RAGAM: Journal of Statistics and Its Application
Volume 03 Nomor 01, Juni 2024
Journal Homepage: https://ppjp.ulm.ac.id/journals/index.php/ragam

PERAMALAN JUMLAH PENUMPANG *BUS RAPID TRANSIT* (BRT) BANJARBAKULA DENGAN METODE *AUTOREGRESSIVE INTEGRATED MOVING AVERAGE WITH EXOGENOUS VARIABLE* (ARIMAX) DENGAN EFEK VARIASI KALENDER

Eka Ayu Frasetyowati [1*], Nur Salam [2], Yeni Rahkmawati[3]
[1,2,3]Program Studi Statistika Fakultas MIPA Universitas Lambung Mangkurat

e-mail: frasetyowatie@gmail.com

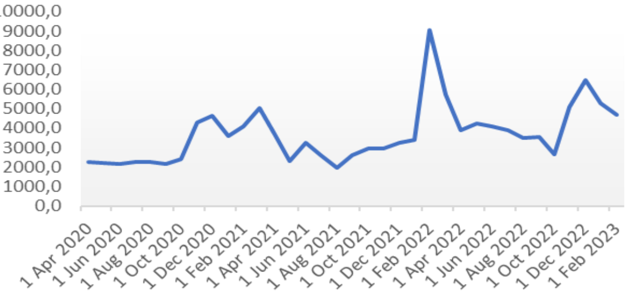
Abstract
Banjarbakula Bus Rapid Transit (BRT) is an inner-city bus-based mass transit system that provides a sense of comfort, safety, speed in mobility, and low cost in serving the citizens of Banjarmasin City and Banjarbaru City. Based on data on the number of passengers on the Banjarbakula BRT for the period April 2020 - February 2023, public interest in using the Banjarbakula BRT as a mode of transportation is quite high. However, the limited units and operational schedules make the Banjarbakula BRT unable to fully meet the needs of the public. Forecasting the number of passengers of BRT Banjarbakula for the next 12 periods is one of the measures to prepare the infrastructure, quality and units of BRT Banjarbakula in order to facilitate the public and create a better transportation system. In the Banjarbakula BRT passenger data, there is an increase in the number of passengers at certain times such as during religious holidays and school holidays, so this increase in passenger numbers is thought to be due to the influence of the calendar variation effect. This research intends to forecast the number of passengers of BRT Banjarbakula using the best ARIMAX model with the effect of calendar variation. The results indicate that the ARIMAX (0, 1, 1) model is the best ARIMAX model to forecast the number of passengers of BRT Banjarbakula for the next 12 periods. The forecast results indicate an increase in the month where the Christmas celebration and also the memorial haul guru sekumpul, so that the variable Christmas celebration and memorial haul guru sekumpul significantly affect the number of passengers of BRT Banjarbakula.

Keywords: *Forecasting, BRT Banjarbakula, ARIMAX with calendar variation effects*

1. PENDAHULUAN

Penyediaan *Bus Rapid Transit* (BRT) oleh Departemen Perhubungan merupakan salah satu upaya pemerintah pusat untuk memenuhi kebutuhan alat transportasi umum kepada masyarakat. Menurut Wright (2003) *Bus Rapid Transit* adalah bus berkualitas tinggi yang menawarkan kenyamanan, kecepatan, dan harga yang terjangkau. BRT saat ini sudah diterapkan di Kota Banjarbaru dan Kota Banjarmasin. Gambar 1 menunjukkan minat masyarakat yang tinggi dalam penggunaan BRT Banjarbakula sebagai moda transportasi, ketersediaan unit dan jadwal operasional yang terbatas, kendala ini membuat BRT Banjarbakula belum dapat memenuhi kebutuhan masyarakat secara penuh.

Pada Gambar 1, pola data menunjukkan tidak ada *trend* atau musiman, sehingga metode yang sesuai untuk digunakan adalah metode ARIMA. Metode ARIMA hanya menggunakan variabel terikat untuk analisisnya dan prediksinya, sehingga tidak memanfaatkan informasi dari variabel bebas yang mungkin mempengaruhi variabel terikat tersebut (Hagen, 2006). Metode ARIMA kemudian dikembangkan menjadi metode ARIMAX, dimana metode ARIMAX memanfaatkan informasi dari variabel *exogenous* yang memiliki pengaruh terhadap variabel terikatnya dalam analisisnya, dengan ini analisis yang dilakukan dapat lebih akurat.



Gambar 1 Data Jumlah Penumpang BRT Banjarbakula Periode April 2020 - Februari 2023

Pada Gambar 1, menunjukkan terdapat peningkatan maupun penurunan penumpang di saat hari kebesaran agama dan hari libur sekolah, adanya variasi efek kalender ini diperkirakan mempengaruhi peningkatan dan penurunan pada jumlah penumpang BRT Banjarbakula. Sehingga metode *Autoregressive Integrated Moving Average with Exogenous Variable* (ARIMAX) variasi efek kalender sesuai untuk meramalkan data jumlah penumpang BRT Banjarbakula. Untuk meramalkan jumlah penumpang BRT Banjarbakula pada periode selanjutnya digunakan model ARIMAX terbaik.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. *Bus Rapid Transit* (BRT)

Bus Rapid Transit merupakan moda transportasi dengan sistem transit yang cepat, pelayanan, memiliki halte, kendaraan, jalan dan elemen ITS (*Intelligent Transportation System*) dalam satu sistem yang terintegrasi dengan identitas yang kuat (Levinson, 2003).

2.2. Variasi Efek Kalender

Data deret waktu dapat dipengaruhi oleh efek variasi kalender, karena banyak kegiatan ekonomi yang bergantung pada jumlah hari tiap bulannya, jumlah hari yang berbeda-beda tiap bulan dan tahun, memungkinkan pengaruh ini.

2.3. Hari Kebesaran Agama

Hari kebesaran agama adalah momen khusus yang menandai peringatan atau perayaan peristiwa penting sesuai ritual keagamaan.

2.4. Hari Libur Sekolah

Waktu libur sekolah merupakan waktu di mana siswa-siswi sekolah dasar hingga sekolah menengah atas tidak melakukan kegiatan pembelajaran.

2.5. Variabel *Dummy*

Variabel *dummy* diberi simbol D, hanya memiliki dua nilai yaitu 1 dan 0. Dimana nilai 1 (D=1) untuk salah satu kategori dan 0 (D=0) untuk kategori yang lain.

2.6. Analisis Regresi dengan Variabel *Dummy*

Analisis regresi dengan variabel *dummy* menggunakan konsep dan perhitungan yang sama dengan analisis regresi linier berganda, pada analisis regresi linier berganda variabel bebas umumnya merupakan data numerik sedangkan pada analisis regresi dengan variabel *dummy*, variabel bebasnya merupakan data kategorik. Persamaan model regresi dengan variabel *dummy* ditulis sebagai berikut (Allen, 1997):

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 D_{1,i} + \beta_2 D_{2,i} + \cdots + \beta_p D_{p,i} + a_i \tag{1}$$

Pada analisis regresi linier berganda untuk mengestimasi parameter digunakan metode *Ordinary Least Square* (OLS). Estimator parameter β dengan metode *Ordinary Least Square*:

$$\hat{\boldsymbol{\beta}} = (\boldsymbol{X}'\boldsymbol{X})^{-1}\boldsymbol{X}'\boldsymbol{Y} \tag{2}$$

1. Uji Signifikansi

a. Uji Serentak

Uji F digunakan sebagai metode pengujian untuk uji serentak. Uji serentak digunakan untuk mengetahui apakah seluruh variabel bebas secara bersama- sama mempengaruhi variabel terikat (Prasanti, et al., 2015).

Hipotesis uji F:
$H_0: \beta_1 = \beta_2 = \cdots = \beta_i = 0$ (tidak signifikan)
H_1: minimal ada satu $\beta_i \neq 0, \mathrm{j} = 1, 2, \ldots \mathrm{p}$ (signifikan)
Statistik uji F adalah:

$$F = \frac{KT_{regresi}}{KT_{sisaan}} \tag{3}$$

Kriteria pengambilan keputusan:

H_0 ditolak jika nilai $F > f_{tabel}$ dengaan $\mathrm{df}_1 = \mathrm{k}$ dan dengaan $\mathrm{df}_2 = (\mathrm{n} - \mathrm{k} - 1)$ atau nilai p-value< $\alpha = 0{,}05$. Sehingga dapat dikatakan jika variabel bebas signifikan mempengaruhi variabel terikat secara serentak.

b. Uji Parsial

Uji T digunakan sebagai metode pengujian untuk uji parsial. Uji parsial digunakan untuk menguji pengaruh masing-masing variabel bebas terhadap variabel terikat secara parsial (Ghozali, 2018).

Hipotesis uji t:
$H_0: \beta_i = 0$ (tidak signifikan)
$H_1: \beta_i \neq 0$ (signifikan)
Statsitik uji t (Gujarati, 2006):

$$|t| = \left|\frac{\hat{\beta}_i}{SE(\hat{\beta}_i)}\right| \tag{4}$$

Kriteria pengambilan keputusan:

H_0 ditolak jika nilai $|t| > t_{tabel}$ atau nilai p-value< $\alpha = 0{,}05$. Sehingga dapat dikatakan jika variabel bebas signifikan mempengaruhi variabel terikat.

2.7. Metode Stepwise

Metode *stepwise* merupakan gabungan dari metode *forward* dan *backward*, di mana variabel yang pertama kali masuk dalam model adalah variabel yang memiliki korelasi tertinggi dan signifikan terhadap variabel terikat.

2.8. Analisis Deret Waktu

Analisis pada data deret waktu merupakan suatu proses untuk memahami suatu data deret waktu dan membuat nilai peramalan berdasarkan pada pola data. Rangkaian pengamatan yang dikumpulkan secara runtun dalam satu waktu dan interval waktu yang tetap disebut deret waktu.

2.9. Stasioneritas Data

Data dapat dikatakan stasioner apabila fluktuasi data berada di sekitar nilai rata-rata dan ragam yang konstan. Kestasioneran data yang tidak terpenuhi akan mengakibatkan kurang baiknya model yang diestimasi (Box, et al., 1994). Untuk mengecek kestasioneritasan dalam rata-rata digunakan uji Augmented Dickey Fuller.

1. Uji Augmented Dickey Fuller

Persamaan uji *Augmented Dickey-Fuller* (Gujarati, 2006):

$$\Delta Y_t = \beta_0 + \delta Y_{t-1} + \sum_{i=1}^{p} \beta_i \Delta Y_{t-i} + \varepsilon_t \tag{5}$$

Hipotesis uji ADF:

H_0: data tidak stasioner ($\delta = 0$)

H_1: data stasioner ($\delta \neq 0$)

Statistik uji:

$$ADF = \frac{\hat{\delta}}{SE(\hat{\delta})} \tag{6}$$

Kriteria pengambilan keputusan:

H_0 ditolak jika nilai p-value lebih kecil dari taraf nyata alpha ($\alpha = 0.05$). Jika H_0 ditolak maka data sudah stasioner. Apabila data tidak stasioner maka akan dilakukan proses *differencing*.

2. *Differencing*

Differencing pada ordo tertentu dapat dilakukan jika data tidak stasioner dalam rata-rata, caranya adalah dengan mengurangi nilai pada pengamatan waktu ke-t dengan nilai pada pengamatan waktu sebelumnya yang berguna untuk membentuk data baru dengan hasil yang stasioner (Wei, 2006). Persamaan *differencing*:

$$Y_t^d = (1 - B)^d Y_t \tag{7}$$

Dengan

$$B^m Y_t = Y_{t-m} \tag{8}$$

2.10. *Autoregressive Integrated Moving Average* (ARIMA)

Data deret waktu dikatakan mengikuti model ARIMA jika dilakukan penanganan dengan pembedaan (*differencing*) orde ke-d apabila data tidak stasioner dalam rataan. Gabungan antara model AR(p) dan model MA(q) disebut dengan model Autoregressive Moving Average (ARMA). Data deret waktu stasioner Y_t dikatakan mengikuti model ARMA (p, q) apabila:

$$Y_t = \phi_1 Y_{t-1} + \phi_2 Y_{t-2} + \cdots + \phi_p Y_{t-p} + \varepsilon_t - \theta_1 \varepsilon_{t-1} - \cdots - \theta_q \varepsilon_{t-q} \tag{9}$$

Atau

$$\phi_p(B) Y_t = \theta_q(B) \varepsilon_t \tag{10}$$

Persamaan dari ARIMA(p,d,q) yang merupakan gabungan dari AR, MA, dan ARMA, $(1-B)^d$ merupakan operator differencing orde d. Bentuk umum model ARIMA (p, d, q) adalah (Cryer & Chan, 2008):

$$\phi_p(B)(1-B)^d Y_t = \theta_q(B) \varepsilon_t \tag{11}$$

1. Identifikasi Model ARIMA

Plot ACF dan PACF yang telah dibentuk digunakan untuk menentukan model ARIMA, plot ACF digunakan untuk memperkirakan bagian-MA, yaitu nilai-q dan plot PACF digunakan untuk memperkirakan bagian-AR, yaitu nilai-p.

2.11. *Autoregressive Integrated Moving Averag Exogenous* (*ARIMAX*)

Model ARIMAX adalah modifikasi dari model dasar ARIMA dengan tambahan beberapa variabel yang diduga memiliki pengaruh signifikan terhadap data, hal ini dilakukan untuk menambah akurasi peramalan dalam suatu penelitian (Cryer & Chan, 2008). Efek variasi kalender merupakan salah satu variabel penjelas yang seringkali digunakan dalam pemodelan ARIMAX. Bentuk umum model ARIMAX (Makridakis S., 1983):

$$Y_t = \beta_0 + \beta_1 X_{1,t} + \beta_2 X_{2,t} + \cdots + \beta_k X_{k,t} + a_i \tag{12}$$

Dimana

$$a_i = \frac{\theta_q(B)\varepsilon_t}{\phi_p(B)(1-B)^d} \tag{13}$$

Model ARIMAX dengan efek variasi kalender:

$$Y_t = \beta_0 + \beta_1 D_{1,t} + \cdots + \beta_k D_{k,t} + a_i \tag{14}$$

Atau

$$Y_t = \beta_0 + \beta_1 D_{1,t} + \beta_2 D_{2,t} + \cdots + \beta_k D_{k,t} + \frac{\theta_q(B)\varepsilon_t}{\phi_p(B)(1-B)^d} \tag{15}$$

Pada metode ARIMAX dengan efek variasi kalender, estimasi parameter digunakan metode maksimum *likelihood,* Dimana metode ini memaksimumkan fungsi *likelihood* untuk memperoleh menduga parameter dengan kemungkinan maksimum. Pada model ARIMAX parameter yang akan diduga ialah parameter θ dan ϕ. Misalkan

$X_1, X_2, \dots, X_n$ merupakan sampel acak dari populasi dengan densitas $f(x, \theta)$ di mana $\boldsymbol{\theta}(\theta_1, \theta_2, \dots, \theta_k)$ merupakan parameter tak diketahui, maka fungsi maksimum *likelihood*:

$$f(X_1, \dots, X_n|\theta) = \max_{\theta \in \Omega} f(X_1, \dots, X_n; \theta) \quad (16)$$

2.12. Uji Diagnostik Model

Dalam uji diagnostik sisaan harus memenuhi asumsi white noise, untuk melihat sisaan sudah berdistribusi normal akan dilakukan uji kenormalan sisaan dengan uji Kolmogorov-Smirnov, sedangkan untuk melihat apakah terdapat autokorelasi pada sisaan akan dilakukan uji autokorelasi sisaan dengan uji Ljung-Box.

1. Uji Kenormalan Sisaan

Uji normalitas sisaan digunakan untuk mengetahui data sisaan yang akan dianalisis berdistribusi normal atau tidak.

Hipotesis uji:

$\mathrm{H_0}: \mathrm{F}(\beta_t) = \mathrm{F_0}(\beta_t)$ (sisaan berdistribusi normal)

$\mathrm{H_1}: \mathrm{F}(\beta_t) \neq \mathrm{F_0}(\beta_t)$ (sisaan tidak berdistribusi normal)

Statsitik uji:

$$KS = Sup|\mathrm{F}(\beta_t) - \mathrm{F_0}(\beta_t)| \quad (17)$$

Kriteria pengambilan keputusan

$\mathrm{H_0}$ ditolak jika nilai $KS > KS_{1-\alpha;n}$ atau nilai $p - value < \alpha = 0{,}05$ atau gagal tolak $\mathrm{H_0}$ jika nilai $p - value > \alpha = 0{,}05$ yang artinya sisaan berdistribusi normal.

2. Uji Autokorelasi Sisaan

Jika nilai autokorelasi sisaan nol maka sisaan bersifat *White Noise*, sehingga model dapat digunakan untuk peramalan.

Hipotesis uji Ljung-Box:

$\mathrm{H_0}$: tidak terdapat autokorelasi pada sisaan

$\mathrm{H_1}$: terdapat autokorelasi pada sisaan

Statistik uji:

$$Q_k = n(n+2)\sum_{k=1}^{m}\frac{(\hat{p}_k{}^2)}{(n-k)} \quad (18)$$

Kriteria pengambilan keputusan:

$\mathrm{H_0}$ ditolak jika nilai $Q > X^2_{1-\alpha;k-p-q}$ atau nilai $p - value < \alpha = 0{,}05$ atau gagal tolak $\mathrm{H_0}$ jika nilai $p - value > \alpha = 0{,}05$ yang artinya tidak terdapat autokorelasi pada sisaan.

2.13. Pemilihan model terbaik

Metode paling baik yang digunakan untuk mengecek kesalahan peramalan untuk metode ARIMA adalah metode *Bayesian Information Criterion* (BIC) (Rahkmawati, et al., 2019). Persamaan BIC (Rahkmawati, et al., 2019):

$$\mathrm{BIC} = -2\ln(\mathcal{L}) + \mathrm{k}\ln(\mathrm{n}) \tag{19}$$

3. METODE PENELITIAN

Prosedur pembentukan dan analisis model ARIMAX adalah sebagai berikut:

1. Melakukan analisis statistika deskriptif.
2. Menentukan variabel *dummy* efek variasi kalender yaitu Libur Hari Besar Keagamaan dan Hari Libur berdasarkan plot data deret waktu.
3. Pembentukan model regresi dengan variabel *dummy*.
4. Melakukan uji signifikansi parameter model regresi menggunakan uji t dan uji F.
5. Melakukan pemilihan variabel bebas yang dapat dimasukkan ke dalam model menggunakan metode *stepwise*.
6. Melakukan tahap 4 pada model regresi baru yang terbentuk pada tahap 5.
7. Melakukan uji *white noise*, dengan uji autokorelasi sisaan dengan metode *Ljung-Box* dan uji kenormalan sisaan dengan metode *Kolmogorov Smirnov* pada sisaan model regresi dengan variabel *dummy*. Jika belum memenuhi asumsi maka akan dilakukan tahap 8 dan jika memenuhi asumsi maka analisis cukup sampai regresi dengan variabel *dummy*.
8. Pemodelan ARIMA pada sisaan regresi dengan variabel *dummy*, sebagai berikut:
   a. Melakukan uji kestasioneran sisaan, jika tidak stasioner maka dilakukan *differencing*.
   b. Mengidentifikasi model ARIMA dengan sisaan menggunakan plot ACF dan PACF.
9. Setelah mendapatkan model terbaik ARIMA dengan sisaan, dilanjutkan dengan metode ARIMAX. Pemodelan metode ARIMAX dengan efek variasi kalender sebagai berikut:
   a. Menggunakan ordo model ARIMA dengan sisaan sebagai model ARIMAX tentatif.
   b. Melakukan *overfitting* pada model ARIMAX tentatif.
   c. Melakukan estimasi dan uji signifikansi parameter pada model ARIMAX.
   d. Melakukan uji *white noise*, untuk uji autokorelasi sisaan dengan metode *Ljung-Box* dan uji kenormalan sisaan dengan metode *Kolmogorov Smirnov* pada model ARIMAX.
   e. Melakukan pemilihan model ARIMAX terbaik dengan metode BIC
10. Peramalan menggunakan model ARIMAX terbaik.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Persamaan Matematika

Pada Tabel 1, rata-rata masyarakat yang menggunakan layanan transportasi BRT Banjarbakula tiap bulannya sebanyak 3667,885 atau 3668 penumpang. Di mana bulan Februari 2022 merupakan jumlah penumpang tertinggi sebesar 9076 dan bulan Agustus 2021 merupakan jumlah penumpang terkecil sebesar 1941 penumpang, dengan simpangan baku sebesar 1456,699. Nilai simpangan baku yang besar pada data jumlah penumpang BRT Banjarbakula menunjukkan bahwa jumlah penumpang BRT Banjarbakula cukup beragam.

Tabel 1 Hasil Analisis Statistika Deskriptif

Analisis Statistika Deskriptif		
Maksimum	9076	Februari 2022
Minimum	1941	Agustus 2021
Rata-rata	3667,885	
Standar deviasi	1456,699	

4.2. Variabel Dummy Efek Kalender

Simbol	Nama Variabel	Keterangan	Tipe data
Y_t	Jumlah Penumpang BRT Banjarbakula	Jumlah Penumpang BRT Banjarbakula	Data Kuantitatif
$D_{1,t}$	Hari Raya Idul Fitri	1 saat Hari Raya Idul Fitri dan 0 untuk bulan lainnya	Data Kualitatif
$D_{2,t}$	Hari Raya Idul Adha	1 saat Hari Raya Idul Adha dan 0 untuk bulan lainnya	
$D_{3,t}$	Perayaan Natal	1 saat perayaan Natal dan 0 untuk bulan lainnya	
$D_{4,t}$	Perayaan Maulid Nabi Muhammad SAW	1 saat Maulid Nabi Muhammad SAW dan 0 untuk bulan lainnya	
$D_{5,t}$	Perayaan Haul Guru Sekumpul	1 saat Haul Guru Sekumpul dan 0 untuk bulan lainnya	
$D_{6,t}$	Libur Sekokah	1 saat Libur tengah semester dan akhir semester dan 0 untuk bulan lainnya	

4.3. Analisis Regresi dengan Variabel Dummy

1. Estimasi Parameter

Pada tahap ini akan dilakukan perhitungan estimasi parameter melalui persamaan (2) dengan metode *Ordinary Least Square* (OLS), tahapan analisis akan dilanjutkan dengan menguji signifikansi model regresi dengan variabel *dummy*.

2. Uji Signifikansi

a. Uji Serentak

Tabel 2 Hasil Uji Serentak

Variabel	F hitung	p-*value*
$D_1, D_2, D_3, D_4, D_5, D_6$	4.171	0.00406

Dari p-*value* pada uji serentak, diperoleh p-*value* D_1, D_2, D_3, D_4, D_5, D_6 sebesar 0.00406, di mana nilai p-value < $\alpha = 0{,}05$. Sehingga H_0 ditolak atau dapat diambil kesimpulan bahwa minimal ada satu variabel bebas yang secara signifikan mempengaruhi variabel terikat.

b. Uji Parsial

Tabel 3 Hasil Uji Parsial

Variabel	Estimasi	T hitung	p-*value*	Hasil Uji Signifikansi ($\alpha = 5\%$)
Intercept	3571.8	11.847	2.02e-12	
D1	-654.8	-0.873	0.3903	Tidak Signifikan
D2	-189.1	-0.222	0.8257	Tidak Signifikan
D3	1675.3	1.969	0.0589	Tidak Signifikan
D4	-912.8	-1.216	0.2340	Tidak Signifikan
D5	3046.5	4.125	0.0003	**Signifikan**
D6	-461.1	-0.814	0.4225	Tidak Signifikan

Dilihat dari p-*value*, variabel D_5 dengan p-*value* sebesar 0,0003 di mana nilai p-*value* D_5 < $\alpha = 0{,}05$. Sehingga H_0 dapat ditolak atau dapat disimpulkan jika D_5 signifikan secara parsial. Sedangkan variabel D_1, D_2, D_3, D_4, dan D_6 tidak signifikan dengan p-*value* masing-masing sebesar 0.3903, 0.8257, 0.0589, 0.2340, dan 0.4225 dimana p-*value* ke-5 variabel > $\alpha = 0{,}05$. Sehingga gagal tolak H_0 atau dapat disimpulkan jika variabel D_1, D_2, D_3, D_4 dan D_6 tidak signifikan secara parsial.

3. Nilai R-Square

Tabel 4 Nilai R-Square

Adjusted R-Square
0.3588

Model regresi dengan variabel *dummy* pertama memiliki nilai R-Square sebesar 35,88%, hal ini menunjukkan jika variabel *dummy* mempengaruhi variabel terikat sebesar 35,88% sedangkan sisanya dipengaruhi oleh variabel di luar model atau variabel yang tidak diteliti.

4. Metode Stepwise

Setelah dilakukan uji parsial pada tiap variabel *dummy*, hanya satu variabel yang signifikan, untuk mencari variabel *dummy* lain yang dapat dimasukkan kedalam model maka digunakan metode stepwise.

Tabel 5 Hasil Metode Stepwise

Stepwise Selection Summary						
Step	Variabel	Added/removed	R-Square	Adj. R-Square	C(p)	AIC
1	D3	addition	0.055	0.026	1.2950	613.6444

Dari hasil uji dengan metode stepwise pada Tabel 5, diperoleh dua variabel yang dapat dimasukkan kedalam model, yaitu variabel D_3 dan D_5, sehingga akan dilakukan pemodelan ulang pada model regresi.

5. Model Terbaik Regresi dengan Variabel Dummy

a. Uji Serentak

Tabel 6 Hasil Uji Serentak

Variabel	F hitung	p-*value*
D3 dan D5	11.85	0.0001408

Dilihat dari p-*value*, variabel D_3 dan D_5 memiliki p-*value* sebesar 0.0001408, di mana p-*value* < $\alpha = 0{,}05$. Sehingga H_0 ditolak atau dapat diambil kesimpulan bahwa minimal ada satu variabel bebas yang secara signifikan mempengaruhi variabel terikat.

b. Uji Parsial

Tabel 7 Hasil Uji Parsial

Variabel	Estimasi	T hitung	p-value
Intercept	3262.9	15.128	3.91e-16
D3	1523.1	2.162	0.0382
D5	3201.8	4.545	7.41e-05

Dilihat dari p-*value* variabel D_3 dan D_5 memiliki nilai masing-masing sebesar 0.0382 dan 7.41e-05, di mana kedua p-value < $\alpha = 0{,}05$. Sehingga H_0 ditolak atau dapat disimpulkan jika variabel bebas D_3 dan D_5 secara signifikan mempengaruhi variabel terikat.

c. Nilai R-Square

Tabel 8 Nilai R-Square Model Terbaik

Adjusted R-Square
0.3896

Nilai R-square pada model regresi kedua sebesar 38,96%. Nilai ini lebih besar dari model pertama, sehingga dapat dikatakan jika variabel pada model kedua memiliki pengaruh yang lebih baik daripada variabel pada model pertama.

d. Model Terbaik Regresi dengan Variabel Dummy

Setelah melalui tahapan analisis untuk mendapatkan model terbaik regresi dengan variabel *dummy*, diperoleh model terbaik regresi dengan variabel *dummy* sebagai berikut:

$$y_t = 3262{,}9 + 1523{,}1D_{3,t} + 3201{,}8D_{5,t} + a_i \qquad (20)$$

Sisaan dari model regresi akan digunakan untuk analisis ARIMAX, model ARIMAX terbaik akan digunakan untuk peramalan data jumlah penumpang BRT Banjarbakula.

4.4. Uji Diagnostik Model

1. Uji Kenormalan Sisaan

Tabel 9 Hasil Uji Kolmogorov Smirnov

D	**p-*value***
0.13349	0.5179

Nilai p-*value* sebesar 0.5179 dimana p-*value* $> \alpha = 0{,}05$ sehingga gagal tolak H_0 atau sisaan model pada persamaan (20) berdistribusi secara normal.

2. Uji Autokorelasi Sisaan

Tabel 10 Hasil Uji L-Jung Box

x-squared	**df**	**p-*value***
4.2523	1	0.0392

Nilai p-*value* sebesar 0.0392 dimana p-*value* $< \alpha = 0{,}05$ sehingga tolak H_0 atau terdapat autokorelasi pada sisaan model pada persamaan (20). Untuk mengatasi autokorelasi yang terdapat pada sisaan model pada persamaan (20), maka akan dilakukan analisis dengan metode ARIMAX.

4.5. *Autoregressive Integrated Moving Average* (ARIMA)

1. Stasioneritas Data

Tabel 11 Hasil Uji ADF

Dickey Fuller	**Lag order**	**p-*value***
-2.5769	3	0.3491

Hasil p-value uji ADF pertama, diperoleh p-*value* sebesar 0.3491 yang nilainya lebih besar dari $\alpha = 0.05$ sehingga sisaan model pada persamaan (20) belum stasioner dalam rata-rata, untuk mengatasi hal ini akan dilakukan *differencing* pada sisaan model persamaan (20).

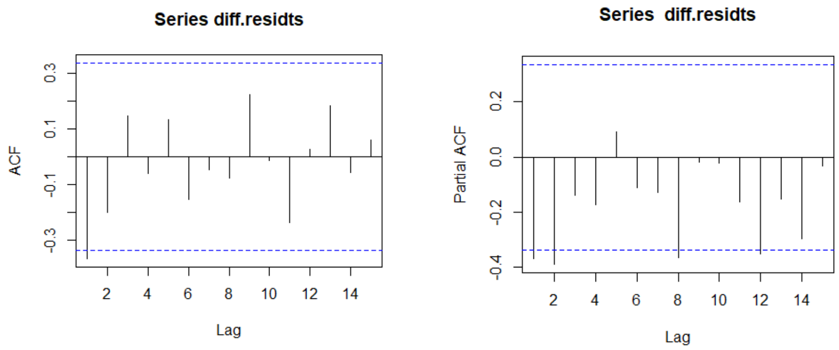
Tabel 12 Hasil Uji Augmented Dickey Fuller Differencing Satu Kali

Dickey Fuller	**Lag order**	**p-*value***
-3.8236	3	0.03087

Hasil p-*value* uji ADF kedua pada sisaan yang telah di *differencing* sebanyak satu kali, diperloleh p-*value* uji ADF sebesar 0.03087 < $\alpha = 0.05$ sehingga sisaan model pada persamaan (20) sudah stasioner dalam rata-rata.

2. Identifikasi Model ARIMA

Gambar 2 menunjukkan cut off pada lag pertama pada plot ACF dan cut off pada lag kedua pada plot PACF. Sehingga model ARIMA yang terbentuk adalah model ARIMA (0,1,1) dan ARIMA (2,1,0). Model ARIMA ini akan digunakan sebagai model ARIMAX tentatif dan akan dilakukan analisis ARIMAX sampai dengan proses peramalan.



Gambar 2 Plot ACF dan PACF untuk Identifikasi Model ARIMA

4.6. *Autoregressive Integrated Moving Average Exogenous* (ARIMAX)

1. Pembentukan Model ARIMAX Tentatif

Tabel 13 Model ARIMAX Tentatif

Model ARIMAX Tentatif			
ARIMAX (1, 1, 0)	ARIMAX (2, 1, 0)	ARIMAX (3, 1, 1)	ARIMAX (1, 1, 1)
ARIMAX (0, 1, 1)	ARIMAX (1, 1, 2)	ARIMAX (0, 1, 2)	

Model ARIMAX tentatif diperoleh dari melakukan overfitting pada model ARIMA yang telah terbentuk pada proses identifikasi model ARIMA. Setelah diperoleh model ARIMAX tentatif, maka model-model ARIMAX ini akan dilakukan pengujian signifikansi, uji diagnostik model, dan penentuan model terbaik untuk mendapatkan model ARIMAX terbaik yang akan digunakan untuk peramalan.

2. Estimasi dan Uji Signifikansi Model ARIMAX

Tabel 14 Hasil Estimasi dan Uji Signifikansi Model ARIMAX

Model ARIMAX	Parameter	Estimasi	p-*value*	Hasil Uji Signifikansi (α=5%)
ARIMAX (1, 1, 0)	AR1	-0.25223	0.1904994	Tidak Signifikan
ARIMAX (0, 1, 1)	MA1	-0.62901	0.007365	**Signifikan**
ARIMAX (1, 1, 1)	AR1	0.37514	0.0932804	Tidak Signifikan
	MA1	-0.86232	4.344e-14	Signifikan
ARIMAX (0, 1, 2)	MA 1	-0.24145	0.3016971	Tidak Signifikan
	MA 2	-0.52563	0.0265188	Signifikan
ARIMAX (1, 1, 2)	AR1	-0.44148	0.03219	Signifikan

	MA1	0.20955	0.23684	Tidak Signifikan
	MA2	-0.79043	2.546e-06	Signifikan
ARIMAX (2, 1, 0)	AR1	-0.28520	0.1135593	Tidak Signifikan
	AR2	-0.41819	0.0090931	Signifikan

Model ARIMAX (0, 1, 1) memiliki p-*value* sebesar 0.007365. Dimana p-*value* dari model ARIMAX (0, 1, 1) lebih kecil dari $\alpha = 0{,}05$. Sehingga model ARIMAX ini signifikan.

3. Uji Diagnostik Model

a. Uji Kenormalan Sisaan

Tabel 15 Hasil Uji Kolmogorov Smirnov

Model	D	p-value
ARIMAX (0, 1, 1)	0.16284	0.459

Nilai p-*value* model ARIMAX (0, 1, 1) sebesar 0.459, dimana p-*value* $> \alpha = 0{,}05$ sehingga gagal tolak $\mathrm{H_0}$ atau sisaan model ARIMAX (0, 1, 1) berdistribusi secara normal.

b. Uji Autokorelasi Sisaan

Tabel 16 Hasil Uji L-Jung Box

Model	*x-squared*	Df	p-value
ARIMAX (0, 1, 1)	0.69714	1	0.6173

Nilai p-*value* model ARIMAX (0, 1, 1) sebesar 0.6173, dimana p-*value* model AIMAX $> \alpha = 0{,}05$ sehingga gagal tolak $\mathrm{H_0}$ atau tidak terdapat autokorelasi.

4. Model ARIMAX untuk Peramalan

Tabel 17 Hasil Estimasi dan Uji Signifikansi Model ARIMAX (0, 1, 1)

Variabel	Parameter	Estimasi	p-*value*
MA1	θ_1	-0.62901	0.007365
D_3	β_1	1206.48546	0.036999
D_5	β_2	2647.92216	3.906e-05

Persamaan model ARIMAX (0,1,1) dengan efek variasi kalender dapat ditulis sebagai berikut:

$$y_t = 1206.48546 D_{3,t} + 2647.92216 \mathrm{D}_{5,t} + a_t$$

$$a_t = \frac{\theta_q(B)\varepsilon_t}{\phi_p(B)(1 - B)^d}$$

$$a_t = \frac{\varepsilon_t + 0.62901\varepsilon_{t-1}}{(1 - B)}$$

$$Y_t = 1206.48546 D_{3,t} + 2647.92216 \mathrm{D}_{5,t} + \frac{\varepsilon_t + 0.62901\varepsilon_{t-1}}{(1 - B)} \quad (21)$$

Atau

$$a_i = \frac{\varepsilon_t + 0.62901\varepsilon_{t-1}}{(1 - B)}$$

$$(1 - B)a_i = \varepsilon_t + 0.62901\varepsilon_{t-1}$$

$$a_i - a_{i-1} = \varepsilon_t + 0.62901\varepsilon_{t-1}$$

$$a_i = a_{i-1} + \varepsilon_t + 0.62901\varepsilon_{t-1}$$

$$y_t = 1206.48546D_{3,t} + 2647.92216D_{5,t} + a_{i-1} + \varepsilon_t + 0.62901\varepsilon_{t-1} \quad (22)$$

4.7. Peramalan

Tabel 18 Hasil Peramalan Jumlah Penumpang BRT Banjarbakula 12 Periode Kedepan

Periode	D3	D5	Peramalan
Maret 2023	0	0	4122.596
April 2023	0	0	4122.596
Mei 2023	0	0	4122.596
Juni 2023	0	0	4122.596
Juli 2023	0	0	4122.596
Agustus 2023	0	0	4122.596
September 2023	0	0	4122.596
Oktober 2023	0	0	4122.596
November 2023	0	0	4122.596
Desember 2023	1	0	5329.082
Januari 2024	0	1	6770.518
Februari 2024	0	0	4122.596

Peramalan jumlah penumpang BRT Banjarbakula menunjukkan, pada bulan Desember 2023 dan Januari 2024 akan mengalami peningkatan jumlah penumpang dibandingkan dengan bulan lain selama periode peramalan, dimana untuk bulan Desember 2023 sebesar 5329 penumpang dan 6771 penumpang untuk bulan Januari 2024. Sedangkan bulan lain pada periode peramalan jika dibandingkan dengan rata-rata pada data aktual jumlah penumpang BRT Banjarbakula, hasil ramalan menunjukkan bahwa jumlah penumpang pada bulan Maret 2023 – November 2023 dan Februari 2023 berada di atas rata-rata jumlah penumpang pada data aktual periode April 2020 hingga Februari 2023.

5. KESIMPULAN

Model terbaik ARIMAX dengan efek variasi kalender, untuk meramalkan jumlah penumpang BRT Banjarbakula dengan nilai BIC terkecil sebesar 584.4416 adalah model ARIMAX (0, 1, 1) atau dapat ditulis dalam persamaan model sebagai berikut:

$$Y_t = 1206.48546D_{3,t} + 2647.92216D_{5,t} + \frac{\varepsilon_t + 0.62901\varepsilon_{t-1}}{(1 - B)}$$

Atau

$$y_t = 1206.48546D_{3,t} + 2647.92216D_{5,t} + a_{i-1} + \varepsilon_t + 0.62901\varepsilon_{t-1}$$

Hasil Peramalan 12 periode kedepan dimana bulan Maret 2023 – November 2023 dan Februari 2024 diperkirakan jumlah penumpang BRT Banjarbakula sebesar 4122.590 atau 4123 penumpang, dimana jumlah ini lebih banyak dari rata-rata jumlah penumpang BRT Banjarbakula pada data aktual periode April 2020 - Februari 2023. Pada bulan Desember 2023 dan Januari 2024 hasil peramalan menunjukkan adanya peningkatan jumlah penumpang sebanyak 5329 dan 6771 penumpang, karena pada bulan tersebut terjadi efek variasi kalender berupa perayaan Natal dan Haul Guru Sekumpul.

DAFTAR PUSTAKA

[1] J. Hagen, Industrial Catalysis: A Practical Approach 2nd Edition, Weinheim: WILEY-VCH, 2006.

[2] H. Levinson, Bus Rapid Transit Volume 1: Case Studies In Bus Rapid Transit, Washington: Transit Cooperative Research Program (TCRP) Report 90, 2003.

[3] M. P. Allen, Regression analysis with dummy variables. Understanding regression analysis, New York: Springer, 1997.

[4] I. Ghozali, Aplikasi Analisis Multivariate Dengan Program IBM SPSS 25 (9th ed.), Yogyakarta: Badan Penerbit Universittas Diponegoro, 2018.

[5] D. N. Gujarati, Ekonometrika Dasar, Jakarta: Erlangga, 2006.

[6] W. W. S. Wei, Time Series Analysis: Univariate and Multivariate Methods Second Edition, New Jersey: Pearson Prentice Hall, 2006.

[7] J. D. Cryer and K. S. Chan, Time Series Analysis 2nd edition, New York: Springer, 2008.

[8] W. S. M. V. Makridakis S., Forecasting : Method and Applications, Wiley, 1983.

[9] G. E. J. G. M. Box and G. C. Reinsel, Time Series Analysis; Forcasting and Control. 3rd Edition, New Jersey: Prentice Hall, Engelwood Cliff, 1994.

[11] L. Wright, Bus Rapid Transit, *GTZ Transport and Mobility Group,* 2003.