



e - ISSN :
p - ISSN :

Journal of Software Engineering And Technology



accreditedGrade by Kemenristekdikti, Decree No: XX/E/KPT/XXXX
DOI: XX.XXXXX/SEAT.vxix.xxxx

PERBANDINGAN METODE DEEP LEARNING RECURRENT NEURAL NETWORKS, ARIMA DAN HOLT-WINTERS EXPONENTIAL SMOOTHING DALAM PREDIKSI POLA TRANSAKSI PELANGGAN

Muhamad Brilliant¹, Iis Arisk Nurhasanah², Herlini Oktaria³

¹²³Institut Teknologi dan Bisnis Diniyyah Lampung

Article History:

Received: Oct 7th, 2020

Revised: Nov 18th, 2020

Accepted: Jan 19th, 2021

Published: Jan 31st, 2021

Keywords:

Prediksi, Deep learning, RNN Lstm, Arima

*Corresponding author:

muhamadbrilliant93@gmail.com

Abstract: PT Andesit Lumbang Sejahtera yang bergerak di bidang pertambangan dan pengolahan batu andesit, berkomitmen untuk menyokong baik perusahaan milik Negara maupun swasta, dengan menyediakan material berkualitas dan siap pakai bagi kebutuhan pembangunan di Sumatera bagian Selatan, khususnya Lampung. Sebagai perusahaan penghasil batu andesit yang sudah dikenal dan memiliki banyak pelanggan, PT Andesit Lumbang Sejahtera harus selalu berupaya melakukan yang terbaik agar posisinya dapat eksis dalam rangka membantu pembangunan infrastruktur di Lampung. Perusahaan harus melakukan perencanaan di segala bidang, salah satunya adalah bidang penjualan dengan menyusun rencana penjualan. Peramalan penjualan bertujuan untuk memperkirakan penjualan di masa yang akan datang pada periode tertentu. Dalam rangka meramalkan jumlah pelanggan akan pada PT.Andesit Lumbang Sejahtera, akan dibandingkan dua metode peramalan, yaitu Recurrent Neural Networks, Autoregressive Integrated Moving Average (ARIMA) dan Holt-Winters Exponential Smoothing . Metode Winter's Exponential Smoothing digunakan ketika data menunjukkan pola trend dan musiman. Dari tiga metode yang diuji berdasarkan nilai kesalahan terkecil MSE, metode Recurrent Neural Network merupakan metode peramalan terbaik karena metode tersebut menghasilkan nilai MSE terkecil dibandingkan dengan metode lainnya, yaitu sebesar 114. Nilai MSE dipilih nilai terkecil dikarenakan semakin kecil nilai MSE nilai ramalan (prediksi) semakin mendekati nilai aktualnya. Jika dilihat dari nilai MAPE metode peramalan Recurrent Neural Network memiliki nilai MAPE 0,289 yang berarti memiliki nilai bias sangat kecil.

1. Pendahuluan

PT Andesit Lumbang Sejahtera yang bergerak di bidang pertambangan dan pengolahan batu andesit, berkomitmen untuk menyokong baik perusahaan milik Negara maupun swasta, dengan menyediakan material berkualitas dan siap pakai bagi kebutuhan pembangunan di Sumatera bagian Selatan, khususnya Lampung. Sebagai perusahaan penghasil batu andesit yang sudah dikenal dan memiliki banyak pelanggan, PT Andesit Lumbang Sejahtera harus selalu berupaya

melakukan yang terbaik agar posisinya dapat eksis dalam rangka membantu pembangunan infrastruktur di Lampung dengan selalu meningkatkan penjualan produknya seiring dengan persaingan bisnis yang sangat ketat. Perusahaan harus melakukan perencanaan di segala bidang, salah satunya adalah bidang penjualan dengan menyusun rencana penjualan. Peramalan penjualan bertujuan untuk memperkirakan penjualan di masa yang akan datang pada periode tertentu.

Dalam rangka meramalkan jumlah pelanggan akan pada PT. Andesit Lumbung Sejahtera, akan dibandingkan dua metode peramalan, yaitu Recurrent Neural Networks, Autoregressive Integrated Moving Average (ARIMA) dan Holt-Winters Exponential Smoothing. Metode Winter's Exponential Smoothing digunakan ketika data menunjukkan pola trend dan musiman. Metode ini serupa dengan metode Holt's Exponential Smoothing dengan satu persamaan tambahan untuk mengatasi pola musiman [1], dalam penelitiannya meramalkan jumlah kedatangan wisatawan dari berbagai Negara ke Hong Kong dengan menggunakan 3 metode, yaitu exponential smoothing, ARIMA, dan ANN. Hasil analisisnya menunjukkan bahwa ANN memberikan hasil terbaik dalam meramalkan jumlah kedatangan wisatawan. Burger dkk. juga melakukan peramalan terhadap kedatangan wisatawan di Durban, Afrika Selatan dengan beberapa metode, yaitu naïve forecasting, single exponential smoothing, moving average, decomposition, ARIMA, regresi ganda, serta ANN. Hasil penelitiannya menunjukkan bahwa metode ANN memberikan hasil yang terbaik. Pada pemodelan

ANN yang melibatkan komponen MA/error adalah jaringan Elman Recurrent Neural Network Oleh karena itu, jaringan yang dipilih untuk peramalan adalah jaringan RNN.

RNN menggunakan output jaringan sebagai input untuk mendapatkan output berikutnya, sehingga RNN dapat menjelaskan efek dari order AR dan MA secara bersamaan.

2. Tinjauan pustaka dan pengembangan hipotesis

2.1 Pengertian *Forecasting*

Forecasting adalah peramalan (perkiraan) mengenai sesuatu yang terjadi. Aspek-aspek yang menggunakan peramalan baik secara waktu, faktor-faktor penentu kejadian sebenarnya, jenis-jenis pola data dan beberapa hal-hal lain. Dalam hal peramalan ini beberapa teknik telah

dikembangkan dan dapat dikelompokkan dalam dua kategori yaitu metode kuantitatif dan kualitatif [2].

Dalam peramalan dikenal istilah prakiraan dan prediksi. Prakiraan didefinisikan sebagai proses peramalan suatu kejadian dimasa datang dengan berdasar pada data kejadian itu dimasa sebelumnya. Data masa lampau tersebut secara sistematis diolah bersama dengan suatu metode tertentu untuk memperoleh prakiraan kejadian yang akan datang. Sementara prediksi adalah proses peramalan suatu variabel pada masa yang akan datang berdasarkan pada pertimbangan intuisi daripada data-data sebelumnya, meskipun lebih berdasarkan pada pertimbangan intuisi, namun prediksi juga sering digunakan data kuantitatif sebagai pelengkap informasi dalam melakukan peramalan.

2.2 ARIMA (Autoregressive Integrated Moving average)

Metode ARIMA adalah metode peramalan yang tidak menggunakan teori atau pengaruh antar variabel seperti pada model regresi; dengan demikian metode ARIMA tidak memerlukan penjelasan mana variabel dependen dan inde[penden. Metode ini tidak memerlukan pemecahan pola menjadi komponen trend, seasonal, siklis atau irregular seperti pada data time series pada umumnya. Metode ini secara murni melakukan prediksi hanya berdasarkan data-data historis yang ada. Hampir mustahil menerapkan ARIMA secara manual. Selain dikenal dengan nama ARIMA, metode ini populer dengan sebutan metode Box-Jenkins, karena dikembangkan oleh dua statistikawan Amerika Serikat, yakni G.E.P Box dan G.M Jenkins pada tahun 1970 [3].

2.3. Holt Winter's Exponential Smoothing

Metode Holt Winter's merupakan metode yang dapat menangani faktor musiman dan unsur kecenderungan yang muncul secara sekaligus pada sebuah data deret waktu [4]. Metode ini didasarkan atas tiga unsur yaitu unsur stasioner, unsur kecenderungan dan musiman untuk setiap

periode dan memberikan tiga pembobotan dalam prediksinya, yaitu α , β , dan γ . Menurut (Mulyana, 2015) α , β , dan γ tersebut adalah Alpha (α) merupakan parameter yang mengontrol penghalusan relatif pada pengamatan yang baru dilakukan, Beta (β) merupakan parameter yang mengontrol penghalusan relatif pada pengamatan yang baru dilakukan untuk mengestimasi kemunculan unsur kecenderungan atau tren, dan Gamma (γ) merupakan parameter yang mengontrol penghalusan relatif pada pengamatan yang baru dilakukan untuk mengestimasi kemunculan unsur musiman. Besarnya koefisien α , β , γ , memiliki jarak diantara 0 dan 1 yang ditentukan secara subjektif atau dengan meminimalkan nilai kesalahan dari estimasi tersebut [2].

2.4 Recurrent Neural Network (RNN)

Recurrent Neural Network (RNN) merupakan salah satu kelas dari deep neural network yang diawasi. Pelatihan RNN dalam tingkat yang diawasi membutuhkan dataset pelatihan dari pasangan input-target dengan tujuan meminimalkan perbedaan nilai loss pasangan itu dengan mengoptimalkan bobot jaringan[5]. RNN dibentuk dari neuron buatan dengan satu atau lebih umpan balik yang berulang. Pada setiap langkah waktu, neuron akan menerima data, melakukan komputasi, dan menghasilkan keluaran. RNN menangkap dinamika yang kaya dari keadaan tersembunyi untuk konteks jangka panjang, sehingga membentuk model yang ekspresif dan sangat kuat untuk tugas-tugas yang sekuens, seperti pengenalan suara, sintesis ucapan, visi mesin, generasi deskripsi video, dan rangkaian teks.

RNN memiliki tiga lapisan yaitu layer input, layer tersembunyi yang berulang, dan layer output[5]. Layer input memiliki unit input, terkoneksi penuh ke unit tersembunyi yang ada di layer tersembunyi. Unit tersembunyi itu terhubung satu sama lain secara berulang. Layer tersembunyi bisa didefinisikan sebagai “memori” atau ruang keadaan yang berdimensi tinggi dengan dinamika non-linier untuk mengingat dan memproses informasi masa lalu. Keadaan tersembunyi

akan merangkum semua informasi unik yang diperlukan sebagai keadaan terakhir dari jaringan, melalui serangkaian langkah waktu. Informasi itu lalu terintegrasi, sehingga mampu menentukan perilaku jaringan di masa depan dan melakukan prediksi yang akurat di layer output

3. Metode penelitian

3.1 Metode Pengumpulan Data

Pada penelitian ini menggunakan metode penelitian kualitatif. Tujuan dari penggunaan metode kualitatif ialah untuk dapat lebih memahami dan Melakukan studi kepustakaan dengan cara mengumpulkan sumber-sumber yang berupa internet dan sumber informasi lainnya sebagai landasan dalam penyusunan jurnal ini.

3.2 Metode Pengembangan Sistem

Pada tahapan ini terdapat langkah-langkah sebagai berikut:

1. Pengumpulan Data

Data yang digunakan pada penelitian ini adalah data penjualan pada PT. Andesit Lumbung Sejahtera dari tahun 2016 sampai dengan tahun 2019 dan data testing tahun 2020-2021 terdapat banyak data penjualan yang akan digunakan sebagai data training untuk melakukan peramalan perkiraan jumlah penjualan pada PT. Andesit Lumbung Sejahtera. data yang telah dikumpulkan akan selanjutnya di hitung dan dikumpulkan berdasarkan bulan dan tahun pada setiap tahunnya. Data yang dikumpulkan merupakan data penjualan yang telah disetujui oleh pihak perusahaan untuk dianalisis kemungkinan penjualan kedepannya sehingga perusahaan dapat mengantisipasi kemungkinan-kemungkinan yang terjadi demi kemajuan perusahaan

2. Pengolahan data Training

Data yang telah didapat kemudian dilakukan standarisasi untuk dijadikan data training

3. Peraamalan

Dalam penelitian ini menggunakan metode peramalan yaitu metode Recurrent Neural Network dan Seasonal Arima serta Holt-Winters Exponential Smoothing. Berikut adalah langkah-langkah dalam penelitian ini. Pertama Data akan dianalisis apakah data membentuk trend musiman dipengaruhi pola trend sekaligus pola musiman yang diketahui dari time series plot menunjukkan fluktuasi meningkat atau menurun.

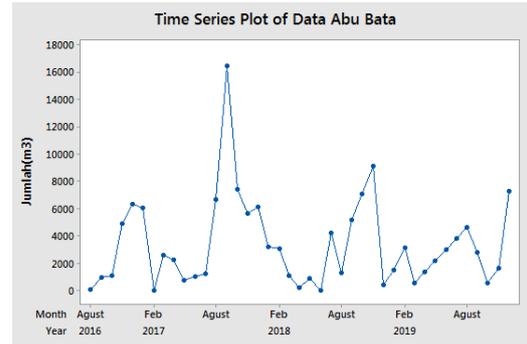
4. Hasil dan pembahasan

1. Data

Data yang digunakan pada penelitian ini adalah data penjualan pada PT. Andesit Lumbung Sejahtera dari tahun 2016 sampai dengan tahun 2021 terdapat banyak data penjualan yang akan digunakan sebagai data training untuk melakukan peramalan perkiraan jumlah penjualan pada PT. Andesit Lumbung Sejahtera. data yang telah dikumpulkan akan selanjutnya di hitung dan dikumpulkan berdasarkan bulan dan tahun pada setiap tahunnya. Data yang dikumpulkan merupakan data penjualan yang telah disetujui oleh pihak perusahaan untuk dianalisis kemungkinan penjualan kedepannya sehingga perusahaan dapat mengantisipasi kemungkinan-kemungkinan yang terjadi demi kemajuan perusahaan

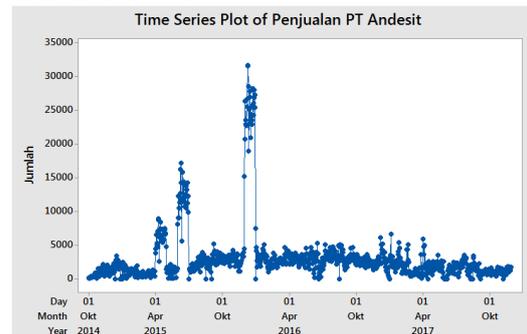
2. Peramalan ARIMA

Langkah pertama yang dilakukan adalah pemeriksaan kestasioneran dalam varians dan *mean* menggunakan data penjualan yang telah di setujui pada PT. Andesit Lumbung Sejahtera periode Januari 2016- desember 2019. Untuk melihat kestasioneran data dalam varians menggunakan *Box-Cox* berikut ini

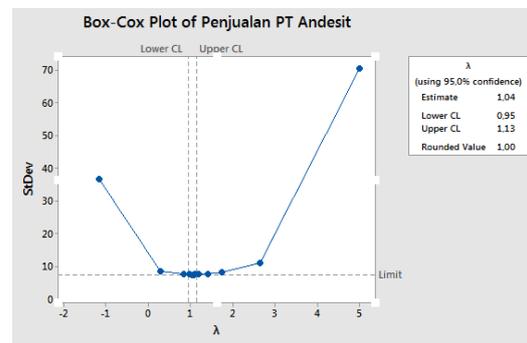


Gambar 1 plot time series jenis batu abu

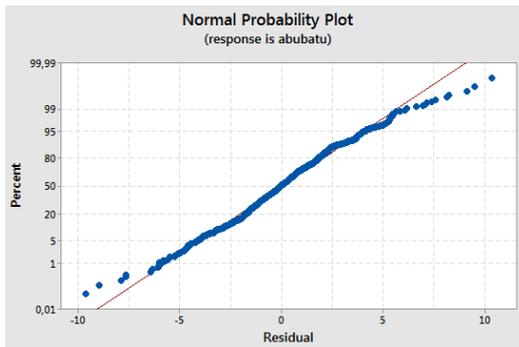
Berdasarkan gambar 5 dapat kita lihat bahwa cenderung jumlah penjualan dari tahun ketahun memiliki pergerakan dari bulan januari dan cenderung konsisten di bulan-bulan berikutnya. Setelah melihat semua plot dari data bulanan pada data penjualan PT. Andesit Lumbung Sejahtera dapat dilihat data dalam bentuk bulanan masih sedikit untuk itu penulis akan melakukan peramalan dengan data harian pada contoh penjualan abu batu berikut ini adalah plot penjualan harian abu batu



Gambar 2 Plot Timeseries



Gambar 3 Box Cox



Gambar 4 Dugaan Menggunakan ARIMA

Pada gambar 4 dapat dilihat bahwa data terletak di sekitar garis lurus meskipun beberapa titik menyimpang cukup jauh dari garis lurus. Dengan demikian dapat diartikan bahwa residual sudah identik dan berdistribusi normal. Dibawah ini adalah hasil peramalan penjualan pada PT.Andesit Lumbung Sejahtera pada 12 bulan ke depan

no	Aktual	Peramalan	error absolute	rata-rata error absolute
1	1265,60	1812,06	546,46	0,43
2	772,20	1407,34	635,14	0,82
3	1262,90	1539,92	277,02	0,22
4	1091,70	1430,27	338,57	0,31
5	1445,10	1359,66	85,44	0,06
6	1561,70	1522,32	39,38	0,03
7	1156,70	1244,70	88,00	0,08
8	1419,40	1377,54	41,86	0,03
9	1323,80	1750,68	426,88	0,32
10	1174,80	1573,25	398,45	0,34
11	1458,70	1626,03	167,33	0,11
12	1441,80	1398,21	43,59	0,03
13	1685,30	1310,71	374,59	0,22
14	1355,50	1685,92	330,42	0,24
15	841,90	1391,91	550,01	0,65
16	1350,80	1536,06	185,26	0,14
17	1588,30	1528,50	59,80	0,04
18	1444,90	1386,98	57,92	0,04
19	1148,00	1179,25	31,25	0,03
20	1487,60	1358,79	128,81	0,09
21	1575,60	1172,78	402,82	0,26
22	1263,40	1259,67	3,73	0,00
23	1576,00	1581,29	5,29	0,00
24	997,00	1393,55	396,55	0,40
25	1263,40	1349,81	86,41	0,07
26	874,00	1391,67	517,67	0,59
27	1567,50	1387,32	180,18	0,11
28	1181,50	1358,99	177,49	0,15
29	895,90	1372,37	476,47	0,53
30	1111,80	1463,69	351,89	0,32
		MSE	MAPE	
		246,82	0,22	

Gambar 5 Hasil Peramalan dengan ARIMA

3. Peramalan dengan Holt Winters

Algoritma peramalan menggunakan metode Holt-Winter's Exponential Smoothing adalah menganalisis data, apakah mengandung unsur trend dan

musiman dengan melihat pola yang terbentuk, lalu data diramalkan dengan Pemulusan Eksponensial Holt-Winters dengan Metode Perkalian Musiman dan Penambahan Musiman, setelah itu akan dilakukan perbandingan manakah nilai error terkecil diantara metode-metode yang digunakan

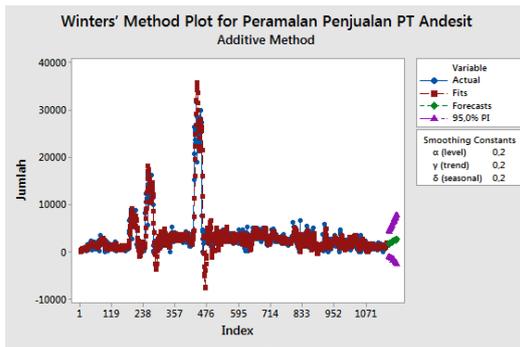
Bobot	MAD	MAPE
0,1	21,466	81,967
0,2	25,222	88,975
0,3	28,57	96,88
0,4	28,58	102,75
0,5	29,05	110,44
0,6	37,50	131,94

Perbandingan Bobot Multiplicative

Menunjukkan perbandingan hasil peramalan Metode Holt-Winter's Exponential Smoothing dengan model perkalian musiman. Tampak pada tabel 4.2 bahwa nilai MAD dan MAPE terkecil pada model penjumlahan musiman adalah hasil peramalan dengan bobot *smoothing weight* 0,1 dengan MAD 21,466 dan MAPE 81,967 Maka bobot yang akan digunakan pada peramalan menggunakan metode Holt-Winter's Exponential Smoothing dengan model perkalian musiman adalah 0,1

no	Aktual	Peramalan	error absolute	rata-rata error absolute
1	1265,60	1481,37	215,77	0,17
2	772,20	1510,04	737,84	0,96
3	1262,90	1408,92	146,02	0,12
4	1091,70	1669,46	577,76	0,53
5	1445,10	1710,8	265,70	0,18
6	1561,70	1580,1	18,40	0,01
7	1156,70	1491,57	334,87	0,29
8	1419,40	1625,4	206,00	0,15
9	1323,80	1619,9	296,10	0,22
10	1174,80	1766,17	591,37	0,50
11	1458,70	1735,07	276,37	0,19
12	1441,80	1661,86	220,06	0,15
13	1685,30	1771,99	86,69	0,05
14	1355,50	1800,66	445,16	0,33
15	841,90	1699,54	857,64	1,02
16	1350,80	1960,08	609,28	0,45
17	1588,30	2001,42	413,12	0,26
18	1444,90	1870,72	425,82	0,29
19	1148,00	1782,2	634,20	0,55
20	1487,60	1916,02	428,42	0,29
21	1575,60	1910,52	334,92	0,21
22	1263,40	2056,79	793,39	0,63
23	1576,00	2025,7	449,70	0,29
24	997,00	1952,49	955,49	0,96
25	1263,40	2062,61	799,21	0,63
26	874,00	2091,28	1217,28	1,39
27	1567,50	1990,17	422,67	0,27
28	1181,50	2250,7	1069,20	0,90
29	895,90	2292,04	1396,14	1,56
30	1111,80	2161,34	1049,54	0,94
		MSE	MAPE	
		542,47	0,48	

Gambar 6 Hasil Permalan Holt Winters



Gambar 7 Plot Peramalan Holt Winters

4. Peramalan dengan RNN

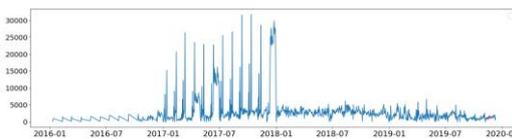
Peramalan penjualan menggunakan metode recurrent neural network pada PT.Andesit Lumbung Sejahtera dengan bantuan tools anaconda. Anaconda adalah tools paket distribusi python yang dapat digunakan untuk peramalan deep learning karena terdapat package seperti tensorflow, keras yang digunakan untuk bantuan deep learning. Maka langkah-langkah dalam proses peramalan menggunakan metode recurrent neural network adalah sebagai berikut: Langkah pertama kita melakukan import terhadap paket-paket yang diperlukan seperti keras, tensorflow, numpy, pandas, matplotlib.

```
import numpy as np
import pandas as pd
import matplotlib.pyplot as plt
%matplotlib inline
from statsmodels.tools.eval_measures import rmse
from sklearn.preprocessing import MinMaxScaler
from keras.preprocessing.sequence import TimeseriesGenerator
from keras.models import Sequential
from keras.layers import Dense
from keras.layers import LSTM
from keras.layers import Dropout
import warnings
warnings.filterwarnings("ignore")
df = pd.read_csv('dataandesit.csv')
```

Gambar 8 Import Library

```
model = Sequential()
model.add(LSTM(200, activation='relu', input_shape=(n_input, n_features)))
model.add(Dropout(0.15))
model.add(Dense(1))
model.compile(optimizer='adam', loss='mse')
```

Gambar 9 LSTM RNN



Gambar 10 Plot Timeseries

no	Aktual	Peramalan	error absolute	rata-rata error absolute
1	1265,60	1211,7	53,87	0,04
2	772,20	1214,5	442,30	0,57
3	1262,90	1216,5	46,44	0,04
4	1091,70	1217,7	125,98	0,12
5	1445,10	1218,5	226,64	0,16
6	1561,70	1218,8	342,89	0,22
7	1156,70	1219,1	62,42	0,05
8	1419,40	1219,1	200,33	0,14
9	1323,80	1218,9	104,85	0,08
10	1174,80	1218,8	43,96	0,04
11	1458,70	1218,4	240,26	0,16
12	1441,80	1218,2	223,65	0,16
13	1685,30	1217,8	467,51	0,28
14	1355,50	1217,4	138,06	0,10
15	841,90	1217,1	375,23	0,45
16	1350,80	1216,9	133,95	0,10
17	1588,30	1216,5	371,78	0,23
18	1444,90	1216,2	228,68	0,16
19	1148,00	1216,0	67,97	0,06
20	1487,60	1215,7	271,93	0,18
21	1575,60	1215,4	360,16	0,23
22	1263,40	1215,2	48,20	0,04
23	1576,00	1215,1	360,87	0,23
24	997,00	1215,1	218,13	0,22
25	1263,40	1215,0	48,43	0,04
26	874,00	1214,8	340,82	0,39
27	1567,50	1214,7	352,76	0,23
28	1181,50	1214,7	33,18	0,03
29	895,90	1214,6	318,68	0,36
30	1111,80	1214,6	102,81	0,09
			MSE	MAPE
			211,76	0,17

Gambar 11 Hasil Peramalan dengan LSTM RNN

4. Metode Terbaik

Berdasarkan identifikasi pola data penjualan PT. Andesit Lumbung Sejahtera maka metode peramalan time series yang sesuai adalah Metode dengan Nilai kesalahan (error) terkecil digunakan sebagai kriteria untuk membandingkan keakuratan hasil peramalan. Metode kesalahan (error) terkecil yang digunakan adalah MSE (Mean Squared Error), MAPE (Mean Absolute Percentage Error) dan MAD (Mean Absolute Deviation).

METODE	MSE	MAPE
ARIMA	265,09	0,23
HOLT-WINTER	542,47	0,48
RNN	211,76	0,17

Gambar 12 MAD MSE Masing-masing Metodel

Dalam menentukan metode peramalan terbaik, hal yang perlu dipertimbangkan adalah besarnya nilai kesalahan peramalan, yaitu nilai residual atau selisih antara nilai aktual dengan nilai prediksi. Dari pengamatan selisih nilai aktual pengamatan dengan nilai estimasi dari peramalan tersebut diketahui bahwa besarnya residual tidak merata atau terpaut

sangat jauh antara residual satu dengan residual yang lain. Pada situasi seperti itu digunakan MSE sebagai ukuran akurasi untuk menentukan metode peramalan terbaik untuk empat bulan mendatang. Berdasarkan nilai kesalahan terkecil MSE, metode Reccurent Neural Network merupakan metode peramalan terbaik karena metode tersebut menghasilkan nilai MSE terkecil dibandingkan dengan metode lainnya, yaitu sebesar 211,76. Nilai MSE dipilih nilai terkecil dikarenakan semakin kecil nilai MSE nilai ramalan (prediksi) semakin mendekati nilai aktualnya. Jika dilihat dari nilai MAPE metode peramalan Reccurent Neural Network memiliki nilai MAPE 0,17 yang berarti memiliki nilai bias sangat kecil.

5. Kesimpulan

Berdasarkan pembahasan yang telah diuraikan tentang Peramalan Jumlah Penjualan Menggunakan Metode Box-Jenkins (Arima), Holt-Winters Exponential Smoothing Dan Reccurent Neural Network (Study Kasus : PT. Andesit Lumbung Sejahtera) maka dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut:

1. Berdasarkan uji pola data dan uji autokorelasi yang telah dilakukan diperoleh hasil bahwa pola data Penjualan : PT. Andesit Lumbung Sejahtera memiliki pola data musiman dan tren. Karena besarnya residual tidak merata atau terpaut sangat jauh antara residual satu dengan residual yang lain, pemilihan metode peramalan terbaik menggunakan nilai MSE yang terkecil. Dari tiga metode yang diuji berdasarkan nilai kesalahan terkecil MSE, metode Reccurent Neural Network merupakan metode peramalan terbaik karena metode tersebut menghasilkan nilai MSE terkecil dibandingkan dengan metode lainnya, yaitu sebesar 114. Nilai MSE dipilih nilai terkecil dikarenakan semakin kecil nilai MSE nilai ramalan (prediksi) semakin mendekati nilai aktualnya. Jika dilihat dari nilai MAPE metode peramalan Reccurent Neural Network memiliki nilai MAPE 0,289 yang berarti memiliki nilai bias sangat kecil

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Time Series Untuk Prediksi Harga Emas. Program Studi Teknik Informatika. Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau.
- [2] Astuti, Dwi Puji. "Volume Penjualan pada PT. Industri Sandang Nusantara Analisis Runtun Waktu". *Tugas Akhir Mahasiswa UNNES* 2016.
- [3] Astuti, Yan. "Peramalan (*Forecasting*) Volume Penjualan Teh Hitam dengan Metode *Exponential Smoothing* pada PT. Perkebunan Tambi Wonosobo". *Tugas Akhir Mahasiswa UNNES*. Semarang. 2015.
- [5] Arom, Dahlia. "Peramalan Komposisi Penduduk Kota Semarang menurut Jenis Kelamin Pemulusan Eksponential Gandadari Hold". *Tugas Akhir Mahasiswa UNNES*. 2015.
- [6] Arsyad, Lincolin. 1995. *Peramalan Bisnis*. Jakarta: Graha Indonesia.
- [7] Claveria, O., Datzira, J. (2010). Q Emerald GrForecasting tourism demand using consumer expectations. *Tourism Review*.
- [8] Djojosoedarso, Seisno. *Prinsip-Prinsip Manajemen Risiko dan Asuransi*. Salemba Empat. Jakarta. 2015.
- [9] Efendi, Riswan. *Analisa Runtun Waktu*. Matematika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau. 2015.
- [10] Ginting, R. 2007. *Sistem Produksi*. Graha Ilmu. Yogyakarta.
- [11] Hanke, John E, dan Dean W. Wichern. *Business Forecasting*. Pearson Education International, USA. 2009.
- [12] Handayani, L dan Darmi Anggriani. 2015. Perbandingan Model Chen dan Lee Pada Metode Fuzzy Time Series Untuk Prediksi Harga Emas. *Jurnal Mahasiswa Informatika Pseucode* Vol. 2, No. 1, ISSN : 2355 - 5920. Universitas Islam Sultan Syarif Riau.

- [13] Kalekar, Prajakta S. (2004). Peramalan Deret Waktu Menggunakan Metode Dekomposisi *Holt Winter Exponential Smoothing*.
- [14] Kurniartha, Alvernia. “Keputusan Seseorang dalam Berasuransi dan Peluangnya untuk Memilih Asuransi Syariah Perbandingan Kedua Metode Time Series dan ARIMA”. *Tugas Akhir Mahasiswa UNNES*.2017.
- [15] Kazmier,Leonard . 2005. *Statistik Untuk Bisnis*. Jakarta:Erlangga
- [16] Manullang, M. 2008. *Pengantar Bisnis*. Yogyakarta: Gadjah Mada U
- [17] Mulyono, Sri. “Hubungan Antara Komitmen Organisasi dan Komunikasi Interpersonal dengan Produktifitas Agen Asuransi Bumiputera 1912”. *Pascasarjana UNRI*. 2015.