19 yang memiliki loss terkecil sebesar 0.0257. Kemudian model tersebut di ujikan pada data uji dan di dapatkan nilai Root Mean Square Error (RMSE) sebesar 17%.

Copyright © 2022 Universitas Mercu Buana.
All rights reserved.

Corresponding Author:

Muhammad Fadhil,
Fakultas Ilmu Komputer,
Universitas Mercu Buana,
Jl. Meruya Selatan No.31, Meruya Selatan, Kembangan, Jakarta Barat.
Email: 41520110059@student.mercubuana.ac.id

UNIVERSITAS
MERCU BUANA

1. PENDAHULUAN

Pada zaman sekarang ini, transportasi berfungsi sebagai sarana bagi manusia atau barang untuk dapat berpindah dari suatu tempat ke tempat lain secara efisien setiap waktu untuk mendukung aktivitas manusia dan telah menjadi kebutuhan dasar masyarakat. Apalagi saat ini aktivitas penggunaan pesawat naik turun melihat kondisi pandemik yang reda lalu muncul varian-varian lainnya berulang kali.

Penelitian terkait peramalan penumpang pesawat dengan metode neural network telah sering dilakukan sebelumnya. Peramalan dilakukan untuk semua Jenis pesawat di Bandara Udara Utama untuk Penerbangan Domestik yang ada di web bps.go.id, data yang diambil diambil dari Januari 2006 sampai Mei 2022 untuk digunakan sebagai data testing untuk menguji performa dari hasil peramalan. Dengan menggunakan arsitektur Long Short Term Memory hasil tahap pembentukan model, dilakukan peramalan untuk beberapa bulan kedepan dari periode terakhir data training. Performa model neural network dengan Long Short Term Memory (LSTM) yang dibentuk dari data training dan divalidasi dengan data testing memberikan tingkat akurasi prediksi serta tingkat akurasi peramalan yang sangat baik.

Penulis bermaksud melakukan penelitian model prediksi untuk data jumlah penumpang pesawat di bandara utama yaitu bandara Polonia, Soekarno Hatta, Juanda, Ngurah Rai dan Hasanudin dengan menggunakan model Long

Short Term Memory. Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui bagaimana proses kerja dari algoritma dan implementasi Long Short Term Memory untuk peramalan jumlah penumpang pesawat.

Berdasarkan masalah, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui bagaimana proses kerja dari algoritma Long Short Term Memory dalam peramalan jumlah penumpang pesawat serta mendeskripsikan hasil dari pengaplikasian model tersebut.

Penelitian ini diharapkan dapat menghasilkan model yang bisa memprediksi jumlah penumpang pesawat untuk beberapa bulan kedepan, sehingga dapat memberikan gambaran kepada pihak Badan Pusat Statistika, pihak bandara ataupun Perusahaan pesawat dalam mempersiapkan segala fasilitas yang diperlukan untuk kelancaran transportasi jikalau memang terjadi pelonjakan jumlah penumpang pesawat. Semoga penelitian ini dapat dijadikan referensi untuk penelitian selanjutnya.

2. METODE

Dalam membangun arsitektur model Long Short Term Memory untuk artikel jurnal ilmiah, dilakukan beberapa tahapan analisis. Berikut tahapan-tahapan yang telah dilakukan.

2.1. Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data sekunder yaitu data bulanan jumlah penumpang pesawat yang dapat diakses secara online dari situs <https://www.bps.go.id/>, dengan waktu mulai Januari 2006 sampai Mei 2022. Bentuk data yang akan digunakan hanya angka tidak berpengaruh pada faktor lain seperti cuaca, kondisi pesawat, kondisi bandara dan lainnya.

2.2. Persiapan Data

Peneliti menggunakan bahasa pemrograman Python dengan bantuan beberapa library diantaranya Keras, Pandas, Numpy, dan Matplotlib. Dengan core utama yaitu Numpy sebagai penyesuaian bentuk data yang akan digunakan oleh model, lalu ada Keras sebagai model utama untuk menggunakan metode LSTM.

2.2.1. Preprocessing

Preprocessing diperlukan sebelum melakukan prediksi pada data yang akan digunakan. Dalam penelitian ini terdapat dua tahapan untuk preprocessing data yaitu splitting data dan normalisasi data.

2.2.2. Normalisasi Data

Normalisasi adalah proses memberikan skala nilai atribut dari data sehingga data berada pada rentang tertentu [9]. Dalam penelitian ini, dilakukan normalisasi data dengan cara membagi data dengan nilai data terbesar agar data berada pada interval 0 sampai 1. Langkah ini sangat penting karena dapat meminimalkan error. Tujuan dari normalisasi data adalah menghindari fitur yang memiliki nilai yang lebih besar mendominasi fitur yang memiliki nilai lebih kecil.

2.2.3. Splitting Data

Pada tahap splitting data, data akan dibagi menjadi data training dan testing. Data training sejumlah 156 digunakan untuk pemodelan menggunakan LSTM. Setelah didapatkan model terbaik dari data training, barulah model tersebut diuji pada data testing sejumlah 40 untuk melihat apakah model yang dihasilkan akan memiliki akurasi yang tinggi atau tidak.

2.3. Membuat Model LSTM

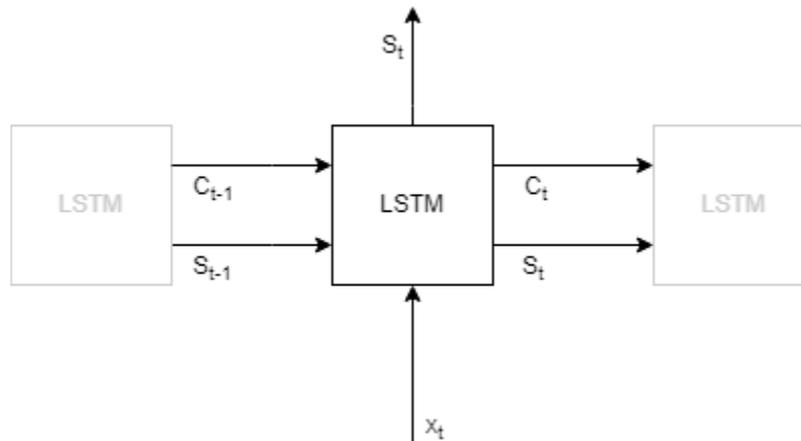
Membuat jaringan saraf tiruan dengan 2 LSTM layer dan 1 Dense Layer, lalu dikompil dengan algoritma optimasi Adam dan loss Mean Square Error. Kemudian ditambahkan dengan callback untuk berhenti sebelum maksimal epoch ketika selama 5 epoch tidak mengurangi val_loss nya maka akan mengambil epoch yang terbaik.

2.3.1. LSTM

LSTM merupakan metode yang dikembangkan dari metode RNN, diciptakan oleh Hochreiter & Schmidhuber (1997). LSTM bekerja seperti otak manusia yang memiliki memori untuk mengingat. Manusia dapat mengingat dan melupakan suatu hal. Nyatanya, manusia lebih banyak melupakan dibandingkan dengan mengingat.

Begitu banyak hal yang dilakukan manusia setiap harinya. Biasanya sesuatu yang diingat manusia adalah sesuatu yang terkenang atau memberikan kesan mendalam pada dirinya. Kurang lebih itulah analogi untuk DL dan alasan mengapa learning ini disebut deep atau mendalam. Dari hal itulah mengapa pada LSTM ada yang disebut dengan forget gate atau gerbang lupa. Dan terdapat pula cell state yang digunakan untuk menyimpan perubahan yang dibutuhkan.

Memori yang dimaksudkan sebenarnya berupa informasi tambahan yang menangani data panjang atau jangka panjang (waktu/urutan), seperti ditunjukkan pada gambar berikut:



Gambar 2.1 Cell LSTM

Modul LSTM ini sama seperti Recurrent Neural Network (RNN). Namun LSTM dapat menangani dependensi jangka panjang (Long-Term) karena setiap memori yang dibuat secara khusus. LSTM memiliki training untuk akomodasi long term memory dan training untuk akomodasi short-term memory. Begitulah mengapa dinamakan long short-term memory.

LSTM dibuat untuk memecahkan masalah pada RNN seperti vanishing gradient dan exploding gradient. Dalam LSTM terdapat hidden layer yang hasilnya dapat dicari dengan rumus berikut ini:

$$\begin{aligned}
 f_t &= \sigma(w_t x_t + u_t h_{t-1} + b_t) \dots \\
 i_t &= \sigma(w_t x_t + u_t h_{t-1} + b_t) \dots \\
 \hat{C}_t &= \tanh(w_t x_t + u_t h_{t-1} + b_t) \dots \quad 3 \\
 C_t &= i_t \hat{C}_t + f_t C_{t-1} \dots \\
 o_t &= \sigma(w_t x_t + u_t h_{t-1} + b_t) \dots \\
 S_t &= o_t \tanh(C_t) \dots \quad 6
 \end{aligned}$$

Langkah-langkah dari model LSTM:

1. Model perlu menentukan apa yang harus dibuang dari cell state (C_t) dengan rumus (1). Input berasal dari h_{t-1} dan x_t .
2. Model menentukan informasi apa yang akan ditambahkan ke dalam cell state dengan rumus (2) dan (3). Input berasal dari h_{t-1} dan x_t ini digunakan untuk menentukan cell state mana yang akan diperbarui dan tanh digunakan
3. Cell state lama (C_{t-1}) dikalikan dengan f_t untuk melupakan hal-hal yang tidak diperlukan lagi dan informasi baru ditambahkan ke memori cell state dengan rumus (4) dan,
4. Model menentukan output (h_t) atau dengan rumus (5) dan (6). Output ini merupakan cell state hasil disaring. Input berasal dari h_{t-1} dan x_t digunakan untuk menentukan nilai gerbang keluaran (o_t) berupa 0 atau 1 sebagai indikasi bagian yang akan menjadi output. Kemudian C_t ditransformasikan oleh fungsi tanh menghasilkan output -1 dan 1.

2.4. Validasi Model

Dalam tahap ini setelah melakukan persiapan data, pembuatan model, lalu melakukan training pada model yang dibuat akan dilakukan validasi model dengan memprediksi data validasi/test sebagai parameter apakah data yang diprediksi sudah akurat atau sekedar mendekati. Digunakan 2 rumus untuk pengecekan model LSTM ini yaitu Mean Square Error (MSE) dan Root Mean Square Error (RMSE).

2.4.1. MSE

MSE atau Mean Square Error adalah rata-rata jumlah kuadrat selisih target dalam kesalahan meramal dan hasil output jaringan (rata-rata error klasifikasi). Semakin kecil nilai MSE dari suatu model yang digunakan untuk klasifikasi maka semakin baik klasifikasi yang dihasilkan [19]. Rumus MSE di hitung sebagai berikut.

$$MSE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (Y_i - \hat{Y}_i)^2$$

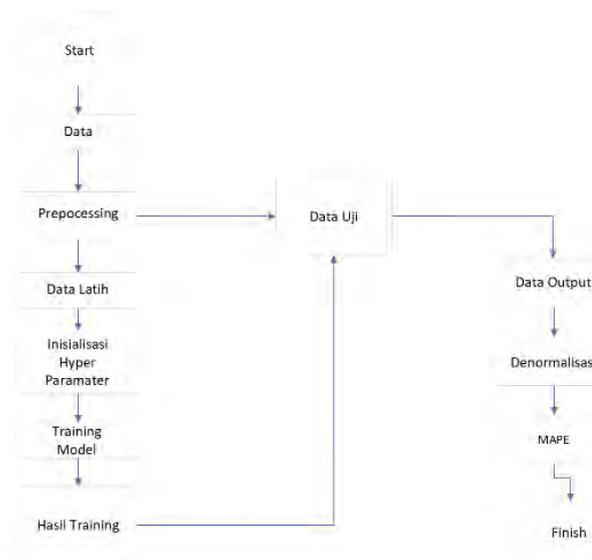
Dimana:

- Y_i : Nilai actual pada periode i
- \hat{Y}_i : Nilai hasil peramalan pada periode i
- n : Jumlah peramalan

2.4.2. RMSE

RSME atau Root Square Mean Error adalah ukuran akurasi dari suatu prediksi atau suatu peramalan. Untuk menghitung seberapa baik sistem dalam meramal jumlah penumpang pesawat terbang maka diperlukan tahapan evaluasi. Pada tahap ini RSME digunakan untuk mengukur tingkat akurasi model yang sudah dilatih. Nilai evaluasi memiliki kriteria RMSE sebagai berikut:

- RMSE < 10% : kemampuan peramalan sangat baik.
- 20% ≤ RMSE < 30% : kemampuan peramalan baik.
- 40% ≤ RMSE < 50% : kemampuan peramalan cukup.
- RMSE ≥ 70% : kemampuan peramalan buruk



Gambar 2.1 Diagram Alur Analisis Model

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini membahas masalah mengenai prediksi jumlah penumpang pesawat terbang di Bandara Utama Indonesia dalam beberapa bulan berikutnya. Secara umum langkah-langkah membangun sistem yang dibuat terdiri dari preprocessing data, inisialisasi Model LSTM, training LSTM, dan melakukan uji terhadap data testing. Pada bab ini, hasil implementasinya akan di jabarkan lebih lanjut. File dataset disimpan dalam format csv dan akan di proses dengan aplikasi Jupyter Notebook dengan bantuan library pandas untuk bahasa pemrograman Python.

3.1. Implementasi Preprocessing Data

Pada tahap awal preprocessing yaitu normalisasi data, dimaksudkan untuk mengubah bentuk data ke dalam angka desimal dengan range interval 0 dan 1. Bertujuan meringankan kinerja model yang dibuat nanti.

Lalu tahap kedua preprocessing yaitu splitting data, dengan data sejumlah 196 penumpang pesawat bandara utama tujuan domestik ini dibagi menjadi dua dengan ratio 4:1 atau 80% data latih dan 20% data uji, yaitu data latih sejumlah 156 digunakan untuk pemodelan menggunakan LSTM sedangkan data uji sejumlah 40 untuk melihat apakah model yang dihasilkan akan memiliki akurasi yang tinggi atau tidak. Untuk masuk ke tahap selanjutnya, menggunakan data latih sebagai uji model yang nantinya model yang terbentuk akan di ujikan pada data uji. Untuk tahap pertama Ini adalah bagian dari tahap pertama.

3.2. Proses Training

Pengujian dilakukan untuk menentukan dari algoritma-algoritma pelatihan tersebut dengan membandingkan tingkat error yang terjadi. Hasil error yang diperoleh dari proses pengujian tersaji pada Tabel 3.1. Penggunaan MSE

(mean square error) hanya untuk stopping criteria dengan menunggu 5 iterasi ketika tidak ada perkembangan. Pada penelitian ini menghasilkan akurasi peramalan yang baik dengan nilai MSE 0.0257 pada val_loss dengan range yang sudah dinormalisasikan 0 sampai 1.

Tabel 3.1 Nilai dari Iterasi Dan Loss

Nomor	Iterasi	Val_Loss
1	1	0.0362
2	5	0.0348
3	9	0.0354
4	13	0.0270
5	17	0.0274
6	19	0.0257

3.3. Rancangan Sistem Prediksi

Sub bab ini membahas tahapan-tahapan penelitian yang dilakukan mulai dari mempersiapkan data, mengimplementasi dan mengevaluasi model serta interpretasi dari hasil penelitian untuk mendapatkan kesimpulan yang baik. Peneliti menggunakan bahasa pemrograman python dengan bantuan beberapa modul diantaranya pytorch, pandas, numpy, dan matplotlib. Adapun tahapan-tahapan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

3.4. Statiska Deskriptif

Pada subbab ini, data observasi yang digunakan adalah data bulanan jumlah penumpang pesawat terbang di bandara utama Indonesia pada tahun 2006 sampai 2022 sebanyak 499.773.849. Dengan menggunakan perhitungan excel, didapat nilai maksimum, minimum, mean, dan sebagainya yang disajikan pada tabel 4.1 serta grafik penumpang pesawat terbang pada gambar 5.1.

Tabel 3.2 Nilai dari Statistika deskriptif

Jumlah	499773849
Maksimum	4368227
Minimum	45576
Mean	2549866.58
Median	2725693.50
Std	872061.61
Varians	760491445469.46

3.5. Hasil Prediksi

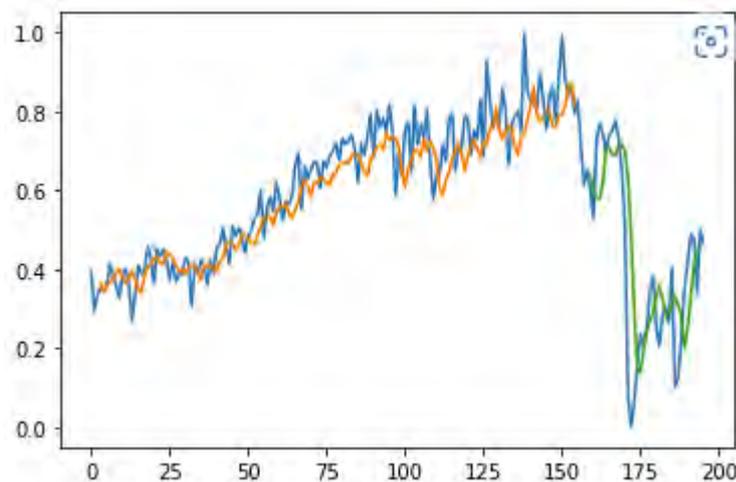
Berikut ini akan ditampilkan gambar hasil prediksi dari proses pelatihan beserta data aktual untuk jumlah penumpang pesawat terbang di bandara utama Indonesia.

Tabel 3.3 Nilai dari Hasil Prediksi dan Data Sebenarnya

No	Hasil Prediksi	Data Sebenarnya
1	2976225.20	2321786
2	2814426.50	3188261
3	2735950.00	3372823
4	2757016.50	3253364
5	2961892.20	3075387
6	3257286.00	3239135
7	3255034.50	3292365
8	3196508.00	3407294
9	3191185.00	3204793
10	3278348.20	2882297
11	3291250.00	2277204
12	3221593.20	411304
13	2947195.20	45576
14	2244226.80	318960
15	1158398.60	733207
16	303893.75	1067818
17	462676.06	948334
18	769292.50	1125898
19	925236.25	1546968
20	1028154.40	1693286
21	1212976.10	1137393
22	1479062.40	934223
23	1499003.60	1276132
24	1272432.00	1360100
25	1105050.80	1178354
26	1200884.90	1792501
27	1267279.90	499211
28	1452043.10	582174
29	1285878.40	1034025
30	1055741.10	1556191
31	734955.94	1853963
32	1110741.20	2160064
33	1518374.90	2123179
34	1882607.40	1513817

35	2099635.20	2201179
36	2043208.50	2061414

Denormalisasi pada tabel ini, dilakukan untuk mengembalikan data hasil normalisasi. Hasil prediksi pada tabel di atas di dapat dari mengkalikan data training maksimum dengan modelnya. Sedangkan data sebenarnya di dapat dari mengkalikan data uji maksimum dengan data dataset uji ternormalkan.



Gambar 3.1 Plot Hasil Prediksi LSTM (Jingga (train) & Hijau (valid)) dan data sebenarnya (Biru)

Berdasarkan Gambar 5.1 di atas, jika dilihat dari plot yang dihasilkan dapat dilihat bahwa nilai prediksi sudah mendekati nilai data sebenarnya. Namun untuk memastikan bahwa model ini sudah bagus atau tidak dapat dipastikan dengan melihat Root Mean Square Error (RMSE). RMSE yang kecil dan kurang dari 10% menandakan bahwa model yang diperoleh sudah bagus.

Kemudian peneliti menghitung nilai RMSE pada data sebenarnya dan hasil prediksi untuk memperoleh kemampuan peramalan yang bagus. Hasil yang di dapat setelah melakukan RMSE adalah 17% dari nilai 0 sampai 1. Hasil tersebut menunjukkan bahwa kemampuan peramalan penumpang pesawat terbang sudah baik.

4. PENUTUP

Dari penelitian ini dapat ditarik kesimpulan bahwa sistem simulasi dan prediksi penumpang Pesawat Terbang di bandara utama Indonesia menggunakan model Long Short Term Memory (LSTM) berhasil di bangun. Sebagai hasil, dengan melakukan percobaan pencarian iterasi sampai dengan 100 iterasi, maka di dapat jumlah MSE terkecil pada iterasi 19 yang hasil val_lossnya sebesar 0.0257 atau 2.57% dimana semakin kecil semakin bagus karena loss atau kerugian yang didapat sangat kecil, dengan kombinasi model menggunakan learning rate 0.01, batch size 1, epoch 100, dan total hidden state 29.345. Kemudian keakuratan dan ketepatan dalam prediksi atau peramalan pada model ini dengan nilai RMSE sebesar 17% yang menunjukkan bahwa kemampuan prediksi atau peramalan penumpang pesawat terbang sudah baik.

Terdapat beberapa hal yang dapat dikembangkan dari penelitian ini untuk penelitian selanjutnya. Saran yang dapat peneliti berikan diantaranya Penggunaan data penumpang pesawat terbang yang memiliki rentang waktu yang lebih kecil seperti data setiap minggu dan data harian, mengingat bahwa fluktuasi penumpang pesawat terbang sangat dinamis. menambahkan beberapa data dan variabel yang mungkin saja mempengaruhi jumlah penumpang pesawat terbang, untuk mendapatkan arsitektur model yang lebih baik gunakan lebih banyak variasi pada neuron tersembunyi, lapisan tersembunyi, fungsi aktivasi, algoritma pelatihan, dan parameter-parameter pelatihan yang akan digunakan.

DAFTAR PUSTAKA

[1] “ an 1D CNN Dalam Prediksi Harga Saham ”

[2] Y “ ”

2020.

[3] Y C “Peramalan Jumlah Penumpang Kereta Api Dengan Jaringan Saraf ”

3 – 9, 2011.

[4] “ q ” Y , 2008.

[5] Y “ ” 7 2018.

[6] A. Sadli, T. Jst, M. “ ”

vol. 7, no. 1, pp. 89–97, 2018.

[7] z “ x

Filter REDIKSI KUNJUNGAN WISATAWAN DENGAN RECURRENT NEURAL NETWORK EXTENDED

” X 7–18, 2017.

[8] C C C Y “

q ” –9, 2014.

[9] “ si temporal untuk kemunculan titik panas di provinsi riau menggunakan elman recurrent neural

” 6

[10] Z Z z X “ -valued Muti-threshold

” 3-107, 2008.

[11] P. S. “ O V O (HMM ” 3 –41,

2016.

[12] “ z ” 3 C C

2015 - Conf. Track Proc., pp. 1–15, 2015.

[13] C “ ”

Inf. 2019, p. A-33-A-38, 2019.

[14] “O C - ”

J. Nas. Teknol. dan Sist. Inf., vol. 3, no. 3, pp. 370–380, 2018.

[15] “C ” –9, 2004.

[16] Z “ ”

103–116, 2015.

[17] “ ”

Semin. Nas. Inform., vol. 1, no. semnasIF, pp. 25–31, 2009.

[18] C “ ”

Gra ” 8 6

[19] “ V

Penjualan PT. Satria Mandiri Citra ” C 636–645, 2011.

[20] V “ V

O “ O V ” 6 8 – 289,

2017.

O C ” *Faktor Exacta*, vol. 8, no. 3, pp. 231–241, 2015.

KERTAS KERJA

Ringkasan

Pada zaman sekarang ini, transportasi berfungsi sebagai sarana bagi manusia atau barang untuk dapat berpindah dari suatu tempat ke tempat lain secara efisien setiap waktu untuk mendukung aktivitas manusia dan telah menjadi kebutuhan dasar masyarakat. Apalagi saat ini aktivitas penggunaan pesawat naik turun melihat kondisi pandemik yang reda lalu muncul varian-varian lainnya berulang kali. Masalah yang dihadapi yaitu meledaknya jumlah penumpang yang dampak ke ketersediaan tiket dan pelayanan.

Penelitian terkait peramalan penumpang pesawat dengan metode *neural network* telah sering dilakukan sebelumnya. Peramalan dilakukan untuk semua Jenis pesawat di Bandara Udara Utama untuk Penerbangan Domestik yang ada di web bps.go.id, data yang diambil dari Januari 2006 sampai Mei 2022 untuk digunakan sebagai data testing untuk menguji performa dari hasil peramalan. Dengan menggunakan arsitektur *Long Short Term Memory* hasil tahap pembentukan model, dilakukan peramalan untuk beberapa bulan ke depan dari periode terakhir data *training*. Performa model *neural network* dengan *Long Short Term Memory* (LSTM) yang dibentuk dari data *training* dan divalidasi dengan data *testing* memberikan tingkat akurasi prediksi serta tingkat akurasi peramalan yang sangat baik.

Penulis bermaksud melakukan penelitian model prediksi untuk data jumlah penumpang pesawat di bandara utama yaitu bandara Polonia, Soekarno Hatta, Juanda, Ngurah Rai dan Hasanudin dengan menggunakan model *Long Short Term Memory*. Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui bagaimana proses kerja dari algoritma dan implementasi *Long Short Term Memory* untuk peramalan jumlah penumpang pesawat.