

Comparison of Extreme Learning Machine and Holt Winter's Exponential Smoothing Methods in Railway Passengers Forecasting

Meil Sri Dian Azma, Dony Permana*, Fadhilah Fitri, Atus Amadi Putra

Departemen Statistika, Universitas Negeri Padang, Padang, Indonesia

*Corresponding author: donypermana@fmipa.ac.id

Submitted : 01 Agustus 2024

Revised : 12 Agustus 2024

Accepted : 13 Agustus 2024

ABSTRACT

Forecasting the number of passengers on the Pariaman Express train is an activity that is considered to have the potential to help PT KAI in maximizing passenger service facilities and comfort. It is estimated that the number of train passengers in Indonesia will always increase along with the increasing population of Indonesia. The high interest of users of this mode of transportation can be seen from historical data that continues to increase every year. PT KAI (Persero) as a single train transportation provider company needs to have several strategies in providing and meeting passenger needs every day. In the study of forecasting the number of passengers on the Pariaman Express train using the Holt Winters exponential smoothing method and one of the artificial neural network methods, namely the extreme learning machine. The purpose of this study was to determine the comparison of the accuracy values of the forecast results produced by the two methods, and to find out which method is good to use in this forecast. This research is applied research. The data used is data on the number of Pariaman Express train passengers from 2021-2023. The data is then divided into two parts, namely training data and testing data. The results of the study show that the comparison of the accuracy values of the forecasting of the number of train passengers shows that the Holt Winter's and ELM methods have error values above 10%, meaning that the Holt Winter's and ELM methods are good at forecasting for 4 periods. Holt Winter's has a MAPE value of 17.10% and ELM has a MAPE value of 20%. Based on the MAPE value, we can see that Holt Winters is a good method to use in this forecast because its MAPE value is smaller. The results of the train passenger forecast for the September 2023 period are 140,234 passengers. While for the October, November, and December periods, they are 135,308, 132,910, and 171,806 passengers.

Keywords: *Extreme Learning Machine, Forecasting, Holt Wintestr Exponential Smoothing, Train*



This is an open access article under the Creative Commons 4.0 Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited. ©2022 by author and Universitas Negeri Padang.

I. PENDAHULUAN

Transportasi adalah perpindahan orang atau barang dari suatu tempat ke tempat lain dengan menggunakan peralatan atau kendaraan. Transportasi juga menunjang kehidupan ekonomi, pertahanan, keamanan, politik dan budaya. Sarana transportasi merupakan hal yang sangat penting di negara-negara maju. Pasalnya, perekonomian negara ditopang oleh sarana transportasi yang memadai. Alat transportasi yang sering dipilih masyarakat untuk bepergian adalah kereta api. Pasalnya, dibandingkan moda transportasi lain, kereta api lebih cepat dan murah. Apalagi keamanan perjalanannya lebih baik dibandingkan jenis transportasi lainnya. Sebab, kereta api mempunyai jalurnya masing-masing, yaitu kereta api. Menurut UU Perkeretaapian Nomor 23 Tahun 2007, kereta api sebagai alat transportasi mempunyai keistimewaan; Lebih efisien dibandingkan angkutan jalan raya, terutama untuk angkutan orang dan barang, hemat energi, hemat ruang, keamanan rendah, tingkat polusi rendah, dan lalu lintas daerah tinggi seperti angkutan jarak jauh dan angkutan perkotaan. Karena kelebihanannya, banyak orang yang menggunakan kereta api sebagai alat transportasi.

Diperkirakan jumlah penumpang kereta api di Indonesia akan selalu bertambah seiring dengan meningkatnya jumlah penduduk Indonesia. Tingginya minat pengguna moda transportasi ini dapat dilihat dari data historis yang terus mengalami kenaikan setiap tahunnya. PT KAI (Persero) selaku perusahaan penyedia transportasi kereta api tunggal perlu memiliki beberapa strategi dalam penyediaan serta pemenuhan kebutuhan penumpang setiap harinya. Oleh karena itu, perlu adanya perkiraan atau prakiraan yang dapat membantu dalam mengambil keputusan,

mengetahui representasi banyak penumpang kereta api, meningkatkan pencapaian saat ini serta mengatasi inefisiensi yang dapat menurunkan banyak penumpang. PT KAI (Persero) sebagai proyek dari *treinmoshi* Peramalan merupakan model analisis yang bertujuan untuk memperkirakan, menghitung atau memperkirakan masa depan sebagai alat praktis dalam pengambilan keputusan dan.

Dalam penelitian ini menggunakan parameter statistik menggunakan Metode Pemulusan Eksponensial Holt Winter, salah satu metode pemulusan eksponensial paling canggih. Keuntungan metode ini adalah menganalisis tiga aspek struktur data; yaitu memberi bobot lebih pada data terkini, membandingkan tren atau tren data, dan membandingkan jangka waktu dari data untuk menghasilkan hasil dengan error yang rendah. Dalam penelitian ini menggunakan Exponential Smoothing Holt Winters sesuai dengan teori penelitian awal. Selain metode statistik yang digunakan dalam peramalan, ada juga metode Jaringan Saraf Tiruan, yaitu kepiintaran komputer yang bisa mempelajari pola data dan memprediksi kejadian di masa depan. Salah satu dari metode fungsi otak yang memiliki learning rate rendah, langkah analisis sederhana, dan akurasi yang baik adalah *Extreme Learning Machine* (ELM). ELM adalah jaringan saraf saluran tersembunyi tunggal yang unik atau biasa dikenal dengan jaringan saraf lapisan tersembunyi tunggal (Huang, Qin-Yu, & Chee-Kheong, 2006).

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui perbandingan nilai akurasi hasil peramalan yang dihasilkan oleh kedua metode, serta untuk mengetahui metode mana yang baik digunakan dalam peramalan ini. Banyak penelitian yang dilakukan mengenai metode prediksi ini dan salah satunya diteliti oleh Azizah pada tahun 2020. Azizah melakukan investigasi prakiraan banyak penumpang kereta api di Semarang periode Jan 2015 hingga Des 2019 dan membandingkan prakiraan pemulusan eksponensial dari Holt Winters dengan metode ELM. Hasilnya metode ELM memiliki nilai error lebih kecil dibandingkan Exponential Smoothing Holt Winters yang menunjukkan nilai MAPE sebesar 6,22%, sedangkan Holt Winter memiliki nilai MAPE sebesar 13,11%.

II. METODE PENELITIAN

Data yang diolah dalam penelitian ini adalah data sekunder. Data tersebut merupakan data banyak penumpang KA Pariaman Express periode 2021 hingga 2023 sebanyak 36 observasi. Data tersebut diambil dari *database* web resmi Badan Pusat Statistik. Variabel yang digunakan dalam penelitian ini adalah nilai dari jumlah penumpang kereta api untuk setiap periode (t) jumlah penumpang KA Pariaman Expres Jan 2021 - des 2023. Analisis data dalam penelitian ini menggunakan software R-studio dengan menggunakan *syntax* pada penelitian Azizah (2020). Analisis menggunakan tahapan *Holt Winters Eksponensial Smoothing* dan *Extreme Learning Machine*. Tahapan untuk melakukan peramalan banyak penumpang KA tahun 2021-2023 adalah sebagai berikut.

1. Tahapan Penelitian Holt Winters Eksponensial Smoothing

- Memasukkan data banyak penumpang KA Pariaman Express ke dalam *software* R.
- Membuat plot data dan melihat pola datanya mengandung *trend* dan *seasonal*.
- Kemudian data tersebut dibagi menjadi 80% data training dan 20% data testing untuk model additive dan multiplicative dari holt winters. Pada tahap training data, diperlukan nilai alpha, betha, dan gamma, dimana nilai ini didapat dengan trial and error
- Melakukan perbandingan MAPE dari aditif dan multiplikatif. Perolehan nilai mape menggunakan rumus berikut.

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \frac{|Y_t - F_t|}{Y_t} \times 100 \quad (1)$$

Dimana

Y_t : data aktual pada periode ke-t

F_t : data peramalan pada periode ke-t

n : jumlah data yang digunakan

- Memilih model terbaik berdasarkan nilai MAPE terkecil
- Membuat ramalan untuk periode berikutnya berdasarkan nilai MAPE terbaik yang diperoleh.

2. Tahapan Penelitian Extreme Machine Learning (ELM).

- Memasukkan data banyak penumpang KA Pariaman tahun 2021-2023 ke dalam *software* RStudio.
- Melakukan normalisasi pada seluruh data dengan menggunakan Min-Max Normalisasi, dengan rumus sebagai berikut

$$d' = \frac{d - \min}{(\max - \min)} \quad (2)$$

Dimana

- d' : nilai normalisasi
 d : nilai asli data
 min : nilai minimum pada data
 max : nilai maksimum data
- Kemudian hasil normalisasi data tersebut dibagi menjadi 80% data training dan 20% data testing.
 - Selanjutnya Mencari nilai peramalan data jumlah penumpang kereta api berdasarkan hasil dari *training* dalam menentukan hasil peramalan jumlah penumpang kereta api.
 - Setelah didapat hasil *training*, selanjutnya Melakukan proses denormalisasi pada data guna membangkitkan nilai yang telah dinormalisasikan menjadi nilai asli dengan menggunakan rumus berikut

$$d = d'(max - min) + min \quad (3)$$

Dimana

- d : nilai asli setelah didenormalisasi
 d' : nilai normalisasi
 min : nilai minimum pada data actual
 max : nilai maksimum pada data actual
- Setelah data di denormalisasi , selanjutnya mencari nilai mape dengan menggunakan persamaan 1
 - Membuat ramalan untuk periode September 2023 - desember 2023.

3. Melakukan Perbandingan hasil peramalan Holt Winter's Eksponensial Smoothing dengan Extreme Learning Machie (ELM)

Langkah terakhir pada penelitian ini adalah melakukan perbandingan pada nilai akurasi (MAPE) hasil ramalan untuk metode *Holt Winter's Eksponensial Smoothing* dengan *Extreme Learning Machie* (ELM) dan memilih metode terbaik pada penelitian ini. Hasil perbandingan dan metode peramalan terbaik akan menjadi kesimpulan pada penelitian ini

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

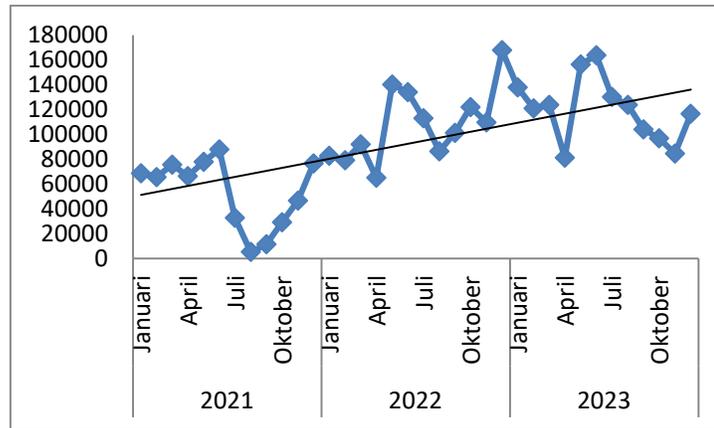
A. Eksplorasi Data

Berdasarkan hasil pengolahan data, didapatkan statistik deskriptif tentang interpretasi umum tren data banyak penumpang kereta api Pariaman Ekspres. Tabel 1 adalah hasil statistik deskriptif dan Gambar 1 menunjukkan pola Banyak Penumpang kereta api Pariaman Ekspres Tahun 2021-2023.

Tabel 1. Analisis Deskriptif Data Penelitian

Tahun	Jumlah Penumpang	Mean	Minimum	Maximum	Kenaikan(%)
2021	642.827	53.569	5.185	87.939	
2022	1.292.250	107.688	64.900	167.760	100
2023	1.439.410	119.951	81.040	163.768	11

Tabel 1 menunjukkan Rata-rata banyak penumpang KA tahun 2021 sebanyak 53.569 penumpang perbulan, jumlah penumpang tertinggi adalah sebanyak 87.939 penumpang, dan jumlah penumpang terendah adalah sebanyak 5185 orang penumpang perbulan. Pada tahun 2023, banyak penumpang kereta api meningkat sebesar 11%, rata-rata mencapai 119.951 penumpang per bulan, jumlah penumpang tertinggi adalah sebanyak 163.768 penumpang, dan jumlah penumpang terendah adalah 81.040 penumpang. Grafik berdasarkan data pemutakhiran 3 tahun digunakan untuk memperoleh ramalan data Banyak Penumpang kereta api Pariaman Ekspres. Didapatkan hasil seperti terlihat pada gambar 1 dibawah ini:



Gambar 1. Pola Data Banyak penumpang Kereta Api

Struktur data banyak penumpang kereta api Pariaman yang terbentuk yaitu memiliki kecenderungan *trend* naik dan mengandung pola musiman. Berdasarkan data yang ada, terjadi penurunan dan peningkatan dari waktu ke waktu. Gambar 1 menunjukkan bahwa grafik selalu menunjukkan puncak kenaikan pada awal, pertengahan, dan akhir setiap tahun, terutama pada bulan Januari, Juni, dan Desember. Hal ini disebabkan oleh banyak hal seperti hari libur, liburan sekolah, natal dan tahun baru.

B. Hasil Model Holt Winters Eksponensial Smoothing dan Extreme Learning Machinde

1. Holt Winters Eksponensial Smoothing

Pada metode *Holt Winters Eksponensial Smoothing* memiliki tiga pemulusan yaitu alfa, beta dan gama. Alfa(α) adalah nilai pemulusan untuk level, Beta(β) adalah nilai pemulusan untuk trend, Gama(γ) adalah nilai pemulusan untuk musiman. Nilai alfa, beta, dan gamma antara 0 dan 1. Ada dua model dalam metode ini : model *additive* dan model *multiplicative*. Pada model *Multiplicative* memiliki nilai alfa sebesar 0,140, beta = 0,002 dan gama =1, untuk model *Additive* memiliki nilai alfa sebesar 0,30, beta = 0,22 dan gama =1.

Berdasarkan nilai pemulusan model *multiplicative* dan *additive*, dihasilkan persamaan model pemulusan *level*, pemulusan pola *trend*, dan pemulusan pola musiman sebagai berikut:

Pemulusan	Model Multiplicative	Model Additive
Level	$L_t = \alpha(y_t - S_{t-s}) + (1 - \alpha)(L_{t-1} + b_{t-1})$ $L_t = 0,140(y_t - S_{t-s}) + 0,86(L_{t-1} + b_{t-1})$	$L_t = \alpha(y_t - S_{t-s}) + (1 - \alpha)(L_{t-1} + b_{t-1})$ $L_t = 0,30(y_t - S_{t-s}) + 0,70(L_{t-1} + b_{t-1})$
Trend	$b_t = \beta(L_t - L_{t-1}) + (1 - \beta)b_{t-1}$ $b_t = 0,002(L_t - L_{t-1}) + (0,998)b_{t-1}$	$b_t = \beta(L_t - L_{t-1}) + (1 - \beta)b_{t-1}$ $b_t = 0,22(L_t - L_{t-1}) + 0,78(b_{t-1})$
Musiman	$S_t = \gamma(y_t - L_t) + (1 - \gamma)S_{t-s}$ $S_t = y_t - L_t$	$S_t = \gamma(y_t - L_t) + (1 - \gamma)S_{t-s}$ $S_t = y_t - L_t$

Nilai ketepatan yang digunakan yaitu MAPE (*Mean Absolute Percentage Error*). Nilai peramalan dapat ditentukan secara akurat berdasarkan nilai dengan eror yang kecil. Tabel 2 menunjukkan nilai ketepatan/akurasi dari model multiplikatif dan aditif.

Tabel 2. Persentase Nilai MAPE Tiap Model

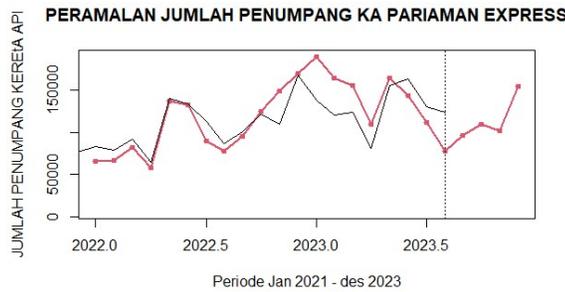
Model	MAPE(%)
Multiplikatif	17,10
Additif	18,35

Peramalan terbaik jika MAPE dibawah 10% dan peramalan baik jika MAPE diantara 10%-20%. Nilai MAPE pada metode aditif dan multiplikatif sebesar 18,35% dan 17,10% yang menunjukkan bahwa kedua model tersebut mempunyai daya prediksi yang baik. Antara kedua model tersebut, model multiplikatiflah yang digunakan dalam peramalan ini karena nilai persentase mape yang kecil. Berikut adalah ramalan banyak penumpang KA Pariaman Ekspres dengan model multiplikatif dari Holt Winters.

Tabel 3. Hasil Peramalan

Periode	Hasil Ramalan
Sep-2023	78.124
Okt-2023	96.614
Nov-2023	93.828
Des-2023	154.004

Berdasarkan Tabel 3, perkiraan banyak penumpang KA pada September 2023 adalah 78.124 penumpang. Hasil yang diharapkan untuk periode Oktober, November dan Desember 2023 adalah 96.614, 93.828 dan 154.004 penumpang..



Gambar 2. Perbandingan Data Aktual dan Data Peramalan

Gambar 2 merupakan perbandingan antara data asli dan peramalan banyak penumpang KA Pariaman Ekspres dengan menggunakan metode *Holt Winters Exponential Smoothing*. Sumbu mendatar(x) menunjukkan tahun 2021-2023, dan sumbu tegak(y) menunjukkan banyak penumpang kereta api pariaman Ekspres setiap bulan. Grafik berwarna hitam menunjukkan data actual banyak penumpang kereta api, sedangkan garis merah menunjukkan data prediksi peramalan banyak penumpang kereta api, garis merah setelah garis putus-putus menunjukkan hasil ramalan. Gambar 2 tersebut menunjukkan bahwa antara data aktual dan data prediksi ramalan hampir sama. Data prediksi peramalan dimulai dari bulan Januari 2022 hingga agustus 2023. untuk data peramalannya yaitu pada September 2023- desember 2023.

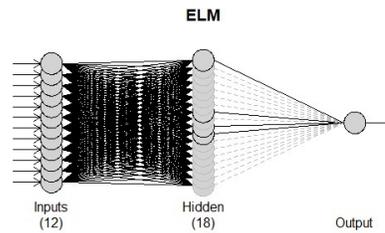
2. Extreme Learning Machine (ELM)

Langkah pertama awal proses pembuatan prediksi dengan metode ELM adalah normalisasi data untuk mengubah *range* data menjadi lebih kecil, dalam penelitian ini digunakan rentang 0 hingga 1. Tabel 4 menunjukkan nilai normalisasi data penumpang Pariaman Ekspres.

Table 4. Hasil normalisasi data

Tahun	Bulan	Banyak Penumpang(asli)	Normalisasi
2021	Januari	68.517	0,7653
	Februari	65.594	0,72998
	:	:	:
2023	November	84.480	0,04158
	Desember	116.500	0,42863

Kemudian normalisasi data banyak penumpang KA Pariaman Ekspres yang merupakan data Januari 2021 hingga Agustus 2023 akan digunakan dalam proses training. Sedangkan data bulan September - Desember 2023 digunakan untuk testing. Rasio 93%:7%. Gambar 3 menunjuk Desain jaringan ELM dari data banyak penumpang KA Pariaman Ekspres Januari 2021 - Desember 2023.



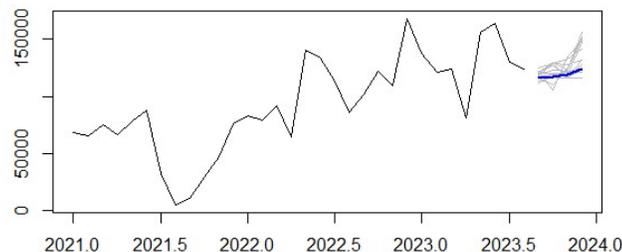
Gambar 3. Desain Jaringan ELM

Pada Gambar 3 terdapat sebanyak dua belas *node input* , 18 *neuron hidden layer* dan *output* berjumlah 1 *node* atau 1 titik. Dua belas *node input* mewakili dua belas bulan dari data, 18 *neuron hidden layer* menunjukkan semakin banyak jumlah *neuron* maka nilai *error* yang dihasilkan akan kecil. Untuk mendapatkan hasil prediksi harus melalui proses *training*. Berikut adalah hasil ramalan dengan menggunakan metode ELM selama empat bulan kedepan.

Tabel 5. Hasil Peramalan

Periode	Hasil Ramalan
September-2023	140.234
Oktober-2023	135.308
November-2023	132.910
Desember-2023	171.806

Tabel 5 menunjukkan perkiraan banyak penumpang KA pada September 2023 adalah 140.234 penumpang. Sedangkan penumpang pada bulan Oktober, November, dan Desember sebanyak 135.308, 132.910, dan 171.806 penumpang. Gambar4 dibawah ini menunjukkan grafik data asli dengan hasil peramalan banyak penumpang KA Pariaman Ekspres.



Gambar 4. Grafik Data Aktual dan Data Peramalan Penumpang Kereta Api

Nilai ketepatan yang digunakan yaitu MAPE. Nilai peramalan dapat ditentukan secara akurat berdasarkan nilai dengan eror yang kecil. Berikut adalah tabel dengan nilai MAPE untuk metode ELM.

Table 6. Nilai Akurasi Metode ELM

Metode ELM	MAPE(%)
Training	55,6
Testing	20

Berdasarkan tabel 6 daya prediksi terbaik jika nilai MAPE kurang dari 10% dan daya prediksi baik jika nilai MAPE antara 10% -20%. Berdasarkan hasil yang diperoleh, nilai MAPE yang digunakan adalah *rate* pengukuran 20% yang berarti memiliki kemampuan prediksi yang baik.

3. Uji Validitas Metode

Dalam uji validitas metode, digunakan nilai Mape dari kedua metode. Berdasarkan teori (Lohy, 2017) dituliskan bahwa MAPE adalah suatu nilai yang mengukur keakuratan taksiran yang dinyatakan dalam bentuk persentase *error*. Berdasarkan nilai MAPE dapat ditentukan metode mana yang terbaik untuk memperkirakan banyak penumpang KA Pariaman Ekspres.

Table 7. Perbandingan Metode Holt Winter's dan ELM

Periode	Data Asli(<i>Testing</i>)	Hasil Ramalan(Holt)	Hasil Ramalan(Elm)
Sep-2023	103.980	78.124	140.234
Okt-2023	96.900	96.614	135.308
Nov-2023	84.480	93.828	132.910
Des-2023	116.500	154.004	171.806
MAPE		17,10%	20%

Berdasarkan Tabel 7, nilai MAPE untuk pendugaan banyak penumpang kereta api Pariaman Ekspres dengan metode *Holt Winters* adalah 17,10%. Sedangkan metode ELM diperoleh nilai sebesar 20%. Setelah nilai MAPE diketahui, kemudian menentukan metode terbaik dengan membandingkan kedua metode. Berdasarkan hasil perbandingan, metode *Holt Winters* adalah yang baik digunakan untuk penelitian ini karena nilai mapenya kecil.

IV. KESIMPULAN

Pada peramalan jumlah penumpang kereta api pariaman ekspres diperoleh Perbandingan hasil nilai akurasi peramalan jumlah penumpang kereta api bahwa metode *Holt Winter's* memiliki nilai kesalahan diatas 10% sedangkan metode ELM juga memiliki nilai kesalahan diatas 10% yang artinya metode *Holt Winter's* dan ELM baik dalam meramalkan selama 4 periode. *Holt Winter's* memiliki nilai MAPE sebesar 17,10% dan ELM memiliki nilai MAPE sebesar 20%. Hasil peramalan dengan metode terbaik dapat dilihat bahwa perbedaan antara data aktual dengan data peramalan tidak jauh berbeda. Jadi metode terbaik yang digunakan adalah Holt Winters eksponensial smoothing. Hasil peramalan penumpang kereta api untuk periode September 2023 yaitu sebanyak 140.234 penumpang. Sedangkan untuk periode Oktober, November, dan Desember yaitu sebesar 135.308, 132.910, dan 171.806 penumpang.

Bagi peneliti selanjutnya agar dapat mengembangkan penelitian baru dan menambahkan variabel lain yang mempengaruhi jumlah penumpang kereta api, agar menjadi bahan pertimbangan bagi KA Pariaman Express maupun masyarakat yang ingin naik kereta api. Selanjutnya untuk peramalan agar dapat dikembangkan dengan metode lainnya dan menjadi bahan sebagai pedoman.

DAFTAR PUSTAKA

- Azizah (2020). Perbandingan Metode Holt Winter's Exponential Smoothing dan Extreme Learning Machine pada Peramalan Jumlah Penumpang Kereta Api. *Jurnal Ilmiah Matematika*.
- Huang, G. B., Qin-Yu, Z., & Chee-Kheong, S. (2006). *Extreme Learning Machine: Theory and Applications*. 489-501.
- Lohy, Y. (2017). Peramalan Penerimaan Pajak Hotel dengan Metode Runtun Waktu - ARIMA. Surabaya: Tesis Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Raharja, A., Angraeni, W., & Yinarti, R. A. (2010). *Penerapan Metode Exponential Smoothing Untuk Peramalan Penggunaan Waktu Telepon di PT. Telkomsel Divre 3 Surabaya*. SISFO-Jurnal Sistem Informasi, 4.
- Sekretariat Negara, 2007. Undang-Undang No. 23 Tahun 2007 tentang Perkeretaapian. Lembaran Negara RI Tahun 2007, No. 23. Jakarta: Republik Indonesia.