PERBANDINGAN METODE ARIMAX DAN VARIMAX UNTUK PERAMALAN JUMLAH PENUMPANG KERETA API MENURUT WILAYAH

JURNAL ILMIAH

Diajukan sebagai salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Statistika

Oleh :

Ainun Faulina Nurcahya

B2A016022

PROGRAM STUDI S1 STATISTIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITASMUHAMMADIYAHSEMARANG
2020

http://repository.unimus.ac.id

SURAT PERNYATAAN
PUBLIKASI KARYA ILMIAH

Yang bertanda tangan di bawah ini, saya :

Nama	: Ainun Faulina Nurcahya
NIM	: B2A016022
Fakultas/Jurusan	: FMIPA/S1 Statistika
Jenis Penelitian	: Skripsi
Judul	: Perbandingan Metode ARIMAX dan VARIMAX Untuk Peramalan Jumlah Penumpang Kereta Api Menurut Wilayah
Email	: ainunfaulina@gmail.com

Dengan ini menyatakan bahwa saya menyetujui untuk :

1. Memberikan hak bebas royalty kepada Perpustakaan UNIMUS atas penulisan karya ilmiah saya, demi pengembangan ilmu pengetahuan
2. Memberikan hak menyimpan, mengalih mediakan/mengasih formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (databese), mendistribusikannya, serta menampilkannya dalam bentuk *soficopy* untuk kepentingan akademis kepada Perpustakaan UNIMUS, tanpa perlu izin dari saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta
3. Bersedia dan menjamin untuk menanggung secara pribadi tanpa melibatkan pihak Perpustakaan UNIMUS dari semua bentuk tuntutan hukum yang timbul atas pelanggaran hak cipta dalam karya ilmiah ini.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan semoga dapat digunakan sebagaimana mestinya.

Semarang, 10 Mei 2020
Yang membuat pernyataan,

Ainun Faulina Nurcahya
(B2A016022)

http://repository.unimus.ac.id

PERBANDINGAN METODE ARIMAX DAN VARIMAX UNTUK PERAMALAN JUMLAH PENUMPANG KERETA API MENURUT WILAYAH

Oleh : Ainun Faulina Nurcahya
Universitas Muhammadiyah Semarang

Article history
Submission :
Revised :
Accepted :

Keyword:
ARIMAX, Forcesting, Train Passenger, VARIMAX

Abstract

The train is one of the most popular transportation nowadays. The increase in train passengers has caused a buildup of passengers at the train station. For this reason, forecasting the number of train passengers is very important, so PT. KAI can prevent the buildup of passengers such as the addition of the fleet. Forecasting is done by comparing several methods, so getting more accurate results. The methods used are ARIMAX (Autoregressive Integreted Moving Average with Exogenous Variable) and VARIMAX (Vector Autoregressive Integreted Moving Average with Exogenous Variable) methods. The ARIMAX method is used because the train passenger data has a calendar variation effect so that the addition of exogenous variables is expected to provide a better model and more accurate forecasting results. Then the VARIMAX method is used because in the data on the number of train passengers there are elements of the train area so that the data form is multivariate data with the addition of exogenous variables if an outlier occurs in the VARIMA model residuals, this study produces the best model, VARX (1,0,0). The comparison of the VARIMAX model is better than the ARIMAX model because it has a smaller AIC of 34.56593 <2385.503333 and the result of a more accurate forecasting is the ARIMAX method because it has a smaller MAPE of 7.950093 <8.056626.

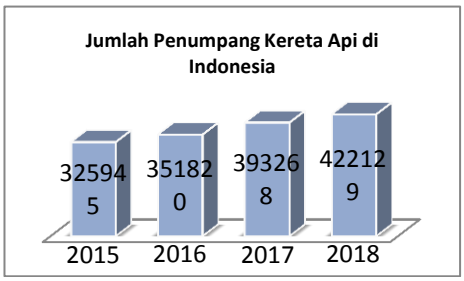
Pendahuluan

Transportasi merupakan sarana penting yang digunakan untuk menunjang perekonomian dan pembangunan nasional, transportasi juga sangat berpengaruh dalam hampir semua aspek kehidupan (Umiyatun, 2017). Seiring dengan meningkatnya pertumbuhan penduduk maka kebutuhan masyarakat akan transportasi akan lebih meningkat pula. Jenis transportasi yang mudah dan sering digunakan ialah transportasi darat seperti bus,kendaraan bermotor, dan kereta api. Dari berbagai jenis transportasi darat tersebut, kereta api merupakan jenis transportasi yang mempunyai lintasan khusus yang bernama rel. Sehingga kereta api merupakan transportasi yang sering digunakan karena nyaman dan terhindar dari kemacetan.

Di Indonesia sendiri kereta api saat ini semakin popular digunakan masyarakat untuk menunjang perjalanan mereka seperti kebutuhan *traveling* maupun mobilitas kerja. Kereta api pertama di Indonesia yaitu tahun 1864 kereta api di Indonesia lahir dengan rute stasiun Semarang-stasiun Tanggung, lalu tiga tahun kemudian mulai terhubung tiga kota di Jawa Tengah yaitu, Semarang, Solo, dan Yogyakarta. Setelah meraih kemerdekaannya Indonesia juga berhasil mengambil alih perusahaan kereta api Jepang, yang kemudian dibentuk Djawatan Kereta Api Indonesia (DKARI) yang merupakan cikal bakal PT. Kereta Api Indonesia (Persero) (PT. KAI, 2017). Hingga saat ini peningkatan kualitas, fasilitas dan penambahan armada demi kenyamanan dan kepusan pelanggan terus dilakukan sehingga kereta api menjadi salah satu

http://repository.unimus.ac.id

transportasi umum yang cukup banyak digemari masyarakat Indonesia.



Grafik di atas menunjukkan jumlah penumpang kereta api semakin meningkat setiap tahunnya mulai dari tahun 2015 jumlah penumpang kereta api sebesar 325 ribu penumpang, tahun 2016 KAI menganngkut 351 ribu penumpang, kemudian meningkat sebesar 12% pada tahun 2017 yitu menjadi 393 ribu penumpang. Pada tahun 2018 penumpang kereta api semakin melonjak yaitu sebanyak 422 ribu penumpang. Akibat dari peningkatan jumlah penumpang setiap tahunnya maka seringkali terjadi penumpukan penumpang kereta api, misalnya pada musim lebaran dan tahun baru. Sehingga sangat diperlukan prediksi jumlah penumpang kereta api di tahun mendatang guna memberikan informasi bagi PT. KAI sehingga dapat mengantisipasi apabila terjadi penumpukan penumpang.

Hal tersebut juga sangat berguna bagi kenyamanan dan keamanan mansyarakat dalam melakukan perjalanan. Salah satu penelitian tentang peramalan jumlah penumpang kereta api pernah dilakukan oleh Dewi, L. F., (2018) yang berjudul Peramalan Jumlah Penumpang Kereta Api Menggunakan Metode *Moving Average* Dan *Holt Winter*, Dalam penelitiannya menghasilkan bahwa metode terbaik untuk memodelkan jumlah penumpang kereta api menggunakan metode *Holt Winter* karena menghasilkan nilai MAPE dan MSE yang lebih kecil dibandingkan metode *Moving Average*. Peramalan jumlah penumpang kereta api juga pernah dilakukan oleh Yoan Sofyana Noer dengan judul "Peramalan Jumlah Penumpang Kereta Api Fajar Utama Yogya Jurusan Yogyakarta - Pasar Senen Menggunakan Variasi Kalender ARIMAX (Studi Kasus di Kantor Pusat PT. Kereta Api Indonesia)" dengan model terbaik (ARIMAX 2, 0, 1) dan dilakukan peramalan untuk bulan Juni 2016 sampai dengan bulan Desember tahun 2016 berturut-turut yaitu 13787, 10318, 9356, 9203, 10180, 13655.

Untuk mengatasi permasalahan tersebut maka peramalan akan dilakukan menggunakan metode ARIMAX dan VARIMAX. Model peramalan *time series* yang seringkali digunakan yaitu model ARIMA (*Autoregresive Intregeted Moving Average*), model ARIMA kemudian di kembangkan menjadi model ARIMAX (*Autoregresive Integreted Moving Average with Exogenous*). Model ARIMAX digunakan karena pada data jumlah penumpang kereta api mengandung unsur variasi kalender yang berbeda beda setiap tahunnya sehingga memungkinkan adanya data pencilan pada periode tertentu yang bervariasi dan menyebabkan data menjadi tidak stasioner, maka diperlukan penambahan variabel *exogenous* untuk mendapatkan model yang terbaik. Dengan Berdasarkan pada penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Azizah, N., yang melakukan penelitian pada tugas akhir (2017) yaitu Penerapan Metode *Autoregressive Integreted Moving Average With Exogenous Variables* (ARIMAX) Berdasarkan Variasi Kalender Hijriyah Pada Peramalan Penjualan Busana Muslim, dengan hasil Hasil peramalan pada data mingguan penjualan busana muslim butik Zoya pada Januari 2015-Maret 2017 sebanyak 117 minggu menggunakan model ARIMAX variasi kalender hijriyah trend deterministik dengan model sisaan ARIMA ([1,13],0,1) yang artinya bahwa dimulai minggu ke-1 dan minggu ke-13 diduga mempengaruhi penjualan busana muslim, berdasarkan hasil tersebut berarti bahwa variasi kalender sangat berpengarus terhadap penjualan.

Metode VARIMA (*Vector Autoregresive Ibtegreted Moving Average*) digunakan karena pada data jumlah penumpang kereta api merupakan data *multivariate* yang menampilkan unsur wilayah sebagai variabel *multivariate time series*. Model VARIMA merupakan model gabungan dari VAR (*Vector Autoregresive*) dan VMA (*Vector Moving Average*). Model VARIMA digunakan apabila berbagai asumsi seperti stasioner rataan maupun varian, serta *white noise* terpenuhi. Namun apabila saumsi tersebut tidak terpenuhi maka dapat dikatakan bahwa terdapat *outlier*. Untuk mengatasi *outlier* pada model VARIMA maka dilakukan penambahan variabel *exogeneous* sehingga membentuk model VARMAX (*Vector Autoregresive Integreted Moving Average with Exogenous*) . Penelitian mengenai model VARMA dan VARMAX telah dilakukan oleh Muthahharah, I. (2015), yang meneliti mengenai Pemodelan Harga Saham Negara Asean Menggunakan Varma dan Varmax. Pada penelitiannya terjadi masalah *outlier* pada model

http://repository.unimus.ac.id

VARMA sehingga digunakan model VARMAX untuk mengatasi *outlier* model VARMA. Penelitian tentang model VARMAX dilakukan oleh Rizcka Indah Hani Pratama dengan judul "Model Runtun Waktu *Vector Autoregressive Moving Average With Exogenous Variabel*(VARMAX)" pada penelitiannya Model VARMAX merupakan kasus khusus dari model VARMA dengan penambahan variabel eksogen ke dalam model VARMAX yang memuat variabel endogen. Model VARMAX ($\boldsymbol{p}$, $\boldsymbol{q}$, $\boldsymbol{r}$)dituliskan $\boldsymbol{y} = \boldsymbol{\delta U} + \boldsymbol{a}$.

Pada penelitian ini dilakukan perbandingan dari metode ARIMAX dan VARIMAX yang bertujuan untuk mendapatkan model yang sesuai dan hasil dari peramalan yang lebih akurat. Dengan variabel yang digunakan adalah jumlah penumpang kereta api berdasarkan wilayah kereta api. Penalitian ini diharapkan dapat dijadikan acuan untuk memprediksikan jumlah penumpang kereta api di Indonesia, sehingga PT. KAI dapat melakukan antisipasi penumpukan penumpang dan meningkatkan pelayanan serta fasilitas lainnya.

Landasan Teori

Time Series

Time series atau deret waktu merupakan pengamatan satu atau beberapa variabel yang diambil secara beruntun terhadap interval waktu yang tetap (Wei, 2006). Pada tahun 1976 George Box dan Gwilyn Jenkins memperkenalkan analisis *time series* untuk pertama kalinya. Analisis *time series* adalah salah satu prosedur statistika yang digunakan pada peramalan kejadian di masa depan. Analisis *time series* menggunakan data yang terpaut oleh waktu, sehingga korelasi antara kejadian saat ini dengan periode waktu sebelumnya akan terjadi. Selain berhubungan antara waktu *time seris* juga terdapat kemungkinan adanya hubungan antara dimensi lain seperti wilayah ataupun dimensi lain yang saling berkaitan.

Multivariat Time Series

Multivariat time series merupakan salah satu analisis *time series* yang melibatkan banyak variabel di dalam modelnya. Data *time series* terkadang memiliki keterkaitan antara satu variabel dengan variabel lainnya, seperti pada data jumlah penumpang kereta api yang memuat wilayah sebagai variabel *multivariat* . Sehingga, dibutuhkan analisis yang lebih dari satu data *time series* yaitu dengan menggunakan *multivariat time series*. Proses dalam *multivariat time series* sama dengan prose dalam *univariat time series* yaitu dengan memperhatiakan stasioneritas data (Hapsari, 2017).

Variasi Kalender

Model variasi kalender merupakan model *time series* yang digunakan untuk meramalkan data berdasarkan pola musiman dengan periode bervariasi. Di sebagian besar negara-negara Islam, data *time series* bulanan di bidang ekonomi dan bisnis dapat diketahui dengan dua jenis efek kalender, yaitu efek hari kerja atau efek hari perdagangan di setiap bulan, yang biasa disebut sebagai efek perdagangan hari dan efek hari libur seperti tahun baru cina, natal, dan idul fitri dimana penentuan hari raya tersebut berbeda dengan kelender Masehi. Indonesia merupakan salah satu negara yang merasakan variasi kalender terutama saat memasuki tahun baru dan hari raya. Saat tahun baru dan hari raya kebanyakan masyarakat Indonesia yang bekerja atau bertempat tinggal di luar kota kelahiraan melakukan tradisi pulang kampung (Mudik) sehingga kebutuhan transportasi akan meningkat dari biasanya, sehingga pemerintah atau perusahaan transportasi perlu melakukan evaluasi dan persiapan untuk kenyamanan penumpang.

Forcasting (Peramalan)

Forcasting adalah suatu ilmu yang digunakan untuk meramalkan atau memprediksi krjadian di waktu mendatang. Peramalan dapat dilakukan dengan cara institusi subjektif atau dengan model matematis (Heizer & Render, 2011). Peramalan biasa digunakan dalam hal perencanaan penjualan ataupun perencanaan pembangunan sbagai tambahan informasi.

Autoregressive Integreted Moving Average (ARIMA)

ARIMA (*Autoregressive Integrated Moving Average*) atau disebut dengan metode deret berkala *Box-Jenkins*. Nilai data pada waktu mendatang bersifat linier dari data historis dan random error. ARIMA dibagi dalam tiga klasifikasi yaitu:

1. **Model Autoregresive (AR)**

Autoregressive merupakan peramalan regresi yang veriabel *time lag* (selang waktu) dan nilai-nilai sebelumnya saling.model AR dapat dikatakan mengikuti proses AR apabila lag-lag pada plot ACF menurun secara eksponensial dan lag yang signifikan tidak sama dengan nol pada plot PACF kemudian digunakan indikasi

http://repository.unimus.ac.id

parameter p. Bentuk umum model *autoregressive* dengan orde ke-p atau model ARIMA (p,0,0) dinyatakan sebagai berikut:

$$Zt = \mu + \emptyset 1 Zt{-}1 + \emptyset 2 Zt{-}2 + \cdots + \emptyset p Zt{-}p + et \quad \ldots(2.1)$$

Dimana:
μ = nilai konstan
Zt = nilai pengamatan pada waktu t
$\emptyset$p = koefisien orde p
et = nilai galat pada saat ke-t

2. Model Moving Average (MA)

Moving Average biasa disebut rata-rata bergerak adalah deret berkala pada waktu t yang dipengaruhi dengan galat saat ini dan galat yang terbobot pada historis waktu sebelumnya. Suatu deret berkala dikatakan mengikuti proses apabila lag-lag pada plot ACF tidak sama dengan nol dan lag yang signifikan menurun secara eksponensial pada plot PACF kemudian digunakan indikasi parameter q. Bentuk umum model *moving average* orde ke-q atau ARIMA (0,0,q) dapat ditulis sebagai berikut:

$$Zt = \mu + et - \theta 1 et{-}1 - \theta 2 et{-}2 - \cdots - \theta q et{-}q \quad \ldots(2.2)$$

Dimana:
θq = nilai koefisien orde q
et = nilai galat pada saat t

3. Model Autoregresive Moving Average (ARMA)

Model peramalan deret berkala jenis ini dapat berbentuk *autogregresive* (AR), rata-rata bergerak (MA) atau kombinasi antara keduanya (ARMA). Bentuk umum model ARMA (p,q) dapat ditulis sebagai berikut:

$$\emptyset p\ (B) Z_t = \mu + \theta q\ (B) e_t \quad \ldots(2.3)$$

Dimana:
$\emptyset p\ (B) = (1 - \emptyset 1 B - \emptyset 2 B\ 2 - \cdots - \emptyset\ )$
$\theta q\ (B) = (1 - \theta 1 B - \theta 2 B\ 2 - \cdots -\ )$

4. Model ARIMA (*Autoregressive Integrated Moving Average*)

ARIMA (*Autoregressive Integrated Moving Average*). Model ARIMA adalah model ARMA (p,q) yang *nonstasioner*. Model ini membutuhkan suatu proses pembedaan agar data stasioner. Model ARMA dilakukan pembedaan dengan ordo ke-d yaitu $Zt\ d = (1 - B)\ dZt$ sehingga $Z1$, $Z2$, … menjadi deret berkala yang *stasioner*, maka model ARMA (p,q) menjadi model ARIMA (p,d,q). Bentuk model umum ARIMA (p,d,q) sebagai berikut:

$$\emptyset p\ (B)(1 - B)\ dZt = \mu + \theta q\ (B) et \quad \ldots(2.4)$$

Dimana:
$\emptyset p\ (B) = (1 - \emptyset 1 B - \emptyset 2 B\ 2 - \cdots - \emptyset\ )$
$\theta q\ (B) = (1 - \theta 1 B - \theta 2 B\ 2 - \cdots -\ )\ (1 - B)$
dZt = pembeda dengan ordo ke-d
et = nilai galat pada saat t

Metode ARIMA *Box-Jenkins* memiliki 3 langkah analisis yakni identifikasi model, estimasi parameter dan *diagnostic checking*.

5. ARIMAX (*Autoregresive Integreted Moving Average with Exogenous Variables*)

Model ARIMAX adalah model ARIMA yang diberi tambahan variabel *dammy* atau disebut variabel *exogenous*, variabel *dummy* yang biasa digunakan adalah model ARIMAX dengan variasi kalender. Pemodelan runtun waktu dengan penambahan beberapa variabel yang dianggap memiliki pengaruh secara signifikan terhadap data digunakan untuk memperkuat akurasi dari peramalan yang dilakukan. Menurut Cyer dan Chan (2008) dalam Lee et al. (2010) bahwa model ARIMAX merupakan model ARIMA dengan tambahan variabel. Model ARIMAX dengan efek variasi kalender dituliskan sebagai berikut :

$$Zt = \beta_1 X_{1,t} + \beta_2 X_{2,t} + \cdots + \beta_p X_{p,t} + \frac{\theta_q(B)\,\boldsymbol{\theta}_{Q(B^s)}}{\emptyset_p(B)\,\Phi_{\boldsymbol{p}(1-B)^{\boldsymbol{d}}(1-B^s)^{\boldsymbol{D}}}} \alpha_t \quad \ldots(2.5)$$

Dengan:
Zt :kombinasi linier dari gabungan pengamatan dan sisaan pada waktu-waktu sebelumnya
$X_{1,t}$, $X_{2,t}$, … , $X_{n,t}$:variabel dummy hari-hari khusus
$\beta 1, \beta 2, \ldots, \beta n$:parameter variabel dummy hari-hari khusus
ϕp :parameter regresi diri ordo ke-p
θq :parameter rataan bergerak ordo ke-q
$\phi p\ (B)$:$(1 - \phi 1 B - \phi 2 B\ 2 - \cdots -\ )$
$\theta q\ (B)$:$(1 - \theta 1 B - \theta 2 B\ 2 - \cdots -\ )$

6. VARIMA (*Vector Autorgresive Integreted Moving Average*)

Data *time series* atau runtunn waktu sering kali terdiri dari beberapa variabel atau biasa di sebut data *time series multivariate*. Variabel *multivariate* pada data *time series* misalnya berupa lokasi yang berbeda, atau jenis produk yang berbeda yang dapat dihitung dan terbatas. Menurut (Wei, 2006) model VARIMA dituliskan sebagai berikut :

http://repository.unimus.ac.id

$$\Phi p\,(B)D(B)\,\dot{Z}_t = \Theta q\,(B)\,at \qquad \ldots(2.6)$$

Dimana

$\Phi p\,(B) = \Phi_0 - \Phi_1 B - \Phi_2 B^2 - \ldots - \Phi_P B^p$

Dan

$\Theta p\,(B) = \Theta_0 - \Theta_1 B - \Theta_2 B^2 \ldots - \Theta_P B^q$

$BZ_t = Z_{t-1}$

7. VARIMAX (*Vector Autoregresive Integreted Moving Average With Exogenous Variabel*)

Model VARIMAX (p,q,r) merupakan model yang terbentuk dari model VARIMA yang memiliki kasus khusus yaitu jika asumsi *white noise* tidak terpenuhi atau adanya *outlier*. Model VARIMAX (p,q,r) dituliskan sebagai berikut :

$$\boldsymbol{\nabla^d}\,Y\,(\boldsymbol{t}) = \boldsymbol{c} + \sum_{i=0}^{r} \Theta_i^*(\boldsymbol{t}-\boldsymbol{i}) + \sum_{j=i}^{p} \Phi_j \boldsymbol{\nabla}^{\mathrm{d}}(\boldsymbol{t}-\boldsymbol{j})\boldsymbol{y}_{\mathrm{t-j}} - \sum_{k=1}^{q} \Theta_k{}^{e}\,(\boldsymbol{t}-\boldsymbol{k}) + \boldsymbol{e}(\boldsymbol{t}) \quad \ldots(2.16)$$

Dimana :

$\boldsymbol{\nabla^d}$: operator pembedaan pada orde-d

c : vektor dari *intercept* model VARIMAX

Θ_i^* : matriks dari parameter eksogen dengan lag-i (i=1,2,…,r)

Φ_j : matriks dari parameter *autoregressive* dengan lag-j (j=1,2,…,p)

Θ_k : matrik dari parameter rataan bergerak dengan lag-k (k=1,2,…,q)

Uji Stasioneritas Terhadap Mean dan Varian

Suatu data dikatakan stasioner pada data *time series* jika nilai *mean* dan *varian* konstan atau tidak mengalami perubahan yang sistematik. Markidakis *et al* (1992) menyatakan bentuk visual dari suatu plot data *time series* seringkali cukup untuk menyakinkan bahwa data tersebut adalah stasioner atau tidak stasioner. Akan tetapi, secara formal untuk mengidentifikasi kestasioneran data dilakukan dengan uji *Augmented Dickey Fuller* (ADF) atau dengan melihat skema matriks korelasi silang MACF dan MPACF. Jika plot MACF dan MPACF turun secara sambat maka data belum stasioner terhadap *mean* sehingga perlu dilakukan *differencing* atau pembedaan. Sebaliknya, data belum stasioner terhadap *varian* jika nilai batas atas dan batas bawah pada lamda kurang dari nol, sehingga perlu dilakukan transformasi *Box Cox* agar data stasioner.

Identifikasi Model

Identifikasi model VARIMA mirip dengan identifikasi pada model time series univariat dengan melihat nilai *Akaike's Information Criterion* (AIC). Nilai AIC digunakan untuk memilih model terbaik dengan kriteria nilai AIC yang paling minimum, yang secara matematis dapat ditulis sebagai berikut

$$AIC = -2\log(L)+2k \qquad \ldots(2.14)$$

Dengan k adalah julmah parameter pada model, dan L adalah parameter yang diestimasi menggunakan nilai *Maximum Likelihood Estimation* (MLE) (Mossad, 2015).

Metode *Maximum Likelihood Estimation* (MLE)

Fungsi MLE untuk model VARIMA adalah

$$\ln L(\Phi \qquad \sum \frac{T}{2} ln2\pi - \frac{T}{2} ln|\sum| - \frac{1}{2}\sum_{t=2}^{n} a_t a_t \sum^{-1} \qquad \ldots(2.15)$$

dengan

$a_t = (Z_t - \Phi_1 Z_{t-1} - \ldots - \Phi p Z_{t-p} + \Phi p a_{t-1} + \ldots + \Phi q a_{t-p})$

setelah parameter-parameter taksiran di peroleh maka parameter tersebut kemudian diuji dengan uji signifikansi parsial dan uji signifikansi simultan meggunakan t-test dan F-test.

Diagnostic Checking

Pada pengujian *diagnosting checking* ini mrnggunakan uji *L-jung Box* yang bertujuan untuk menguji signifikansi residual secara keseluruhan. Hipotesis yang digunakan adalah sebagai berikut :

H_0 : Vector residual memenuhi asumsi *white noise*

H_1 : Vector residual tidak memenuhi asumsi *white noise*

H_0 ditolak jika p-value < α

Setelah dilakukan uji *L-jung Box* maka kemudian dilakukan uji asumsi normalitas residual menggunakan uji *Kolmogorov Smirnov* dengan hipotesis sebagai berikut :

H0 : *S(x) = F(x)* (*error* mengikuti distribusi normal)

H1 : *S(x) ≠ F(x)* (*error* tidak mengikuti distribusi normal)

H0 ditolak jika p-value < *α*

Kereta Api

Terdapat beberapa jenis transportasi di dunia ini, mulai dari transportasi udara, darat hingga laut. Jenis transportasi yang mudah dan sering digunakan ialah transportasi darat seperti, bus,kendaraan bermotor, dan kereta api. Dari

http://repository.unimus.ac.id

berbagai jenis transportasi darat tersebut, kereta api merupakan jenis transportasi yang mempunyai lintasan khusus yang bernama rel, sehingga kereta api merupakan transportasi yang sering digunakan karena nyaman dan terhindar dari kemacetan. Kereta api biasa digunakan oleh masyarakat untuk menunjang mobilitas perekonomian, seperti pada bidang perdagangan. Selain lebih nyaman dan cepat, cara membeli tiket kereta api saat ini juga lebih mudah. Untuk mendapat tiket kereta api saat ini kita tidak perlu repot-repot lagi mengantri di loket, tiket kereta api dapat dibeli malalui online pada situs web misalnya KAI Acsess, ataupun pada minimarket-minimarket terdekat. Karena mudahnya acsess tiket kereta api sehingga masyarakat saat ini lebih memilih transportasi tersebut. Sehingga jumlah penumpang kereta api semakin meningkat setiap tahunnya.

Metode Penelitian

Sumber Data

Data dalam penelitian ini adalah data sekunder yang diperoleh dari Badan Pusat Statistik Indonesia. Data yang digunakan yaitu data jumlah penumpang kereta api berdasarkan wilayah kereta api dari bulan januari tahun 2006 sampai dengan bulan September 2019. sebanyak 165 data

Variabel Penelitian dan Struktur Data

Terdapat tiga variabel penelitian yang digunakan pada penelitian ini yaitu:

1. $Z_{1,t}$ = Data jumlah penumpang kereta api wilayah Jabodetabek (Ribu Orang)
2. $Z_{2,t}$ = Data jumlah penumpang kereta api wilayah Non Jabodetabek (Ribu Orang)
3. $Z_{2,t}$ = Data jumlah penumpang kereta api wilayah Sumateraa (Ribu Orang)
4. Variabel *dummy* efek variasi kalender adalah sebagai berikut :
   X_t = Variabel *Dummy* bernilai 1 pada bulan hari raya Idul Fitri yang terjadi pada bulan ke-t dan bernilai 0 pada bulan-bulan lainnya.

Struktur data Jumlah Penumpang Kereta Api

		Variabel			
Bulan	Tahun	Jabodetabek	Non Jabodetabek	Sumatera	*Dummy*(Efek Idul Fitri)
Januari	2006	Z1.1	Z2.1	Z3.1	0
Februari	2006	Z1.2	Z2.2	Z3.2	0
Maret	2006	Z1.3	Z2.3	Z3.3	0
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
Desember	2018	Z1.156	Z2.156	Z3.156	0
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
Juni	2019	Z1.162	Z2.162	Z3.162	1
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
September	2019	Z1.165	Z2.165	Z3.165	0

Metode Analisis

Langkah-langkah dalam peramalan jumlah penumpang kereta api menurut wilayah kereta api adalah sebagai berikut :

Langkah-langkah metode ARIMAX

Adapun prosedur penelitian yang akan digunakan dalam mencapai tujuan penelitian adalah sebagai berikut:

1. Pengumpulan data jumlah penumpang kereta api
2. Menghitung statistik deskriptif
3. Melakukan identifikasi model peramalan jumlah penumpang kereta api.
4. Untuk mengetahui variasi kalender perlu dilakukan analisis pemodelan-pemodelan dengan variabel *dummy*.
5. Melakukan uji penaksiran parameter, uji signifikansi, dan pemodelan data *time series*.
6. Melakukan uji diagnosis residual berdistribusi normal dan *white noise*.
7. Memilih model terbaik dengan melihat AIC terkecil. Melakukan peramalan dengan melihat error terkecil menggunakan MAPE

Langkah-langkan metode VARIMAX

Adapun prosedur penelitian yang akan digunakan dalam mencapai tujuan penelitian adalah sebagai berikut:

1. Pengumpulan data jumlah penumpang kereta api
2. Menghitung statistik deskriptif

http://repository.unimus.ac.id

3. Melakukan pemodelan data jumlah penumpang kereta api dengan langkah-langkah sebagai berikut :
    a. Melakukan uji stasioneritas menggunakan plot data *time series* dan menggunakan uji Akar *Dickey Fuller*. Jika data tidak stasioner maka dilakukan *differencing*.
    b. Melakukan uji identifikasi model
    c. Melakukan uji asumsi parameter dan uji signifikansi parameter menggunakan MLE
    d. Melakukan uji kesesuaian model (uji asumsi residual yang bersifat *white noise* dan berdistribusi *multivariate* normal)
    e. Mendeteksi *outlier* pada model data jumlah penumpang kereta api, jika residual dari model tersebut tidak memenuhi asumsi *white noise*.
4. Memodelkan dengan variabel eksogen dengan langkah-langkah yang dilakukan sama dengan model data sebelumnya.
5. Melakukan peramalan pada data. Dengan melihat *error* terkecil menggunakan MAPE

Perbandingan peramalan dan pemodelan pada metode ARIMAX dan VARIMAX

Adapun prosedur penelitian yang akan digunakan dalam mencapai tujuan penelitian adalah sebagai berikut:

1. Melakukan pemodelan pada metode VARIMAX dan ARIMAX dengan langkah-langkah yang telah dijelaskan diatas.
2. Menentukan model terbaik dari metode ARIMAX dan VARIMAX, dilihat dari nilai AIC terkecil .
3. Setelah mendapatkan hasil dari pemodelan metode ARIMAX dan VARIMAX kemudian melakukan peramalan pada kedua model yang didapatkan
4. Setelah mendapatkan hasil peramalan dari metode ARIMAX dan VARIMAX kemudian membandingkan hasil peramalan dengan melihat nilai MAPE terkecil.

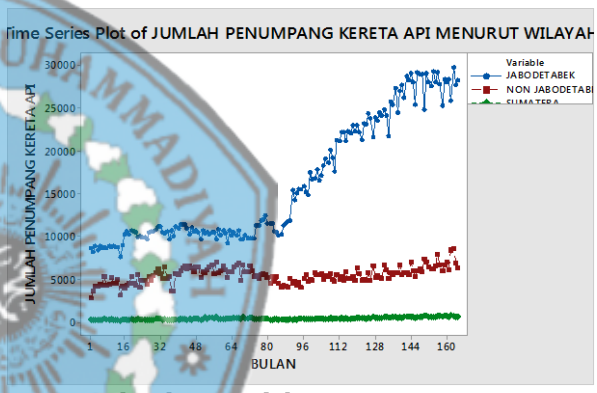
Hasil Penelitian dan Pembahasan

Analisis Deskriptif

Data yang digunakan yaitu sebanyak 165 bulan dari bulan januari 2006 sampai dengan September 2019, dengan 3 wilayah kereta api di Indonesia yaitu JABODETABEK, NON JABODETABEK, dan SUMATERA. Berikut adalah statistik deskriptif jumlah penumpang kereta api.

Variable	Mean	StdDev	Min	Max	Label
y1	161	7192	7566	29714	Jabodetabek
y2	5493	945	2823	8589	non jabodetabek
y3	428	132.4	210	829	Sumatera
x1	0.085	0.279	0	1	Lebaran

Statistik deskriptif pada data diketahui rata-rata penumpang kereta api tertinggi di wilayah JABODETABEK yaitu sebanyak 16152 penumpang dengan standar deviasi sebesar 7192 dan rata-rata terendah adalah wilayah Sumatera sebanyak 428.5091 dengan standar deviasi sebesar 132.4466. keragaman jumlah penumpang disebabkan adanya efek kalender yaitu jumlah penumpang kereta api akan meningkat pada bulan lebaran.



Plot data Jumlah Penumpang Kereta Api

Plot data penumpang kereta api di JABODETABEK, non JABODETABEK, dan SUMATERA menunjukkan terdapat lonjakan penumpang setiap tahunnya. Lonjakan penumpang tertinggi terjadi saat lebaran dengan penentuan lebaran mengikuti kalender Hijriyah setiap tahunnya. Maka dapat dikatakan bahwa data penumpang kereta api mengalami *fluktuasi* karena terjadinya kenaikan dan penurunan di bulan-bulan tertentu. Sehingga pada penelitian ini terdapat penambahan variabel *exogenous* efek kalender yaitu lebaran.

Stasioneritas

Pada pemodelan time series perlu dilakukan uji stasioneritas data dengan menggunakan uji ADF. Pada penelitian ini hasil uji ADF adalah sebagai berikut :

http://repository.unimus.ac.id

Wilayah Kereta Api	p-value	
	Data Asli	*Differencing* 1
JABODETABBEK	0.735	0.01
NON JABODETABEK	0.5658	0.01
SUMATERA	0.6952	0.01

Pada tabel diatas menunjukkan data jumlah penumpang kereta api disetiap wilayah stasioner pada *differencing* (d = 1). Stasioneritas dibuktikan dengan hasil p-value pada tabel (d = 1) < *Alpha* 0.05.

Diagnostic Checking

Pada pengujian *diagnosting checking* ini menggunakan uji *L-jung Box* yang bertujuan untuk menguji signifikansi residual secara keseluruhan.

Wilayah Kereta Api	*p-value*	Keterangan
JABODETABBEK	<.0001	Tidak *White Noise*
NON JABODETABEK	0.8179	*White Noise**
SUMATERA	<.0001	Tidak *White Noise*

Berdasarkan nilai *L-jung Box* diketahui bahwa nilai *p-value* pada JABODETABEK dan Sumatera kurang dari 0.05 yang artinya residual tidak *white noise* sedangkan pada Non JABODETABEK lebih dari 0.05 maka residual memenuhi *white noise*. Setelah dilakukan uji *L-jung Box* maka kemudian dilakukan uji asumsi normalitas residual dengan menggunakan uji *Kolmogorov Smirnov*

Wilayah Kereta Api	p-value	Keterangan
JABODETABBEK	0.000	Tidak Normal
NON JABODETABEK	0.200	Normal*
SUMATERA	0.000	Tidak Normal

Dari hasil uji *Kolmogorov Smirnov* residul data JABODETABEK dan Sumatera tidak berdistribusi normal dan pada residual data Non JABODETABEK berdistribusi normal. Setelah mmelakukan *diagnostic checking* dengan hasil yang tidak memenuhi asumsi maka pemodelan dilakukan dengan menambahkan variabel exogenous sehingga digunakan metode ARIMAX dan VARIMAX.

Pembentukan Model

Setelah *diagnostic chaecking* terpenuhi maka dilakukan pemodelan pada data penumpang kereta api disetiap wilayah. Pada penelitian ini digunakan ARIMAX dan VARIMAX model terbaik di dapatkan dari beberapa model yang terbentuk kemudian dipilih AIC yang terkecil sehingga didapat model terbaik disetiap wilayah yaitu sebagai berikut :

Wilayah Kereta Api	Model ARIMAX	Model VARIMAX
JABODETABBEK	ARIMAX (0,0,1)	
NON JABODETABEK	ARIMAX (1,0,2)	VARX (1,0,0)
SUMATERA	ARIMAX (1,0,1)	

Berdasarkan hasil pengujian pada metode ARIMAX terbentuk 3 model berdasarkan wilayah yaitu JABODETABEK ARIMAX (0,0,1), Non JABODETABEK ARIMAX (1,0,2), dan SUMATERA ARIMAX (1,0,0). Sedangkan pada metode VARIMAX terbentuk satu model *multivariate* yaitu VARX (1,0,0).

Model terbaik yang terbentuk dari metode ARIMAX dan VARIMAX adalah sebagai berikut:

1. Berdasarkan analisis dengan metode ARIMAX untuk data jumlah penumpang kereta api menurut wilayah dengan efek lebaran sebagai variabel *exogen* diperoleh model yaitu :

- ARIMAX (0,0,1) →JABODETABEK
  $Zt = -1020.1440X_{1,t} + (1+0.54587B)\,\alpha_t$
- ARIMAX (1,0,2) → NON JABODETABEK

$$Zt = 272.0620X_{1,t} + \frac{(1+1.0487B)-(0.2147B2)}{(1-0.4293B)}\alpha_t$$

- ARIMAX (1,0,1) → SUMATERA

$$Zt = 24.5460X_{1,t} + \frac{(1+0.7256B)}{(1+0.1256B)}\alpha_t$$

Persamaan diatas menunjukkan bahwa prediksi jumlah penumpang kereta api di pengaruhi oleh jumlah penumpang kereta api pada periode sebelumnya dan efek variasi lebaran.

2. Model VARX (1,0,0) adalah model dengan kinerja terbaik untuk jumlah penumpang kereta api. Hal ini berarti jumlah penumpang kerata api memiliki kinerja yang lebih baik apabila dilakukan pemodelan secara bersama-sama dari masing-masing wilayah yaitu JABODETABEK, NON JABODETABEK, dan SUMATERA, dengan dipengaruhi efek variasi kalender yaitu lebaran dan juga dipengaruhi data

http://repository.unimus.ac.id

bulan sebelumnya. Model matematis VARX (1,0,0) adalah sebagai berikut :

$$\begin{pmatrix} dJabodetabek(t) \\ dNon\ Jabodetabek(t) \\ dSumatera(t) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1600.04 \\ 2029.81 \\ 46.04 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} -1514.28 \\ 676.21 \\ 76.02 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} dL\ Jabodetabek(t) \\ dL\ Non\ Jabodetabek(t) \\ dL\ Sumatera(t) \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 0.95 \\ 0.02 \\ 0.01 \end{pmatrix} (d\ Lebaran(t)) + \begin{pmatrix} -0.46 & 4.7831 \\ 0.54 & 0.56 \\ 0.02 & 0.33 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} dL\ Jabodetabek(t-1) \\ dL\ Non\ Jabodetabek(t-1) \\ dL\ Sumatera(t-1) \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} e1\ (t) \\ e2\ (t) \\ e3\ (t) \end{pmatrix}$$

Diagnostic Checking Setelah Penambahan Variabel *Exogenous*

Setelah dilakukan penambahan variabel *exogen* kemudian kita lakukan *diagnostic checking* kembali dengan uji *L-jung Box* yang bertujuan untuk menguji signifikansi residual setelah penambahan variabel *exogenous*.

Wilayah Kereta Api	p-value	Keterangan
JABODETABBEK	0.521	*White Noise**
NON JABODETABEK	0.523	*White Noise**
SUMATERA	0.6154	*White Noise**

Berdasarkan nilai *L-jung Box* diketahui bahwa nilai *p-value* pada ketiga wilayah lebih dari 0.05 yang berarti residual memenuhi asumsi *white noise* setelah dilakukan penambahan variabel *exogenouse*.

Identifikasi Model

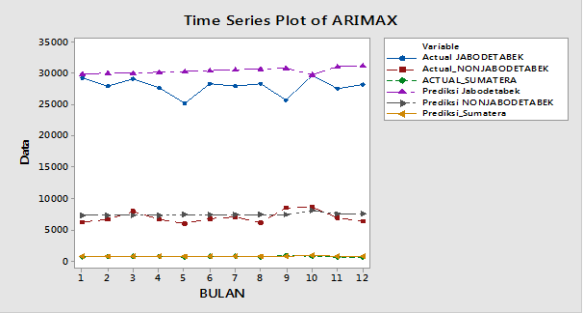
Setelah didapatkan model terbaik kemudian dilakukan identifikasi model atau melihat kebaikan model dengan menggunakan AIC.

METODE	Wilayah Kereta Api	AIC	RATA-RATA
ARIMAX	JABODETABBEK	2746.4	2385.5
	NON JABODETABEK	2590.4	
	SUMATERA	1819.7	
VARIMAX	JABODETABBEK	34.566	34.6
	NON JABODETABEK		
	SUMATERA		

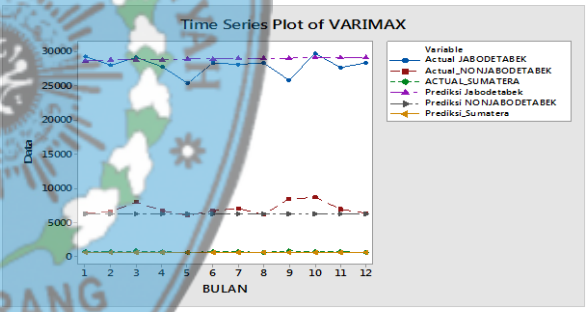
Dari hasil uji diketahui AIC VARIMAX lebih kecil daripada rata-rata AIC pada metode ARIMAX yaitu sebesar 34.56593. maka dapat dikatakan bahwa metode VARIMAX lebih baik dari pada metode ARIMAX untuk pemodelan jumlah Penumpang Kereta Api berdasarkan wilayah.

Peramalan Jumlah Penumpang Kereta Api

Selanjutnya adalah peramalan selama 12 bulan kedepan dengan menggunakan model ARIMAX dan VARIMAX yang terbentuk. Hasil peramalan terlihat pada plot dibawah ini:



Ramalan jumlah penumpang kereta api pada ARIMAX hampir sama dengan data actualnya yaitu terlihat meningkat setiap bulannya dengan peningkatan yang konstan. Terlihat bahwa data hasil peramalan hampir menyerupai data aslinya terutama pada wilayah SUMATERA dan NON JABODETABEK.



Pada VARIMAX hasil ramalan yang hampir menyerupai data *actual* yaitu pada wilayah SUMATERA, untuk wilayah NON JABODETABEK dan JABODETABEK hanya mendekati dengan data *actual*nya.

Perbadingan Hasil Ramalan

Hasil peramalan model ARIMAX dan VARIMAX kemudian dibandingkan untuk membuktikan apakah hasil model terbaik hasil peramalannya baik pula atau dapat terjadi sebaliknya. Perbandingan hasil menggunakan nilai MAPE seperti yang terlihat pada tabel dibawah ini:

http://repository.unimus.ac.id

Metode	Wilayah Kereta Api	MAPE	Rata-Rata
ARIMAX	JABODETABBEK	5.46	7.95
	NON JABODETABEK	10.32	
	SUMATERA	8.069143	
VARIMAX	JABODETABBEK	3.57	8.056626
	NON JABODETABEK	10.79	
	SUMATERA	9.80	

Nilai MAPE pada Tabel 12 tidak ada yang melebihi 20%. Hal ini berarti peramalan yang dihasilkan merupakan peramalan yang sudah baik, bahkan ada beberapa yang merupakan hasil peramalan sangat baik yaitu yang memiliki nilai MAPE < 10%. Pada peramalan nilai MAPE metode ARIMAX lebih kecil daripada metode VARIMAX hal ini berarti pada peramalan ARIMAX lebih baik dari pada VARIMAX sekaligus membuktikan bahwa model yang terbaik belum tentu peramalannya baik pula.

Kesimpulan dan Saran.

Kesimpulan

Berdasarkan hasil di atas maka dapat disimpulkan bahwa :

1. Berdasarkan analisis dengan metode ARIMAX untuk data jumlah penumpang kereta api menurut wilayah dengan efek lebaran sebagai variabel *exogen* diperoleh model yaitu :

- ARIMAX (0,0,1) →JABODETABEK
  $Zt = -1020.1440X_{1,t} + (1+0.54587B)\,\alpha_t$
- ARIMAX (1,0,2) → NON JABODETABEK

$$Zt = 272.0620X_{1,t} + \frac{(1+1.0487B)-(0.2147B2)}{(1-0.4293B)}\,\alpha_t$$

- ARIMAX (1,0,1) → SUMATERA

$$Zt = 24.5460X_{1,t} + \frac{(1+0.7256B)}{(1+0.1256B)}\,\alpha_t$$

Persamaan diatas menunjukkan bahwa prediksi jumlah penumpang kereta api di pengaruhi oleh jumlah penumpang kereta api pada periode sebelumnya dan efek variasi lebaran.

- Model VARX (1,0,0) adalah model dengan kinerja terbaik untuk jumlah penumpang kereta api. Hal ini berarti jumlah penumpang kerata api memiliki kinerja yang lebih baik apabila dilakukan pemodelan secara bersama-sama dari masing-masing wilayah yaitu JABODETABEK, NON JABODETABEK, dan SUMATERA, dengan dipengaruhi efek variasi kalender yaitu lebaran dan juga dipengaruhi data bulan sebelumnya. Model matematis VARX (1,0,0) adalah sebagai berikut :

$$\begin{pmatrix} dJabodetabek(t) \\ dNon\ Jabodetabek(t) \\ dSumatera(t) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1600.04 \\ 2029.81 \\ 46.04 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} -1514.28 \\ 676.21 \\ 76.02 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} dL\ Jabodetabek(t) \\ dL\ Non\ Jabodetabek(t) \\ dL\ Sumatera(t) \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 0.95 \\ 0.02 \\ 0.01 \end{pmatrix} (d\ Lebaran(t)) + \begin{pmatrix} -0.46 & 4.7831 \\ 0.54 & 0.56 \\ 0.02 & 0.33 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} dL\ Jabodetabek(t-1) \\ dL\ Non\ Jabodetabek(t-1) \\ dL\ Sumatera(t-1) \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} e1\,(t) \\ e2\,(t) \\ e3\,(t) \end{pmatrix}$$

2. perbandingan model pada metode ARIMAX dan VARIMAX didapat nilai AIC pada metode VARIMAX lebih kecil dari pada metode ARIMAX yaitsebesar 34.56593 < 2385.503333. maka dapat disimpulkan bahwa dalam pemodelan jumlah penumpang kereta api menurut wilayah metode VARIMAX lebih baik daripada metode ARIMAX.
3. perbandingan hasil peramalan menggunakan metode ARIMAX lebih baik dari pada metode VARIMAX dikarenakan nilai MAPE pada metode ARIMAX lebih kecil dibandingkan nilai MAPE pada metode VARIMAX yaitu sebesar 7.950093 < 8.056626 sehingga dapat disimpulkan bahwa metode ARIMAX lebih akurat dalam peramalan.

Saran

Berdasarkan hasil penelitian ini, maka penulis memberikan saran dan bahan pertimbangan untuk penelitian yang akan dilakukan selanjutnya yaitu :

1. Adanya pengembangan lebih lanjut dengan membandingkan lebih banyak metode seperti SARIMAX, ARIMAX, dan VARIMAX sehingga hasil yang di dapatkan lebih konsisten.
2. Adanya penelitian lebih lanjut terhadap hasil bahwa pemodelan yang terbaik belum tentu mendapatkan hasil peramalan yang terbaik pula.

Daftar Pustaka

Andayani, N. Sumertajaya, I,M. Ruchjana, B,N.& Aidi, M,N. (2016) *Comparison ARIMA-X and VARMA-X Model to Space Time Data : A Case Study of Rice*

http://repository.unimus.ac.id

Price in Six Provinces on Java Island. 55(3):1-10

Azizah, N. (2017). Penerapan Metode *Autoregressive Integreted Moving Average With Exogenous Variables* (ARIMAX) Berdasarkan Variasi Kalender Hijriyah Pada Peramalan Penjualan Busana Muslim. [Tugas Akhir]. Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Badan Pusat Statistik. 2019. *Data Jumlah Penumpang Kereta Api Tahun 2006-2019*. www.bps.go.id

Dewi, L,F. (2018). *Peramalan Jumlah Penumpang Kereta Api Menggunakan Metode Moving Average dan Holt Winter*.1(2654-776):375-379

Hapsari, R., et al. (2017). Pengembangan Ramalan Interval Pada Model GSTARX Untuk Peramalan Index Harga Konsumen Kelompok Bahan Makanan. [Tesis]. Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Harahap, M. R. P., & Suharsono, A. (2014). *Analisis Peramalan Penjualan Sepeda Motor Di Kabupaten Ngawi Dengan Arima Dan Arimax*. *Jurnal Sains Dan Seni POMITS*, *3*(2), 122–127.

Hari, P., & Idul, R. (2019). *Model arimax untuk meramalkan banyak penumpang dari pelayaran dalam negeri di pelabuhan tanjung priok*. *5*(2), 6–15.

Ikbal, M. (2019).Perbandingan Model Vector Autoregresive Integreted Moving Average dengan Generalized Space Time Autoregressive Integreted Moving Average Untuk Peramalan Volume Pemakaian Air Bersih. [Skripsi].Surabaya(ID): Universitas Airlangga

Indah, R., Pratama, H., Retno, D., & Saputro, S. (2018). *KNPMP III 2018 ISSN : 2502-6526 Model Runtun Waktu Vector Autoregressive Moving Average With Exogenous Variable ISSN : 2502-6526 Book of KNPMP III 2018*. 490–497.

Lee, M. H., Suhartono, & Hamzah, N. A. (2010). Calender Variation Model Based on ARIMAX for Forecasting Sales Data with Ramadhan Effect. *Proceedings of The Regional Conference on Statistical Sciences 2010 (RCSS'10), Malaysia Institute of Statistics, Faculty of Computer and Mathematical Sciences, Universiti Teknologi MARA (UiTM), Malaysia*, hal. 349-361.

Lusia, D,A.& Ambarwati, A. (2018). *Perbandingan Peramalan Univariat dan Multivariat ARIMA Pada Indeks Harga Saham Gabungan*. 6(2):1-7

Maulidiyanto, A. Hendrantoro, G.et all. (2009*). Pemodelan Varima Dengan Efek Deteksi Outlier Terhadap Data Curah Hujan.*

Muthahharah, I.,. (2015). Pemodelan Harga Saham Negara Asean Menggunakan VARMA dan VARMAX.[Tesis]. Surabaya(ID): Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Mossad, Amr dan Alazba, A. A. 2015. Drought Forecasting Using Stochastic Models in a Hyper-Arid Climate. Atmosphere ISSN 2073 - 4433

Noer, Y,S. Darmawan, G.& Pontoh, R, S. (2016). *Peramalan Jumlah Penumpang Kereta Api Fajar Utama Yogya Jurusan Yogyakarta - Pasar Senen Menggunakan Variasi Kalender ARIMAX (Studi Kasus di Kantor Pusat PT. Kereta Api Indonesia)*. 118-121

Pradini, D, Y.& Rahardjo, S.,. (2013). *Peramalan Nilai Ekspor dan Impor Indonesia ke Jepang Menggunakan Model Varima*.

Putri, A, M, F. (2018). Kajian perbandingan arima, arimax, dan sarima berdasarkan data simulasi.*[Disertsi].Bogor(ID): Institut Pertanian Bogor*

Rochiyah, I.,.(2019).Kajian Model Peramalan Kunjungan Wisatawan Mancanegara dan Kedatangan Penumpang Internasional Tanpa dan Dengan Kovariat .[Tesis]. Bogor(ID): Institut Pertanian Bogor.

Umiyatun.(2017). Transportasi Sebagai Pendukung Sasaran Pembangunan Nasional,fromhttp://dephub.go.id/post/read/transportasi-sebagai-pendukung-sasaran-pembangunan-nasional

http://repository.unimus.ac.id

Wei, W.W.S. (2006). Time Series Analysis Univariate and Multivariate Methods Second Edition. Pearson Education Inc., Canada.

http://repository.unimus.ac.id