



PENERAPAN METODE ARIMAX-ARCH UNTUK PEMODELAN DATA DERET WAKTU DENGAN VARIASI KALENDER

(Studi Kasus: Data Penjualan Pulsa Nasional Harian Suatu Perusahaan Telekomunikasi di Indonesia Tahun 2011-2014)



Hak cipta milik

3 (Institut Pertanian Bogor)

B

ENDY FILINTAS WIRATAMA



**DEPARTEMEN STATISTIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2016**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau uljuarui suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



© Hak cipta milik IPB (Institut Pertanian Bogor)

Bogor Agricultural U

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



PERNYATAAN MENGENAI SKRIPSI DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA*

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi berjudul Penerapan Metode ARIMAX-ARCH untuk Pemodelan Data Deret Waktu dengan Variasi Kalender (Studi Kasus: Data Penjualan Pulsa Nasional Harian Suatu Perusahaan Telekomunikasi di Indonesia Tahun 2011-2014) adalah benar karya saya dengan arahan dari komisi pembimbing dan belum diajukan dalam bentuk apa pun kepada perguruan tinggi mana pun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka di bagian akhir disertasi ini.

Dengan ini saya melimpahkan hak cipta dari karya tulis saya kepada Institut Pertanian Bogor.

Bogor, Juni 2016

Endy Filintas Wiratama
NIM G14120023

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a.

b.

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

ABSTRAK

ENDY FILINTAS WIRATAMA. Penerapan Metode ARIMAX-ARCH untuk Pemodelan Data Deret Waktu dengan Variasi Kalender (Studi Kasus: Data Penjualan Pulsa Nasional Harian Suatu Perusahaan Telekomunikasi di Indonesia Tahun 2011-2014). Dibimbing oleh KUSMAN SADIK dan BAGUS SARTONO.

Model ARIMAX merupakan model yang dibentuk dengan mengombinasikan model ARIMA dan model regresi deret waktu. Model ARIMAX yang mempertimbangkan hari-hari khusus akibat pola musiman dengan panjang periode yang bervariasi disebut model variasi kalender. Model regresi deret waktu dibangun berdasarkan peubah boneka hari-hari khusus, sedangkan model ARIMA berfungsi menghilangkan autokorelasi dalam sisaan model regresi. Pemodelan ARIMAX seringkali menghasilkan ragam sisaan yang tidak homogen. Solusi yang dapat dilakukan untuk mengatasi keheterogenan ragam sisaan yaitu melalui pemodelan ARCH. Tujuan penelitian ini adalah memodelkan data penjualan pulsa nasional harian PT X Tahun 2011-2014 menggunakan ARIMAX-ARCH. Model terbaik yang dihasilkan adalah ARIMAX(0,1,1)x(0,2,2)₇-ARCH(1) dengan peubah boneka yang signifikan yaitu H-1 Tahun baru, Tahun Baru, Tahun Baru Imlek, H-7 hingga H-1 Idul Fitri, Hari Raya Idul Fitri, H-1 Hari Kemerdekaan RI, H-1 Idul Adha, H-1 Natal, dan gaji bulanan.

Kata kunci: ARIMAX, ARCH, variasi kalender

ABSTRACT

ENDY FILINTAS WIRATAMA. The Application of ARIMAX-ARCH Method for Time Series Data with Calendar Variation (Case Study: National Pulse Daily Sale of a Telecommunication Company in Indonesia in Year 2011-2014). Supervised by KUSMAN SADIK and BAGUS SARTONO.

ARIMAX model is a model that formed by combining ARIMA model and time series regression. ARIMAX model that consider specials day due to seasonal pattern with varied period called calendar variation model. Time series regression constructed by special day dummy variable, while ARIMA model constructed for disappearing autocorrelation in residual of regression model. ARIMAX modelling usually generate heterogenous residual variance. Solution that can be conducted to overcome heterogeneity of residual variance is by constructed ARCH model. This research aims to modelling national pulse daily sale of a telecommunication in Indonesia in year 2011-2014 using ARIMAX-ARCH. Best model that constructed is ARIMAX(0,1,1)x(0,2,2)₇-ARCH(1) with significant dummy variable is H-1 New Year, New Year, Imlek New Year, H-7 until H-1 Feast Day of Ramadhan, Feast Day of Idul Fitri, H-1 Indonesian Independence Day, H-1 Feast Day of Idul Adha, H-1 Christmas Day, and monthly salary.

Keyword: ARIMAX, ARCH, calendar variation



PENERAPAN METODE ARIMAX-ARCH UNTUK PEMODELAN DATA DERET WAKTU DENGAN VARIASI KALENDER

**(Studi Kasus: Data Penjualan Pulsa Nasional Harian Suatu
Perusahaan Telekomunikasi di Indonesia Tahun 2011-2014)**



Hak cipta milik IPB (Institut Pertanian Bogor)

Skripsi
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana Statistika
pada
Departemen Statistika

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau unjukan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

**DEPARTEMEN STATISTIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2016**

ricultural



© Hak cipta milik IPB (Institut Pertanian Bogor)

Bogor Agricultural U

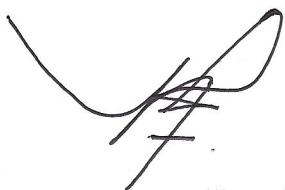
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

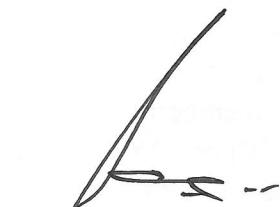
Judul Skripsi: Penerapan Metode ARIMAX-ARCH untuk Pemodelan Data Deret Waktu dengan Variasi Kalender (Studi Kasus: Data Penjualan Pulsa Nasional Harian Suatu Perusahaan Telekomunikasi di Indonesia Tahun 2011-2014)

Nama : Endy Filintas Wiratama
NIM : G14120023

Disetujui oleh



Dr Kusman Sadik, MSi
Pembimbing I



Dr Bagus Sartono, MSi
Pembimbing II

Diketahui oleh



Tanggal Lulus: **01 AUG 2016**



PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah *subhanahu wa ta'ala* atas segala lindungan, rahmat, dan karunia-Nya sehingga karya ilmiah ini berhasil diselesaikan. Topik yang dipilih pada penelitian ini adalah analisis deret waktu dengan judul penelitian Penerapan Metode ARIMAX-ARCH untuk Pemodelan Data Deret Waktu dengan Variasi Kalender (Studi Kasus: Data Penjualan Pulsa Nasional Harian Suatu Perusahaan Telekomunikasi di Indonesia Tahun 2011-2014).

Proses penyusunan karya ilmiah ini tidak lepas dari dukungan, saran, dan bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada:

1. Bapak Dr Kusman Sadik, MSi selaku ketua komisi pembimbing atas bimbingan dan saran yang diberikan selama penulis mengerjakan penelitian
2. Bapak Dr Bagus Sartono, MSi selaku anggota komisi pembimbing atas bimbingan dan saran yang diberikan
3. Ibu Cici Suhaeni, MSi selaku penguji luar dalam sidang skripsi saya yang telah memberikan masukan dalam penyusunan makalah skripsi
4. Bapak Ir Satrio Wiseno, MPhil, MM yang telah memberikan izin penggunaan data, memberikan bimbingan, dan masukan selama penelitian
5. Ibu, bapak, Avil, dan seluruh keluarga atas segala doa dan dukungannya hingga saat ini
6. Teman-teman Statistika 49 atas dukungan dan diskusi selama penyelesaian karya ilmiah ini
7. Sahabat-sahabatku M Zaini, A Bio Dara Amanda, dan Riski Apriani Sari
8. Teman-teman satu pembimbing Tanti, Iqbal, Muli, Boedoet, Anis, Wahyu, Dara, dan Wuri
9. Devi Novitasari atas dukungan dan diskusinya dalam penulisan skripsi
10. Staf Tata Usaha Departemen Statistika IPB atas bantuannya dalam kelancaran administrasi

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

Bogor, Juni 2016

Endy Filintas Wiratama



DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL	vi
DAFTAR GAMBAR	vi
DAFTAR LAMPIRAN	vi
PENDAHULUAN	1
Latar Belakang	1
Tujuan	2
TINJAUAN PUSTAKA	2
Model ARIMAX	2
Asumsi dalam Model ARIMA	3
Uji Ljung-Box	3
Uji Jarque-Bera (JB)	3
Uji ARCH-LM	4
Model ARCH	4
Kriteria Pemilihan Model	5
Ukuran Kebaikan Model	5
METODOLOGI	6
Data	6
Metode	6
HASIL DAN PEMBAHASAN	7
Eksplorasi Data	7
Model Regresi Deret Waktu	9
Analisis Diagnostik Sisaan Model Regresi	11
Pemodelan ARIMAX	11
Analisis Diagnostik Sisaan Model ARIMAX	14
Pemodelan ARCH	15
Pemodelan ARIMAX-ARCH	16
Evaluasi Model	17
SIMPULAN DAN SARAN	19
Simpulan	19
Saran	19
DAFTAR PUSTAKA	19
LAMPIRAN	21
RIWAYAT HIDUP	15

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

DAFTAR TABEL

1	Hasil Pemodelan Regresi Deret Waktu	10
2	Model ARIMAX tentatif	14

DAFTAR GAMBAR

1	Plot data penjualan pulsa nasional harian tahun 2011-2014	7
2	Plot data penjualan pulsa nasional harian per tahun	7
3	Diagram kotak garis penjualan pada hari-hari khusus nasional	8
4	Diagram kotak garis penjualan pada hari perdagangan	9
5	Plot sisaan model regresi	11
6	Plot ACF dan PACF sisaan model regresi	12
7	Plot ACF dan PACF sisaan model regresi setelah pembedaan unsur level ordo pertama	12
8	Plot ACF dan PACF sisaan model regresi setelah pembedaan unsur musiman ordo pertama	13
9	Plot ACF dan PACF sisaan model regresi setelah pembedaan unsur musiman ordo kedua	13
10	Plot sisaan model ARIMAX	15
11	Plot sisaan model ARCH	16
12	Plot pengepasan data hasil pemodelan terhadap data amatan	17
13	Plot pengepasan data ramalan terhadap data validasi	18

DAFTAR LAMPIRAN

1	Hari-hari dengan nilai penjualan ekstrim	21
2	Signifikansi parameter model regresi deret waktu	21
3	Signifikansi parameter uji autokorelasi model regresi	22
4	Signifikansi parameter uji autokorelasi sisaan model ARIMAX	23
5	Signifikansi parameter uji kehomogenan ragam model ARIMAX	23
6	Signifikansi parameter uji autokorelasi kuadrat sisaan model ARCH	23
7	Signifikansi parameter uji kehomogenan ragam model ARCH	24
8	Dugaan parameter model rataan	24
9	Dugaan parameter model ragam	25



PENDAHULUAN

Latar Belakang

Data deret waktu merupakan serangkaian pengamatan yang terurut berdasarkan waktu dengan jarak yang sama (Wei 2006). Metode yang sering digunakan dalam menganalisis data deret waktu adalah *Autoregressive Integrated Moving Average* (ARIMA). Model ARIMA sering digunakan karena memiliki fleksibilitas yang tinggi dalam menganalisis berbagai data deret waktu dan nilai ramalan yang dihasilkan lebih akurat. Salah satu pengembangan model ARIMA adalah *Seasonal ARIMA* (SARIMA). Model SARIMA digunakan saat data deret waktu memperlihatkan pola periodik yang jelas pada interval waktu tertentu, misalnya harian, mingguan, atau bulanan (Montgomery *et al.* 2008).

Model SARIMA hanya mengakomodir pola musiman dari satu periode waktu, sedangkan pada beberapa kasus, pola data juga dapat dipengaruhi oleh pengaruh musiman yang berupa variasi kalender. Model yang dapat mengakomodir pengaruh variasi kalender adalah model ARIMAX. Model ARIMAX adalah model yang dibangun dengan mengombinasikan model ARIMA dan model regresi deret waktu. Model ARIMA dibangun ketika terdapat autokorelasi dalam sisaan hasil model regresi, sehingga permasalahan autokorelasi pada sisaan dapat teratasi.

Model ARIMAX yang menggunakan peubah boneka yang berupa variasi kalender sebagai peubah bebas dikenal sebagai model variasi kalender. Variasi hari khusus yang berupa hari-hari khusus nasional dimodelkan menggunakan model regresi, sedangkan efek autokorelasi, tren, dan musiman dimodelkan melalui model ARIMA. Model variasi kalender efektif digunakan untuk memodelkan data penjualan yang bergantung pada hari-hari khusus nasional. Menurut Lee *et al.* (2010), di negara yang mayoritas beragama Islam, penjualan juga dapat dipengaruhi oleh kalender bulan, terutama pada hari-hari besar Islam seperti Idul Fitri dan Idul Adha. Oleh karena itu, analisis yang digunakan pada data deret waktu dengan variasi kalender lebih tepat diselesaikan menggunakan model ARIMAX.

Seringkali model ARIMAX menghasilkan ragam sisaan yang tidak homogen. Ketidakhomogenan ragam sisaan mengindikasikan bahwa data memiliki volatilitas yang tinggi. Berdasarkan model variasi kalender, hal tersebut dikarenakan penjualan pada hari-hari khusus jauh lebih tinggi dari hari-hari biasa. Metode yang dapat digunakan untuk mengatasi ketidakhomogenan ragam sisaan yaitu melalui pemodelan ragam sisaan yang dikenal dengan model *Autoregressive Conditional Heteroscedasticity* (ARCH). Syarat perlu dari pemodelan ARCH adalah tidak terdapatnya autokorelasi antar sisaan (Box *et al.* 2015), sehingga model ARCH dapat dibangun ketika antar sisaan tidak berkorelasi. Model ARCH mengakomodasi ragam bersyarat dari sisaan sebagai fungsi dari kuadrat sisaan sebelumnya.

Penelitian ini menggunakan metode ARIMAX-ARCH untuk memodelkan dan mengevaluasi data penjualan pulsa nasional harian suatu perusahaan telekomunikasi di Indonesia tahun periode 1 Januari 2011 – 31 Desember 2014 berdasarkan model variasi kalender. Faktor-faktor yang dimasukkan ke dalam model berupa hari-hari khusus nasional yang berpengaruh signifikan secara statistik. Data yang digunakan merupakan data penjualan pulsa ril dan merupakan nilai

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

akumulasi dari seluruh media pembelian pulsa. Penelitian sebelumnya pernah dilakukan oleh Paul *et al.* (2014) dengan menggunakan model ARIMAX-GARCH untuk memodelkan dan meramalkan hasil panen gandum di daerah Kanpur, India. Selain itu, Lee *et al.* (2010) menggunakan model variasi kalender berbasis ARIMAX untuk meramalkan data penjualan dengan efek bulan Ramadhan.

Tujuan

Tujuan dilakukannya penelitian ini adalah memodelkan dan mengevaluasi data penjualan pulsa nasional harian suatu perusahaan telekomunikasi di Indonesia periode 1 Januari 2011 hingga 31 Desember 2014 berdasarkan model variasi kalender menggunakan metode ARIMAX-ARCH.

TINJAUAN PUSTAKA

Model ARIMAX

Model *Autoregressive Integrated Moving Average with Exogenous* (ARIMAX) adalah model ARIMA dengan peubah tambahan (Cryer dan Chan 2008). Peubah tambahan yang digunakan untuk data deret waktu dengan variasi kalender berupa peubah boneka. Pada pemodelan ini, peubah boneka bernilai 1 untuk waktu-waktu terjadinya hari khusus dan bernilai 0 untuk waktu-waktu selainnya.

Model awal dibangun dengan pemodelan regresi linier dengan peubah boneka sebagai peubah prediktor yang akan menghasilkan sisaan. Menurut Box *et al* (2015), sisaan yang dihasilkan dari model regresi deret waktu dapat dipastikan saling berkorelasi, sehingga penanganan yang tepat yaitu melalui pemodelan ARIMA pada sisaan model regresi. Parameter pada model ARIMAX diduga menggunakan pendekatan penduga kemungkinan maksimum. Model ARIMAX untuk variasi kalender dapat dituliskan sebagai berikut:

$$Y_t = \beta_0 + \beta_1 D_{1,t} + \beta_2 D_{2,t} + \dots + \beta_p D_{p,t} + \frac{\theta_q(B)\theta_Q(B^S)}{\phi_p(B)\Phi_p(B^S)(1-B)^d(1-B^S)^D} a_t$$

dengan:

Y_t	: kombinasi linier dari gabungan pengamatan dan sisaan pada waktu-waktu sebelumnya
$D_{1,t}, D_{2,t}, \dots, D_{p,t}$: peubah boneka hari-hari khusus
$\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_p$: parameter peubah boneka hari-hari khusus
Φ_p	: parameter regresi diri musiman ordo ke-P
ϕ_p	: parameter regresi diri ordo ke-p
Θ_Q	: parameter rataan bergerak musiman ordo ke-Q
θ_q	: parameter rataan bergerak ordo ke-q
$\Phi_P(B)$: $(1 - \phi_1 B^S - \phi_2 B^{2S} - \dots - \phi_p B^{ps})$
$\phi_p(B)$: $(1 - \phi_1 B^1 - \phi_2 B^2 - \dots - \phi_p B^p)$

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

$$\begin{aligned}\theta_Q(B) &: (1 - \theta_1 B^s - \theta_2 B^{2s} - \dots - \theta_q B^{qs}) \\ \theta_q(B) &: (1 - \theta_1 B^1 - \theta_2 B^2 - \dots - \theta_q B^q)\end{aligned}$$

Asumsi dalam Model ARIMA

Model ARIMA memiliki beberapa asumsi yang harus dipenuhi melalui analisis diagnostik sisaan, diantaranya adalah sisaan saling bebas, menyebar normal dengan nilai tengah nol, dan ragam konstan (Montgomery *et al.* 2008). Uji yang digunakan untuk analisis diagnostik sisaan pada penelitian ini sebagai berikut:

Uji Ljung-Box

Sisaan pada pemodelan data deret waktu harus memenuhi asumsi saling bebas. Secara eksploratif, pendekatan autokorelasi dalam sisaan dapat menggunakan plot antara sisaan dan waktu. Uji statistik yang dapat digunakan untuk mendeteksi adanya autokorelasi adalah uji Ljung-Box. Hipotesis pada uji Ljung-Box sebagai berikut:

H0: Tidak ada autokorelasi antar sisaan

H1: Terdapat autokorelasi antar sisaan

Statistik uji Ljung-Box adalah:

$$Q_{LB} = n(n + 2) \sum_{k=1}^K \frac{\hat{r}_t^2}{n-1} \sim \chi^2_{(K-p-q)}$$

dengan:

n : banyaknya amatan

\hat{r}_t^2 : korelasi diri sisaan ke t dengan t+k

k : besarnya lag pada pengujian, dengan $k = 1, 2, \dots, K$

Hipotesis nol ditolak ketika $Q_{LB} > \chi^2_{(K-p-q)}$ atau nilai-p $Q_{LB} < \alpha$

Uji Jarque-Bera (JB)

Salah satu uji kenormalan sisaan yang dapat digunakan adalah uji Jarque-Bera. Menurut Brooks C (2008), uji Jarque-Bera tidak hanya mempertimbangkan dua karakteristik sebaran normal yaitu nilai tengah dan ragam, namun juga mempertimbangkan kemenjuluran dan keruncingan sebaran. Kemenjuluran mengukur seberapa lebar sebaran yang menyebabkan sisaan tidak simetri terhadap nilai tengah, sedangkan keruncingan mengukur seberapa runcing ekor dari sebaran. Sebaran normal tidak hanya memiliki nilai tengah nol dan ragam homogen, namun juga ditandai dengan sebaran yang tidak menjulur dan koefisien kurtosis tidak lebih dari 3. Koefisien kemenjuluran disimbolkan dengan b_1 sedangkan koefisien keruncingan disimbolkan dengan b_2 . Hipotesis pada uji ini adalah:

H0: Sisaan menyebar normal

H1: Sisaan menjulur atau leptokurtik/platikurtik atau keduanya

Statistik uji Jarque Bera adalah:

$$JB = n \left[\frac{b_1^2}{6} + \frac{(b_2 - 3)^2}{24} \right] \sim \chi^2_{(2)}$$

dengan:

$$b_1 = \frac{E[e^3]}{(σ^2)^{\frac{3}{2}}} = \frac{1}{n} \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^3}{(\sigma^2)^{\frac{3}{2}}}$$

$$b_2 = \frac{E[e^4]}{(\sigma^2)^2} = \frac{1}{n} \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^4}{(\sigma^2)^2}$$

Uji ARCH-LM

Menurut (Box *et al.* 2015), cara untuk mendekripsi keberadaan keheteroskedastisitas sisaan secara eksploratif dapat ditinjau melalui plot ACF dari kuadrat sisaan (a_t^2), sedangkan berdasarkan pengujian dapat dilakukan menggunakan uji *Autoregressive Conditional Heteroscedasticity Lagrange Multiplier* (ARCH-LM). Hipotesis yang digunakan pada uji ini adalah:

H0: $α_1 = α_2 = … = α_p = 0$ (ragam sisaan homogen)

H1: $\min \exists α_i ≠ 0$ (ragam sisaan tidak homogen)

Statistik uji ARCH-LM sebagai berikut:

$$LM = (n - p) \left(\frac{e' X_0 (X_0' X_0)^{-1} X_0' e}{e'e} \right) = (n - p) R^2 \sim \chi^2_{(p)}$$

dengan:

$$X_0 = \begin{pmatrix} 1 & \hat{v}_0^2 & \dots & \hat{v}_{-p+1}^2 \\ 1 & \vdots & \ddots & \vdots \\ \vdots & \ddots & \ddots & \vdots \\ 1 & \hat{v}_{n-1}^2 & \dots & \hat{v}_{n-p}^2 \end{pmatrix}$$

n : banyaknya amatan

p : banyaknya ordo ARCH

R^2 : koefisien determinasi model regresi.

Model ARCH

Kehomogenan ragam sisaan adalah asumsi yang jarang diperhatikan ketika melakukan pemodelan regresi linier ataupun pemodelan ARIMA. Salah satu solusi yang dapat digunakan untuk mengatasi masalah keheterogenan ragam sisaan yaitu dengan memodelkan ragam siasan menggunakan *Autoregressive Conditional Heteroscedasticity* (ARCH). Model ARCH pertama kali diperkenalkan oleh Engle (1982) untuk mengatasi keheterogenan ragam sisaan pada data tingkat inflasi di Amerika Serikat.

Untuk proses ARMA yang stasioner, model ARCH mengasumsikan bahwa ragam tak bersyarat dari sisaan konstan dari waktu ke waktu namun mengakomodasi ragam bersyarat sebagai fungsi dari kuadrat sisaan sebelumnya. Misal $σ_t^2 = Var(a_t | F_{t-1})$ merupakan ragam bersyarat dari a_t yang diperoleh dari informasi sebelumnya pada waktu $t-1$ atau F_{t-1} , model umum ARCH(s) diformulasikan sebagai berikut:

$$σ_t^2 = ω + α_1 a_{t-1}^2 + α_2 a_{t-2}^2 + … + α_s a_{t-s}^2$$

dengan:

a_t : $σ_t e_t$, $e_t \sim N(0,1)$

$σ_t^2$: ragam dugaan pada waktu ke t yang telah *white noise*

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

$\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_s$: parameter sisaan pada waktu ke $t-s$

Pendugaan parameter model ARCH menggunakan pendekatan penduga kemungkinan maksimum (PKM). Fungsi kepekatan peluang bersyarat model ARCH(1) sebagai berikut:

$$f(a_t|a_{t-1}, \dots, a_1) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma_{t|t-1}^2}} \exp\left[\frac{-r_t^2}{(2\sigma_{t|t-1}^2)}\right]$$

Fungsi kepekatan peluang bersama sebagai berikut:

$$f(a_n, \dots, a_1) = f(a_n, \dots, a_1)f(a_n|a_{n-1}, \dots, a_1)$$

Persamaan akhir diperoleh dengan melogaritmanaturalkan fungsi kemungkinan maksimum, sehingga formula fungsi log-kemungkinan maksimum:

$$\log L(\omega, \alpha) = -\frac{n}{2} \log(2\pi) - \frac{1}{2} \sum_{t=1}^n \left\{ \log(\sigma_{t-1|t-2}^2) + \frac{r_t^2}{(\sigma_{t|t-1}^2)} \right\}$$

Solusi untuk dugaan parameter ω dan α tidak dapat diperoleh secara analitik, sehingga harus dilakukan komputasi dengan memaksimumkan fungsi log-kemungkinan secara numerik (Cryer dan Chan 2008).

Kriteria Pemilihan Model

Pemilihan model terbaik diperlukan untuk menentukan model yang paling sesuai. Menurut (Montgomery *et al.* 2008), terdapat dua kriteria penting yang dapat digunakan untuk pemilihan model terbaik, yaitu Akaike's *Information Criterion* (AIC) dan Bayesian *Information Criterion* (BIC), namun kriteria pemilihan model yang paling sering digunakan adalah AIC. Oleh karena itu, penelitian ini menggunakan AIC sebagai kriteria kemilihan model. Rumus AIC diberikan sebagai berikut :

$$AIC = -2\ln(\text{maximum likelihood}) + 2p$$

dengan p adalah banyaknya parameter model. Model dengan nilai AIC terkecil dengan seluruh parameter yang nyata secara statistik merupakan model yang terbaik.

Ukuran Kebaikan Model

Ukuran kebaikan model berdasarkan galat peramalan yang digunakan pada penelitian ini adalah *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE). Model semakin baik ketika nilai MAPE yang dihasilkan mendekati nol. Rumus MAPE sebagai berikut:

$$MAPE = \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T \left| \frac{Y_t - \hat{Y}_t}{Y_t} \right| \times 100\%$$

dengan:

T : banyaknya amatan.

Y_t : nilai amatan ke- t

\hat{Y}_t : nilai dugaan ke- t hasil pemodelan

- Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
Hak cipta milik IPB (Institut Pertanian Bogor)
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



METODOLOGI

Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data penjualan pulsa nasional harian suatu perusahaan telekomunikasi di Indonesia. Data tersebut merupakan data sekunder yang diperoleh dari PT Grup Riset Potensial (GRP). Periode data yang digunakan yaitu tanggal 1 Januari 2011 hingga 31 Desember 2014. Data yang dilibatkan dalam penelitian ini terbagi menjadi dua, yaitu data untuk pemodelan dan data untuk evaluasi model. Data pemodelan yang digunakan sebanyak 75% yaitu data pada tanggal 1 Januari 2011 hingga 31 Desember 2013, sedangkan 25% data digunakan untuk validasi model yaitu data pada tanggal 1 Januari 2014 hingga 31 Desember 2014. Perangkat lunak yang digunakan untuk membantu proses komputasi dalam penelitian ini adalah program R versi 3.1.2.

Metode

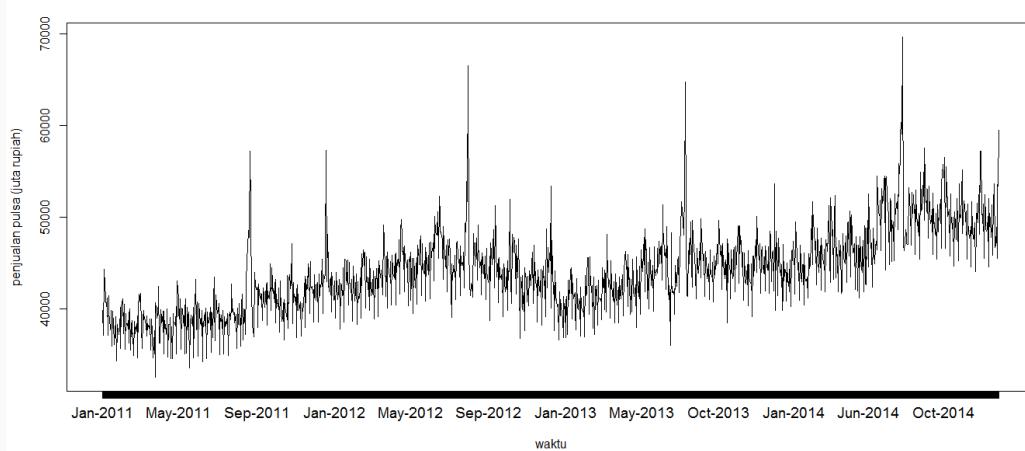
Tahapan analisis pada penelitian ini adalah:

1. Melakukan eksplorasi data dengan melihat plot tebaran dan diagram kotak garis
2. Membuat peubah boneka berdasarkan periode variasi kalender
3. Membangun model regresi terbaik menggunakan regresi deret waktu dengan peubah boneka sebagai peubah penjelas
4. Melakukan uji autokorelasi terhadap sisaan model regresi menggunakan uji Ljung-Box. Jika terdapat autokorelasi dalam sisaan, dilakukan pemodelan terhadap sisaan menggunakan model ARIMA
5. Membangun model ARIMA. Pemodelan ARIMA diawali dengan melihat kestasioneran data sisaan melalui analisis plot ACF dan PACF hingga data stasioner
6. Membangun model ARIMAX
7. Melakukan analisis diagnostik sisaan model ARIMAX dengan menguji kehomogenan ragam sisaan melalui uji ARCH-LM dan melalui eksplorasi menggunakan analisis ACF kuadrat sisaan model ARIMAX. Jika asumsi kehomogenan ragam tidak terpenuhi, dilakukan pemodelan ragam bersyarat.
8. Membangun model ragam bersyarat
9. Melakukan analisis diagnostik sisaan secara keseluruhan terhadap model ARCH, yaitu uji autokorelasi, uji kehomogenan ragam, dan uji kenormalan sisaan
10. Melakukan pengepasan data hasil pemodelan terhadap data amatan
11. Melakukan evaluasi model ARIMAX-ARCH dengan menggunakan MAPE sebagai kriteria kebaikan model pada periode 1 Januari 2014 hingga 31 Desember 2014

HASIL DAN PEMBAHASAN

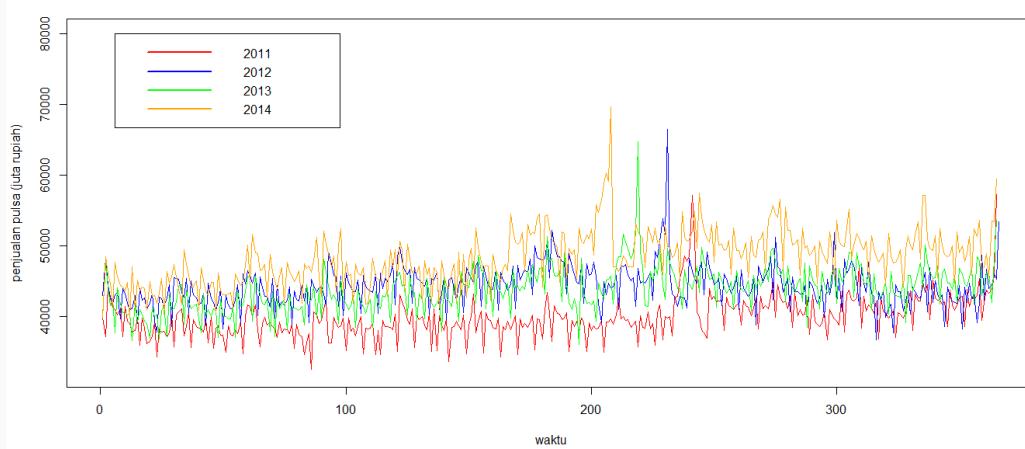
Eksplorasi Data

Eksplorasi data diawali dengan melihat plot data penjualan pulsa nasional harian periode 1 Januari 2011 – 31 Desember 2014. Plot data bertujuan melihat karakteristik data yang digunakan untuk pemodelan dan validasi. Data yang digunakan pada penelitian ini menggunakan satuan juta rupiah. Plot data deret waktu ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1 Plot data penjualan pulsa nasional harian tahun 2011-2014

Berdasarkan plot data pada Gambar 1, didapatkan informasi bahwa secara umum data memiliki pola tren linier positif. Tren kenaikan penjualan pulsa terjadi pada periode 1 Januari 2011 hingga 18 Agustus 2012 yang bertepatan dengan H-1 Idul Fitri, lalu mengalami penurunan pada periode 19 Agustus 2012 hingga 31 Desember 2012 dan setelah itu mengalami kenaikan kembali pada periode 1 Januari 2013 hingga 31 Desember 2014. Penjualan pulsa setiap tahunnya mengalami peningkatan yang dapat diidentifikasi melalui plot penjualan per tahun ditunjukkan pada Gambar 2.

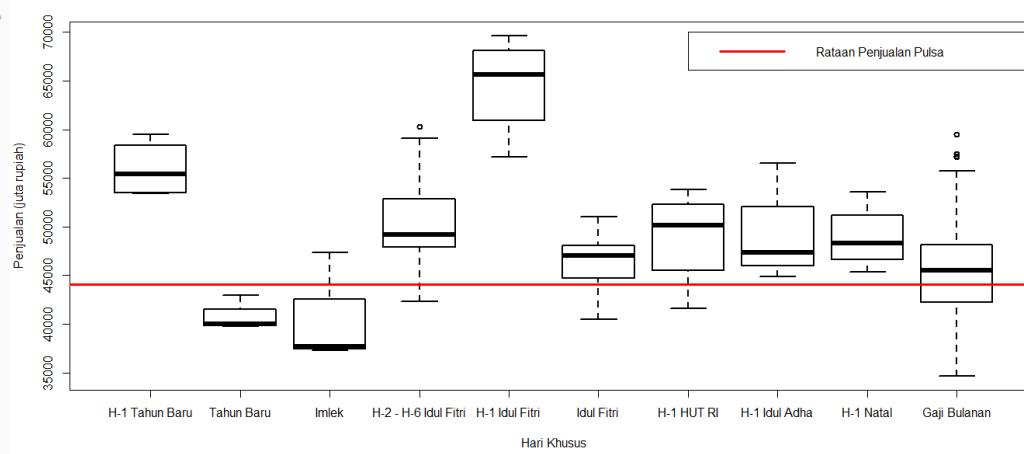


Gambar 2 Plot data penjualan pulsa nasional harian per tahun

- Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang**
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

Berdasarkan plot data pada Gambar 2, secara eksploratif dapat ditunjukkan bahwa penjualan cenderung mengalami peningkatan setiap tahunnya. Plot diatas pun menunjukkan terdapat nilai ekstrim yang bergeser di setiap tahun, hal ini membuktikan terjadinya efek variasi kalender. Nilai ekstrim yang terlihat jelas pada plot tersebut adalah H-1 Idul Fitri. Nilai-nilai ekstrim lain yang terjadi di beberapa titik disebabkan oleh efek hari-hari khusus nasional. Keterangan beberapa nilai penjualan ekstrim dapat dilihat pada Lampiran 1.

Efek dari terjadinya hari-hari khusus nasional dapat memengaruhi penjualan pulsa yang signifikan secara statistik, hal tersebut dikarenakan penggunaan pulsa di beberapa hari khusus nasional cenderung lebih besar dari hari biasa. Dampak yang terjadi yaitu penjualan pulsa pada satu hari sebelum terjadinya hari khusus nasional cenderung lebih tinggi dari hari biasa. Diagram kotak garis hari-hari khusus nasional yang berpengaruh secara statistik terhadap penjualan pulsa nasional harian ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3 Diagram kotak garis penjualan pada hari-hari khusus nasional

Berdasarkan diagram kotak garis pada Gambar 3 didapatkan informasi bahwa hari-hari khusus nasional memberikan pengaruh yang berbeda-beda terhadap penjualan pulsa. Hari-hari besar yang meliputi H-1 Tahun Baru Masehi, H-7 – H-2 Idul Fitri, H-1 Idul Fitri, Idul Fitri, H-1 Kemerdekaan RI, H-1 Idul Adha, dan H-1 Natal memberikan pengaruh positif terhadap penjualan pulsa nasional harian, sedangkan pada Hari Besar Imlek dan Tahun Baru Masehi cenderung memberikan pengaruh negatif terhadap penjualan pulsa nasional harian. Pengaruh positif hari khusus nasional yang menyebabkan kenaikan penjualan dapat ditinjau dari diagram kotak garis yang berada diatas garis rataan penjualan, sedangkan pengaruh negatif yang menyebabkan penurunan penjualan ditinjau dari diagram kotak garis yang berada di bawah garis rataan penjualan pulsa.

Gaji bulanan dimasukkan sebagai peubah boneka karena berdasarkan hasil eksplorasi pada tiga hari menjelang tanggal 1 dan dua hari setelahnya menunjukkan bahwa penjualan pulsa cenderung naik dari hari biasa. Hal tersebut dapat diinterpretasikan bahwa pelanggan cenderung lebih banyak mengisi pulsa di selang tanggal tersebut. Diagram kotak garis di atas menunjukkan bahwa penjualan pada tanggal gajian cenderung lebih tinggi dari nilai tengah penjualan pulsa secara umum.

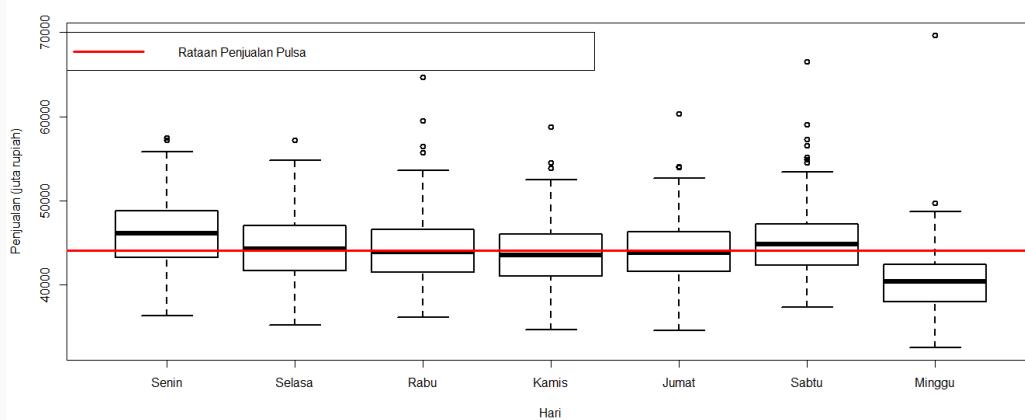
Beberapa hari khusus nasional lain meliputi Hari Raya Tahun Baru, Waisak, Nyepi, Hari Buruh Internasional, Isra Miraj Nabi Muhammad SAW, Hari

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

Kemerdekaan RI, Maulid Nabi Muhammad SAW, Hari Raya Idul Adha, Tahun Baru Islam dan Hari Raya Natal tidak berpengaruh nyata secara statistik terhadap penjualan karena penjualan pada hari tersebut berada di sekitar nilai rataan penjualan secara umum. Faktor lain yang memicu hari khusus nasional tersebut tidak memengaruhi penjualan secara signifikan yaitu pelanggan cenderung membeli pulsa sehari sebelum hari khusus nasional, hari khusus tersebut hanya dirayakan oleh sebagian kecil umat, dan hari khusus tersebut tidak dirayakan secara masal.

Naik atau turunnya penjualan pulsa tidak hanya dipengaruhi oleh hari-hari khusus nasional, namun juga dipengaruhi oleh hari perdagangan. Setiap hari perdagangan memberikan pengaruh yang berbeda-beda terhadap penjualan pulsa. Diagram kotak garis penjualan pulsa berdasarkan hari perdagangan ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4 Diagram kotak garis penjualan pada hari perdagangan

Berdasarkan diagram kotak garis pada Gambar 4, didapatkan informasi bahwa penjualan pulsa nasional pada hari Senin merupakan penjualan tertinggi dibandingkan dengan hari-hari lain, hal tersebut dikarenakan pelanggan cenderung membeli pulsa di awal pekan untuk mengawali rutinitas. Penjualan pulsa nasional pada hari Selasa hingga Sabtu menunjukkan kondisi yang stabil dengan rataan penjualan pulsa nasional yang relatif sama dan dekat dengan nilai rataan penjualan pulsa nasional harian secara umum. Penjualan pulsa nasional pada hari Minggu menunjukkan terjadinya penurunan yang cukup signifikan dari hari Sabtu, hal tersebut menunjukkan berkurangnya animo pelanggan untuk membeli pulsa di hari Minggu disebabkan pelanggan cenderung tidak banyak melakukan komunikasi di akhir pekan.

Pemodelan Regresi Deret Waktu

Model regresi deret waktu dibangun dengan meregresikan peubah boneka terhadap data penjualan pulsa nasional harian. Hasil pemodelan regresi yang melibatkan 43 peubah boneka berdasarkan variasi kalender terlampir pada Lampiran 2. Peubah-peubah boneka yang tidak signifikan pada model regresi yang melibatkan seluruh peubah boneka dikeluarkan dari model sehingga model terbaik dibangun berdasarkan peubah-peubah boneka yang signifikan memengaruhi penjualan. Model regresi deret waktu terbaik diperoleh dengan melibatkan 18

peubah boneka, yaitu H-1 Tahun Baru Masehi, Tahun Baru Masehi, Tahun Baru Imlek, H-7 hingga H-1 Idul Fitri, Hari Raya Idul Fitri, H-1 Hari Kemerdekaan RI, H-1 Idul Adha, H-1 Natal, dan Gaji Bulanan. Hasil model regresi deret waktu ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1 Hasil pemodelan regresi deret waktu

Peubah	Dugaan parameter	Galat baku	t-hitung	Nilai-p
Mu	42050.647	106.600	394.645	0.000
D _{H-1} Tahun Baru	10663.425	1918.100	5.560	0.000
D _{Tahun Baru}	-4234.116	1918.100	-2.208	0.027
D _{Hari Raya Imlek}	-5132.353	1846.500	-2.780	0.005
D _{H-6} Idul Fitri	5503.159	1846.400	2.981	0.003
D _{H-5} Idul Fitri	5479.312	1846.500	2.967	0.003
D _{H-4} Idul Fitri	7034.753	1839.500	3.824	0.000
D _{H-3} Idul Fitri	6873.400	1949.400	3.526	0.000
D _{H-2} Idul Fitri	8626.170	1839.500	4.689	0.000
D _{H-1} Idul Fitri	20741.685	1918.100	5.560	0.000
D _{H1} Idul Fitri	6260.882	1846.400	3.391	0.001
D _{Hari Kemerdekaan RI}	3973.078	1949.400	2.038	0.042
D _{Idul Adha}	4456.152	1839.500	2.423	0.016
D _{H-1} Natal	5270.315	1839.500	2.865	0.004
D _{H-2} Tanggal 1	1336.817	542.800	2.463	0.014
D _{H-1} Tanggal 1	2027.492	563.900	3.596	0.000
D _{Tanggal 1}	3135.551	563.900	5.561	0.000
D _{Tanggal 2}	2510.196	542.800	4.625	0.000
D _{Tanggal 3}	1922.243	544.800	3.528	0.000

Berdasarkan Tabel 1 didapatkan informasi bahwa semua peubah boneka yang masuk ke dalam model terbaik signifikan pada taraf nyata 5%. Dugaan parameter pada tabel di atas diinterpretasikan sebagai besarnya nilai dugaan perubahan rataan penjualan ketika hari khusus tersebut terjadi dengan asumsi pengaruh peubah lain dianggap tetap. Dugaan parameter yang dihasilkan memiliki kesimpulan yang sesuai dengan hasil eksplorasi menggunakan diagram kotak garis. Hari-hari khusus yang nilai penjualannya lebih besar dari rataan penjualan pulsa secara keseluruhan menghasilkan dugaan parameter yang positif, dan peubah yang nilai penjualannya lebih rendah dari rataan penjualan pulsa menghasilkan dugaan parameter yang negatif.

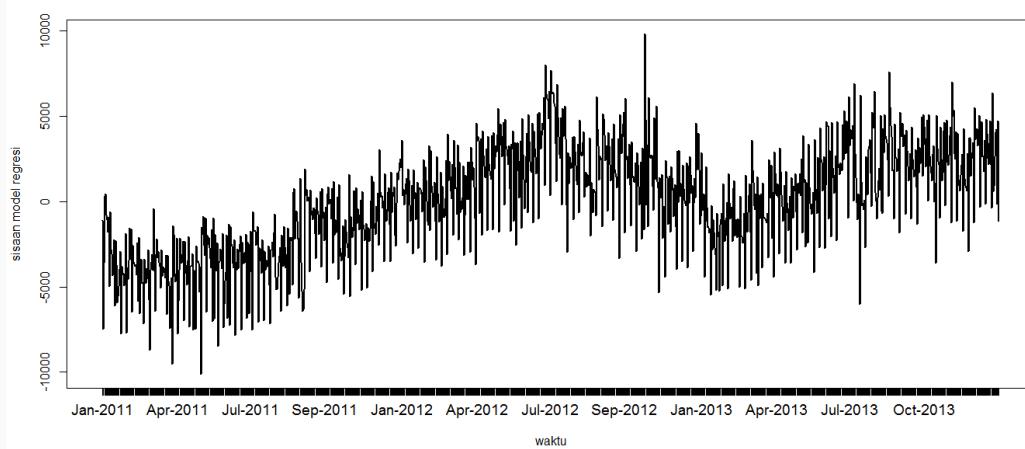
Hari khusus nasional yang memiliki efek peningkatan penjualan pulsa secara berturut-turut sebelum hari khusus tersebut terjadi adalah Hari Raya Idul Fitri. Enam hari menjelang Hari Raya Idul Fitri menunjukkan peningkatan penjualan pulsa yang signifikan. Puncak penjualan pulsa tertinggi terjadi pada H-1 Idul Fitri yang ditunjukkan dengan nilai dugaan parameter yang sangat tinggi, hal ini sesuai dengan karakteristik data yang menunjukkan penjualan pulsa tertinggi terjadi pada H-1 Idul Fitri. Peubah yang juga memiliki dugaan parameter tinggi yaitu terjadi pada H-1 Tahun Baru Masehi.

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
- Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
 - Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

Gaji bulanan menunjukkan efek peningkatan penjualan pulsa secara berturut-turut. Peningkatan penjualan terjadi yang pada 2 hari menjelang awal bulan hingga 3 hari setelahnya. Fenomena tersebut menunjukkan bahwa pelanggan cenderung lebih banyak mengisi pulsa di selang tanggal tersebut yang berulang setiap bulannya.

Analisis Diagnostik Sisaan Model Regresi Deret Waktu

Asumsi pada model deret waktu yang harus terpenuhi adalah antar sisaan yang tidak saling berkorelasi dan ragam sisaan homogen. Cara mendeteksi terdapatnya autokorelasi antar sisaan dapat melalui eksplorasi plot sisaan terhadap waktu dan menggunakan uji formal. Plot sisaan hasil model regresi terbaik ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5 Plot sisaan model regresi

Plot sisaan model regresi pada Gambar 5 secara eksploratif menunjukkan bahwa antar sisaan saling berkorelasi karena plot sisaan yang dihasilkan terlihat berpola dan identik dengan pola plot data aslinya. Uji autokorelasi Ljung-Box digunakan untuk meyakinkan kesimpulan. Uji tersebut menghasilkan nilai statistik sebesar 3773.315 pada lag ke 1 dan nilai-p sebesar 0.000. Signifikansi pada lag ke 2 hingga 14 yang ditunjukkan pada Lampiran 3 pun nyata secara statistik, sehingga dapat disimpulkan bahwa antar sisaan saling berkorelasi. Penanganan pelanggaran asumsi antar sisaan saling bebas dilakukan dengan melakukan pemodelan ARIMA terhadap sisaan.

Pemodelan ARIMAX

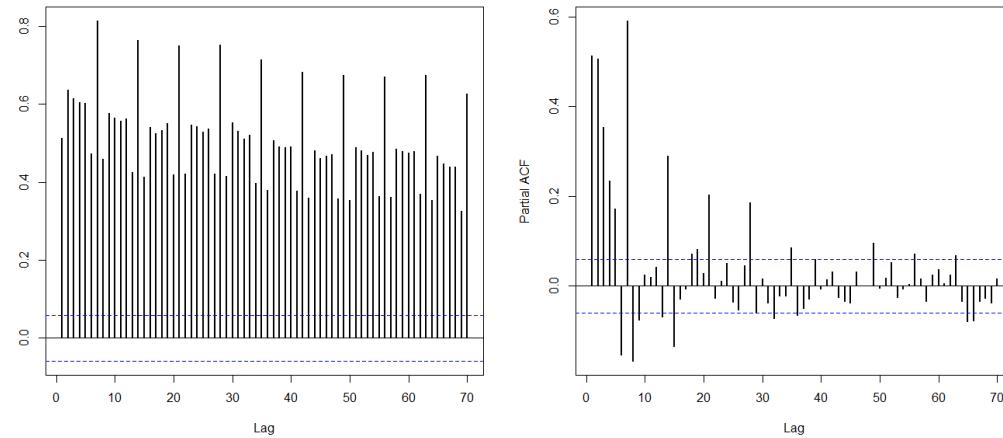
Pemodelan ARIMA pada sisaan model regresi diawali dengan melakukan pemeriksaan kestasioneran. Pemeriksaan kestasioneran secara eksploratif dapat ditinjau melalui plot ACF dan PACF. Plot ACF dan PACF sisaan model regresi ditunjukkan pada Gambar 6.

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

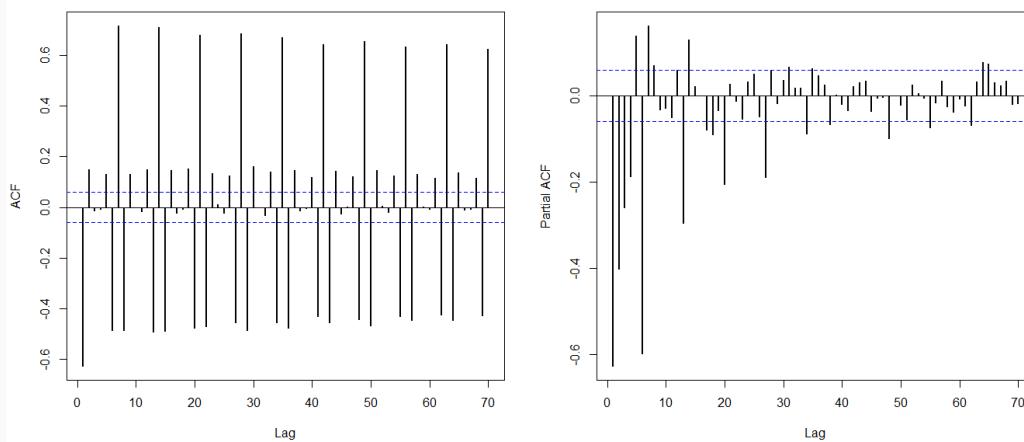
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



Gambar 6 Plot ACF dan PACF sisaan model regresi

Plot ACF pada Gambar 6 menunjukkan pola yang menurun secara perlahan yang mengindikasikan bahwa data tidak stasioner, sehingga penentuan ordo untuk model tentatif tidak dapat dilakukan. Pembedaan diperlukan untuk membuat data sisaan menjadi stasioner. Plot ACF dan PACF setelah dilakukan pembedaan ordo pertama terhadap unsur reguler ditunjukkan pada Gambar 7.



Gambar 7 Plot ACF dan PACF sisaan model regresi setelah pembedaan unsur level ordo pertama

Berdasarkan Gambar 7, secara eksploratif melalui plot ACF dan PACF dapat ditunjukkan bahwa data sisaan sudah stasioner terhadap unsur reguler namun belum stasioner terhadap unsur musiman. Plot ACF terlihat nyata di setiap lag kelipatan 7, hal ini mengindikasikan data belum stasioner terhadap unsur musiman. Pembedaan ordo pertama terhadap unsur musiman dibutuhkan untuk menstasionerkan komponen musiman. Plot ACF dan PACF setelah dilakukan pembedaan ordo pertama terhadap unsur musiman ditunjukkan pada Gambar 8.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

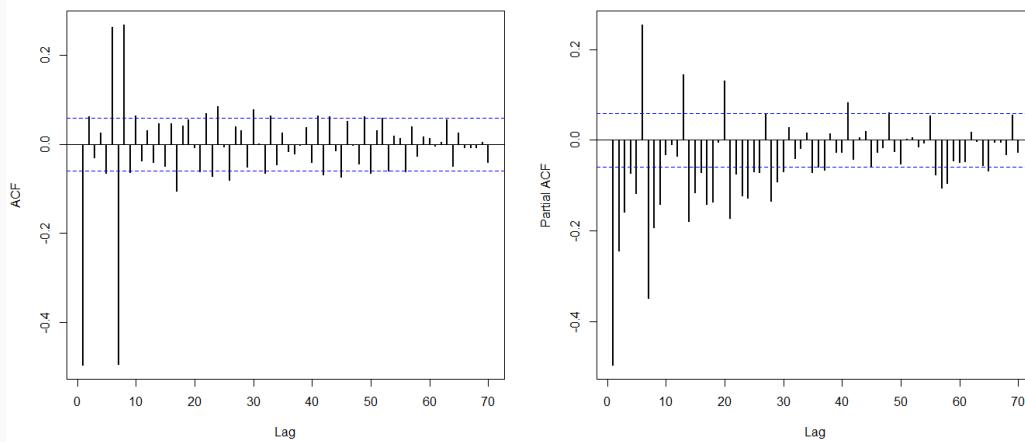
a.

Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b.

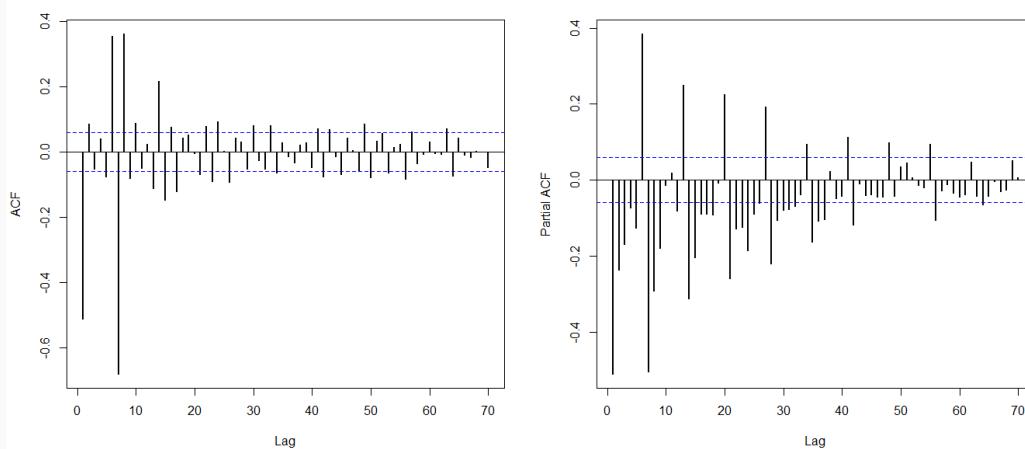
Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



Gambar 8 Plot ACF dan PACF sisaan model regresi setelah pembedaan unsur musiman ordo pertama

Plot ACF dan PACF sisaan yang telah dilakukan pembedaan terhadap unsur level dan musiman 1 kali yang ditunjukkan pada Gambar 8 terlihat telah stasioner pada unsur level dan musiman. Identifikasi dilakukan dengan melihat plot ACF yang nyata pada lag pertama dan kedua setelah itu *cuts off* dan pada lag ketujuh setelah itu *cuts off* untuk setiap lag kelipatan 7, namun masih terdapat lag yang kembali nyata setelah *cuts off* yaitu pada unsur musiman di lag ke 21. Pembedaan ordo musiman satu kali lagi diperlukan untuk meyakinkan peneliti bahwa data benar-benar sudah stasioner serta untuk menambah model tentatif, sehingga pemilihan model terbaik lebih objektif. Nilai ACF dan PACF setelah pembedaan unsur musiman dua kali disajikan pada Gambar 9.



Gambar 9 Plot ACF dan PACF sisaan model regresi setelah pembedaan unsur musiman ordo kedua

Hasil eksplorasi memperlihatkan bahwa plot ACF pada Gambar 9 nyata hingga lag kedua setelah itu *cuts off* dan pada unsur musiman plot ACF nyata pada lag ke-7 dan ke-14 setelah itu *cuts off*. Berdasarkan hasil identifikasi plot ACF dan PACF, sisaan mengandung komponen rataan bergerak dan rataan bergerak musiman.

Untuk meyakinkan bahwa data telah stasioner dilakukan uji unit root ADF test dan uji KPSS. Uji ADF menghasilkan nilai statistik sebesar -15.893 dan nilai-p <0.01 yang membuktikan bahwa data tidak mengandung unit root. Uji KPSS menghasilkan nilai statistik sebesar 0.01 dan nilai-p > 0.1 yang membuktikan bahwa data telah stasioner. Berdasarkan hasil eksplorasi dan pengujian dapat disimpulkan bahwa data sisaan telah stasioner dan dapat dilakukan pemodelan. Pemilihan model terbaik didasarkan pada nilai AIC terkecil dan signifikansi parameter ARMA pada model tentatif. Model tentatif disajikan dalam Tabel 2.

Tabel 2 Model ARIMAX tentatif

Model	AIC	Signifikansi parameter
ARIMAX(0,1,1)x(0,1,1) ₇	18792.160	Semua parameter signifikan
ARIMAX(0,1,2)x(0,1,1) ₇	18794.050	MA(2) tidak signifikan
ARIMAX(0,1,1)x(0,2,1) ₇	19368.300	Semua parameter signifikan
ARIMAX(0,1,1)x(0,2,2) ₇ *	18761.370	Semua parameter signifikan
ARIMAX(0,1,1)x(0,2,3) ₇	18762.710	SMA(3) tidak signifikan
ARIMAX(0,1,2)x(0,2,1) ₇	19370.290	MA(2) tidak signifikan
ARIMAX(0,1,2)x(0,2,2) ₇	18763.170	MA(2) tidak signifikan
ARIMAX(0,1,2)x(0,2,3) ₇	18764.820	MA(2) dan SMA(3) tidak signifikan

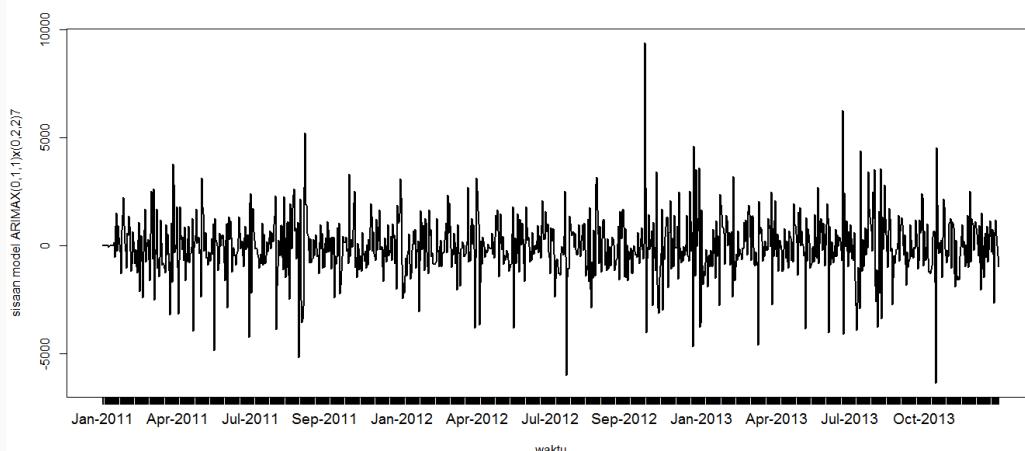
*model terbaik

Model terbaik dipilih berdasarkan nilai AIC yang terkecil dan semua parameternya signifikan. Berdasarkan Tabel 2, didapatkan informasi bahwa model dengan nilai AIC terkecil yaitu sebesar 18761.370 dan seluruh parameternya signifikan adalah model ARIMAX(0,1,1)x(0,2,2)₇ serta peubah penjelas yang memengaruhi yaitu peubah boneka H-1 Tahun Baru Masehi, Tahun Baru Masehi, Tahun Baru Imlek, H-6 - H-1 Idul Fitri, Idul Fitri, H-1 Kemerdekaan RI, H-1 Idul Adha, H-1 Natal, dan Gaji Bulanan. Dugaan parameter model ARIMAX terlampir pada Lampiran 8.

Analisis Diagnostik Sisaan Model ARIMAX

Pemilihan ordo ARMA yang tepat akan menghasilkan sisaan model ARIMAX yang tidak saling berkorelasi. Sisaan yang dihasilkan oleh model ARIMAX diperiksa untuk memastikan antar sisaan sudah saling bebas. Pemeriksaan dilakukan secara eksploratif melalui plot sisaan model ARIMAX dan menggunakan pengujian formal. Plot sisaan model ARIMAX ditunjukkan pada Gambar 10.

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



Gambar 10 Plot sisaan model ARIMAX

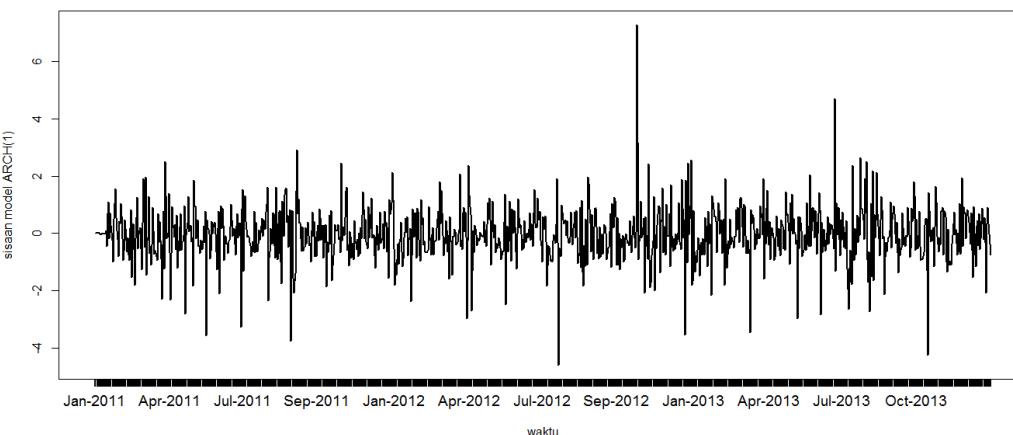
Berdasarkan plot pada Gambar 10, secara eksploratif menunjukkan bahwa sisaan model ARIMAX konvergen menuju nilai nol dan tidak berpola, sehingga dapat disimpulkan tidak ada korelasi antar sisaan. Pengujian menggunakan uji formal Ljung-Box digunakan untuk meyakinkan kesimpulan secara eksploratif. Uji Ljung-Box menghasilkan nilai statistik sebesar 0.001 dan nilai-p sebesar 0.921 pada lag pertama. Uji yang dilakukan pada lag kedua hingga ke-12 pun tidak nyata secara statistik (Lampiran 4), sehingga cukup bukti untuk menyatakan bahwa tidak terdapat autokorelasi pada sisaan model ARIMAX.

Asumsi lain yang harus dipenuhi selain kebebasan sisaan adalah ragam sisaan homogen. Ragam sisaan yang tidak homogen secara eksploratif dapat ditunjukkan dengan fluktuasi sisaan di banyak titik pada sisaan model ARIMAX. Pemeriksaan asumsi kehomogenan ragam sisaan menggunakan uji ARCH-LM dan menghasilkan nilai statistik sebesar 76.831 pada lag pertama dengan nilai-p sebesar 0.000. Uji yang dilakukan pada lag kedua hingga ke-14 pun tidak nyata secara statistik (Lampiran 5), sehingga dapat disimpulkan bahwa ragam sisaan model ARIMAX tidak homogen. Metode yang digunakan dalam menanganani asumsi kehomogenan ragam sisaan yang tidak terpenuhi pada penelitian ini yaitu melakukan pemodelan ragam sisaan menggunakan model ARCH.

Pemodelan ARCH

Penentuan ordo ARCH yang tepat akan menghasilkan ragam sisaan yang homogen. Pemodelan ragam sisaan menggunakan model ARCH diawali dengan penentuan ordo ARCH. Penentuan ordo ARCH yang paling tepat pada penelitian ini adalah ARCH(1) karena dugaan parameter signifikan hanya sampai ordo pertama, selain itu plot ACF dari kuadrat sisaan model ARCH hanya nyata pada lag pertama setelah itu *cuts off*. Plot sisaan yang dihasilkan model ARCH ditunjukkan pada Gambar 11.

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



Gambar 11 Plot sisaan model ARCH

Berdasarkan plot sisaan model ARCH pada Gambar 11, secara eksploratif dapat ditunjukkan bahwa tidak ada lagi autokorelasi karena tidak terdapat pola tertentu dan memiliki ragam homogen yang ditunjukkan dengan sisaan yang konvergen terhadap nilai nol dan hanya terdapat fluktuasi di beberapa titik. Uji kehomogenan ARCH-LM diperlukan untuk mendukung kesimpulan secara eksploratif, nilai statistik yang dihasilkan sebesar 0.672 pada lag pertama dan nilai-p sebesar 0.412. Nilai-p yang dihasilkan pada lag kedua hingga ke-14 pun tidak nyata pada taraf nyata 5% (Lampiran 7), sehingga cukup bukti untuk menyatakan bahwa ragam sisaan telah homogen. Asumsi lain dalam model ARIMA adalah kenormalan sisaan. Pengujian asumsi kenormalan sisaan menggunakan uji Jarque-Bera menghasilkan nilai statistik sebesar 1707.407 dengan nilai-p sebesar 0.0000, sehingga dapat disimpulkan bahwa sisaan tidak menyebar normal. Tidak terpenuhinya asumsi kenormalan sisaan tidak terlalu berpengaruh terhadap pemodelan karena membuktikan bahwa sisaan memiliki volatilitas yang tinggi. Menurut Tsay (2012), volatilitas adalah ukuran keragaman dari data deret waktu.

Menurut Mass dan Hox (2004), ketika sisaan tidak menyebar normal, penduga parameter yang dihasilkan oleh penduga kemungkinan maksimum tetap konsisten dan tidak bias secara asimtot. Sisaan yang tidak menyebar normal berpengaruh ke galat baku yang tidak minimum dan berimplikasi kepada pengujian parameter yang kurang dapat dipercaya, namun masalah tersebut menjadi tidak terlalu menjadi bermasalah ketika data yang digunakan berukuran besar. Menurut Lo (2003), penduga kemungkinan maksimum dapat didekati dengan menggunakan sebaran normal ketika data yang digunakan berukuran besar. Selain itu data yang dipengaruhi oleh komponen ARCH akan menghasilkan sisaan yang simetri namun memiliki keruncingan yang lebih dari 3, hal tersebut merupakan indikasi bahwa sisaan model ARCH cenderung tidak menyebar normal.

Pemodelan ARIMAX-ARCH

Model akhir yang terbentuk pada pemodelan ini adalah model ARIMAX-ARCH. Model tersebut merupakan model gabungan dari ARIMAX dan ARCH yang telah terbentuk sebelumnya. Berdasarkan tahapan pemodelan yang telah dilakukan, model terbaik yang dihasilkan adalah ARIMAX(0,1,1)x(0,2,2)₇

ARCH(1). Dugaan parameter model rataan dan model ragam ditunjukkan pada Lampiran 8 dan Lampiran 9, sedangkan dugaan persamaan model terbaik dituliskan sebagai berikut:

Model rataan:

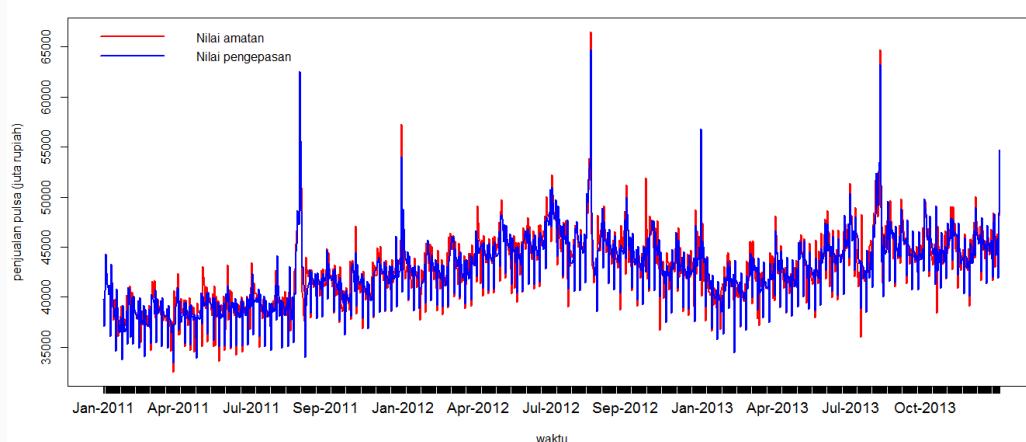
$$\begin{aligned}\hat{Y}_t = & Y_{t-1} + 2Y_{t-7} - 2Y_{t-8} + Y_{t-14} - Y_{t-15} + 7563.247D_{H-1} \text{ Tahun Baru} \\ & - 3830.210D_{\text{Tahun Baru}} - 2672.647D_{\text{Hari Raya Imlek}} \\ & + 3196.132D_{H-6} \text{ Idul Fitri} + 3995.407D_{H-5} \text{ Idul Fitri} \\ & + 6857.161D_{H-4} \text{ Idul Fitri} + 4749.506D_{H-3} \text{ Idul Fitri} \\ & + 8852.503D_{H-2} \text{ Idul Fitri} + 19356.592D_{H-1} \text{ Idul Fitri} \\ & + 7334.080D_{\text{Idul Fitri}} + 3922.567D_{\text{Hari Kemerdekaan RI}} \\ & + 1863.444D_{\text{Idul Adha}} + 2395.671D_{H-1} \text{ Natal} \\ & + 801.776D_{H-2} \text{ Tanggal 1} + 1479.641D_{H-1} \text{ Tanggal 1} \\ & + 2670.172D_{\text{Tanggal 1}} + 1915.216D_{\text{Tanggal 2}} \\ & + 1186.347D_{\text{Tanggal 3}} + a_t - 0.6597a_{t-1} - 1.9477a_{t-7} \\ & + 1.285a_{t-8} - 0.948a_{t-14} - 0.625a_{t-15}\end{aligned}$$

Model ragam:

$$\hat{\sigma}_t^2 = 1663094 + 0.208a_{t-1}^2$$

Evaluasi Model

Evaluasi model dilakukan untuk melihat kebaikan data hasil pemodelan terhadap data pengamatan. Model terbaik yang diperoleh berdasarkan pemodelan ARIMAX-ARCH kemudian dilakukan pengepasan. Plot pengepasan hasil pemodelan dengan data asli ditunjukkan pada Gambar 12.

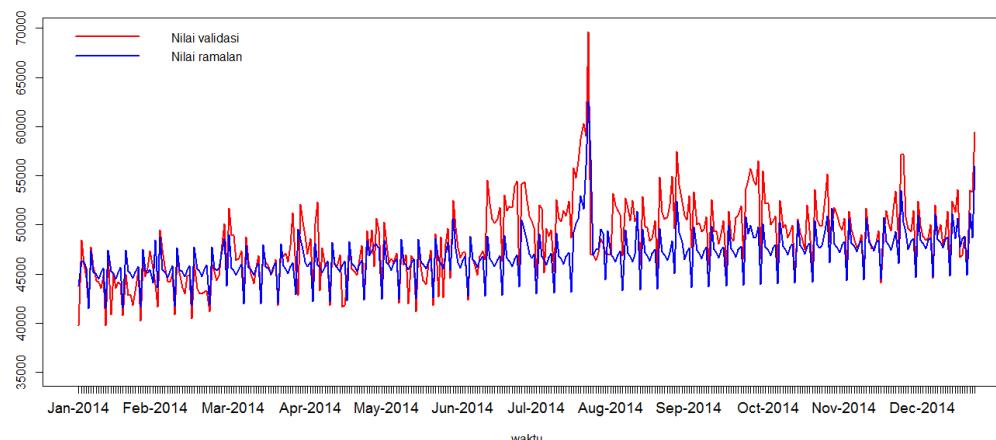


Gambar 12 Plot pengepasan data hasil pemodelan terhadap data amatan

Berdasarkan plot pada Gambar 12, secara eksploratif dapat terlihat bahwa model yang dibangun sudah baik dalam mengamati pola data. Plot data hasil pemodelan memiliki pola yang identik dengan plot data amatan. Beberapa hari khusus dengan kenaikan penjualan ekstrim seperti H-1 Idul Fitri dan H-1 Tahun baru dapat dijangkau berdasarkan hasil pengepasan model terbaik, sehingga dapat disimpulkan bahwa model layak untuk dilakukan peramalan. Model ARIMAX-ARCH tidak hanya menghasilkan data hasil pemodelan, namun juga menghasilkan

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

ragam sisaan bersyarat yang dapat dilihat pada Lampiran 10. Plot data hasil peramalan yang digunakan untuk evaluasi model ditunjukkan pada Gambar 13.



Gambar 13 Plot pengepasan data ramalan terhadap data validasi

Plot pada Gambar 13 secara eksploratif menunjukkan bahwa pola data hasil peramalan pada periode 1 Januari 2014 – 31 Desember 2014 mampu mengikuti pola data amatan. Peramalan pada 5 bulan di awal menunjukkan nilai yang hampir sama dengan nilai asilnya, sehingga peramalan yang dihasilkan cukup baik. Peramalan pada 7 bulan setelahnya cenderung diramalkan lebih rendah dari nilai amatan yang disebabkan terdapatnya pergeseran pola data. Secara keseluruhan peramalan, 104 dari 365 nilai amatan diramalkan lebih tinggi, sedangkan 261 amatan lainnya diramalkan lebih rendah. Hampir seluruh amatan pada 7 bulan terakhir diramalkan lebih rendah yaitu sebanyak 193 dari 214 amatan, sehingga kita dapat simpulkan bahwa model ARIMAX-ARCH kurang baik dalam meramalkan secara akurat untuk periode peramalan dengan jangka waktu yang lebih panjang.

Ditinjau dari kriteria kebaikan model pada data ramalan menggunakan MAPE didapatkan hasil sebesar 4.442%, artinya persentase rata-rata kesalahan mutlak dalam meramalkan 365 data sebesar 4.442%. Berdasarkan kriteria pemilihan model pada data pemodelan menggunakan AIC, kebaikan model pada data validasi menggunakan MAPE, dan hasil eksplorasi dapat disimpulkan bahwa model ARIMAX(0,1,1)x(0,2,2)₇-ARCH(1) merupakan model yang sangat baik dalam meramalkan data penjualan pulsa nasional harian untuk periode waktu 5 bulan pertama namun kurang baik dalam meramalkan data untuk periode waktu 7 bulan setelahnya.

Model ARIMAX(0,1,1)x(0,2,2)₇-ARCH(1) tidak hanya menghasilkan nilai ramalan untuk rataan, namun juga menghasilkan nilai ramalan ragam sisaan bersyarat. Ramalan ragam sisaan menunjukkan besarnya ragam pada setiap waktu pada periode peramalan. Plot ramalan ragam sisaan bersyarat ditunjukkan pada Lampiran 11.

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



SIMPULAN DAN SARAN

Simpulan

Model terbaik yang diperoleh berdasarkan model variasi kalender pada penelitian ini adalah ARIMAX(0,1,1)x(0,2,2)-ARCH(1) dengan peubah prediktor berupa peubah boneka pada H-1 Tahun baru, Tahun Baru Imlek, Wafatnya Isa Almasih, H-7 hingga Hari raya Idul Fitri, H-1 HUT RI, H-1 Idul Adha, H-1 Hari Raya Natal, dan Gaji bulanan. Penjualan pulsa tertinggi pada selang pengamatan terjadi pada H-1 Hari raya Idul Fitri, sedangkan pada hari perdagangan menunjukkan bahwa hari Senin merupakan hari dengan rata-rata penjualan tertinggi dan hari Minggu memberikan nilai penjualan rata-rata terendah. Nilai rata-rata kesalahan peramalan berdasarkan kriteria kebaikan model MAPE sebesar 4.442%. Model yang terbentuk menghasilkan nilai ramalan yang baik pada 5 bulan pertama, sedangkan 7 bulan setelahnya cenderung diramalkan lebih rendah.

Asumsi pada model terbaik yang meliputi tidak terdapatnya autokorelasi antar sisaan dan kehomogenan ragam sisaan terpenuhi, namun satu asumsi lain yaitu kenormalan sisaan tidak terpenuhi. Asumsi kenormalan yang tidak terpenuhi membuktikan bahwa data memiliki volatilitas yang tinggi.

Saran

Model yang dibangun pada penelitian ini berdasarkan variasi kalender nasional. Faktor-faktor lain di luar variasi kalender tidak dimasukkan ke dalam model karena keterbatasan peneliti dalam melakukan eksplorasi terkait kebijakan provider dan informasi historis internal. Penelitian selanjutnya diharapkan mampu menambahkan faktor-faktor berdasarkan informasi historis tersebut. Selain itu periode peramalan yang dilakukan disarankan untuk tidak terlalu panjang.

DAFTAR PUSTAKA

- Box GEP, Jenkins GM, Reinsel GC, Ljung GM. 2015. *Time Series Analysis: Forecasting and Control*. New Jersey (US): J Wiley.
- Brooks C. 2008. *Introductory Econometrics for Finance*. New York (US): Cambridge University Press.
- Cryer JD, Chan KS. 2008. *Time Series Analysis 2nd edition*. New York (US): Springer.
- Greene WH. 2003. *Econometric Analysis*. New Jersey (US): Pearson Education.
- Gujarati DN. 2003. *Basic Econometrics*. New York (US): McGraw-Hill.
- Lee MH, Suhartono, Hamzah NA. 2010. Calendar variation model based on ARIMAX for forecasting sales data with Ramadhan effect. Di dalam: Lee MH, Suhartono, Hamzah NA, editor. *New Hybrid Wavelet Neural Network for Time Series Forecasting*; 2010 Juni; Malaysia. Malaysia (MY): Malaysia Institute of Statistics. Hlm 349-361.



- Lo MS. 2003. Generalized autoregressive conditional heteroscedastic time series model (Tesis). British Columbia (CA): Simon Fraser University.
- Mass CJM, Hox JJ. 2003. The Influence of Violation of Assumptions on Multilevel Parameter Estimates and Their Standard Errors. *Journal of Computational Statistics and Data Analysis*. 46(2004): 427-440. doi: 10.1016/j.csda.2003.08.006
- Montgomery DC, Jennings CL, Kulahci M. 2008. *Introduction to Time Series Analysis and Forecasting*. New Jersey (US): J Wiley.
- Paul RK, Ghosh H, Prajneshu. 2014. Development of Out-of-Sample Forecasts Formulae for ARIMAX-GARCH Model and their Application. *Journal of the Indian Society of Agricultural Statistics*. 68(1): 85-92.
- Tsay RS. 2005. *Analysis of Financial Time Series*. New Jersey (US): J Wiley.
- Wei WWS. 2006. *Time Series Analysis: Univariate and Multivariate Methods*. New York (US): Pearson Education.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

LAMPIRAN

Lampiran 1 Hari-hari dengan nilai penjualan ekstrim

Tanggal	Hari Khusus
27 Maret 2011	Hari Minggu
29 Agustus 2011	H-1 Idul Fitri 2011
31 Desember 2011	H-1 Tahun Baru 2011
18 Agustus 2012	H-1 Idul Fitri 2012
31 Desember 2012	H-1 Tahun Baru 2012
7 Agustus 2013	H-1 Idul Fitri 2013
14 Juli 2013	Hari Minggu
31 Desember 2013	H-1 Tahun Baru 2014
27 Juli 2014	H-1 Idul Fitri 2014
31 Desember 2014	H-1 Tahun Baru 2015

Lampiran 2 Signifikansi parameter model regresi deret waktu

Peubah	Dugaan Parameter	Galat Baku	t-hitung	Nilai-p
Mu	41999.443	113.200	370.903	0.000*
D _{H-1} Tahun Baru	10753.588	1918.300	5.606	0.000*
D _H Tahun Baru	-4337.917	1920.400	-2.259	0.024
D _{H-1} Tahun Baru Imlek	-2872.186	1838.400	-1.562	0.119
D _H Tahun Baru Imlek	-5114.014	1838.400	-2.782	0.005*
D _{H-1} Wafatnya Isa Al-Masih	932.526	1831.600	0.509	0.611
D _H Hari Wafatnya Isa Al-Masih	-3716.384	1838.400	-2.021	0.053
D _{H-1} Kenaikan Isa Al-Masih	1160.357	1838.200	0.631	0.528
D _H Hari Kenaikan Isa Almasih	-3570.003	1838.400	-1.942	0.052
D _{H-1} Hari Raya Nyepi	803.779	1838.500	0.437	0.662
D _H Hari raya Nyepi	-2900.676	1831.600	-1.584	0.114
D _{H-1} Hari Buruh Internasional	682.420	1918.300	0.356	0.722
D _H Hari Buruh Internasional	-1795.756	1920.400	-0.935	0.350
D _{H-1} Isra Miraj Nabi Muhammad SAW	1191.144	1838.400	-0.437	0.715
D _H Isra Miraj Nabi Muhammad SAW	-803.760	1838.300	-0.365	0.627
D _{H-1} Hari Raya Waisak	2136.002	1831.600	1.166	0.244
D _H Hari Raya Waisak	-2100.677	1831.600	-1.147	0.252
D _{H-7} Hari Raya Idul Fitri	2496.344	1840.200	1.357	0.175*
D _{H-6} Hari Raya Idul Fitri	5477.407	1838.400	2.979	0.003*
D _{H-5} Hari Raya Idul Fitri	5497.651	1838.400	2.990	0.003*
D _{H-4} Hari Raya Idul Fitri	6733.938	1838.500	3.663	0.000*
D _{H-3} Hari Raya Idul Fitri	6911.803	1940.900	3.561	0.000*
D _{H-2} Hari Raya Idul Fitri	8913.731	1940.900	4.593	0.000*
D _{H-1} Hari Raya Idul Fitri	20473.907	1918.300	5.606	0.000*

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

	Peubah	Dugaan Parameter	Galat Baku	t-hitung	Nilai-p
D _{H1}	Hari Raya Idul Fitri	6287.825	1838.300	3.420	0.000*
D _{H2}	Hari Raya Idul Fitri	928.112	1839.900	0.504	0.614
D _{H+1}	Hari Raya Idul Fitri	-1694.882	1840.200	-0.921	0.357
D _{H-1}	Hari Kemerdekaan RI	4011.481	1940.900	2.067	0.039*
D _{Hari}	Kemerdekaan RI	-709.073	1940.900	-0.365	0.715
D _{H-1}	Hari Raya Idul Adha	4507.356	1831.600	2.461	0.014*
D _{Hari}	Raya Idul Adha	891.424	1831.600	0.487	0.626
D _{H-1}	Tahun Baru Islam	3053.449	1838.500	1.661	0.097
D _{Tahun}	Baru Islam	-373.202	1831.600	-0.204	0.839
D _{H-1}	Maulid Nabi Muhammad SAW	-1742.757	1838.400	-0.948	0.343
D _{Maulid}	Nabi Muhammad SAW	-3149.265	1838.500	-1.713	0.087
D _{H-1}	Hari Raya Natal	5321.519	1831.600	2.905	0.004*
D _{Hari}	Raya Natal	-438.325	1831.600	-0.239	0.811
D _{H-3}	Tanggal 1	956.946	543.800	1.753	0.079
D _{H-2}	Tanggal 1	1409.599	543.700	2.593	0.010*
D _{H-1}	Tanggal 1	1988.534	591.800	3.360	0.000*
D _{Tanggal}	1	3290.556	597.400	5.509	0.000*
D _{Tanggal}	2	2741.065	545.800	5.022	0.000*
D _{Tanggal}	3	2020.839	545.800	3.703	0.000*
D _{Tanggal}	4	1056.055	547.800	1.928	0.054

*signifikan pada taraf nyata 5%

Lampiran3 Signifikansi parameter uji autokorelasi model regresi

Lag	Q_{LB}	Nilai-p
1	292.320	0.000
2	738.808	0.000
3	1159.457	0.000
4	1564.837	0.000
5	1971.970	0.000
6	2219.020	0.000
7	2957.878	0.000
8	3192.507	0.000
9	3564.323	0.000
10	3923.218	0.000
11	4269.801	0.000
12	4625.199	0.000
13	4826.920	0.000
14	5485.457	0.000

Lampiran 4 Signifikansi parameter uji autokorelasi sisaan model ARIMAX

Lag	Q_{LB}	Nilai-p
1	0.001	0.921
2	0.020	0.990
3	0.055	0.997
4	0.114	0.998
5	0.749	0.980
6	0.842	0.991
7	1.052	0.994
8	1.501	0.993
9	10.242	0.331
10	12.023	0.284
11	15.629	0.156
12	16.220	0.181
13	22.112	0.054
14	22.136	0.076

Lampiran 5 Signifikansi parameter uji kehomogenan ragam model ARIMAX

Lag	LM	Nilai-p
1	57.365	0.000
2	57.274	0.000
3	59.621	0.000
4	59.819	0.000
5	59.790	0.000
6	60.815	0.000
7	60.815	0.000
8	61.073	0.000
9	61.738	0.000
10	61.732	0.000
11	62.283	0.000
12	63.078	0.000
13	63.176	0.000
14	63.596	0.000

Lampiran 6 Signifikansi parameter uji autokorelasi sisaan model ARCH

Lag	Q_{LB}	Nilai-p
1	0.369	0.544
2	0.373	0.830
3	0.527	0.913
4	0.535	0.970
5	0.798	0.977
6	0.800	0.992
7	1.415	0.985

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

Lag	Q_{LB}	Nilai-p
8	2.077	0.979
9	11.496	0.243
10	13.355	0.205
11	17.177	0.103
12	17.710	0.125
13	23.815	0.033
14	23.825	0.048

Lampiran 7 Signifikansi parameter uji kehomogenan ragam model ARCH

Lag	LM	Nilai-p
1	0.672	0.412
2	0.860	0.650
3	0.974	0.808
4	2.115	0.715
5	2.196	0.821
6	2.485	0.870
7	2.717	0.910
8	3.028	0.933
9	3.471	0.943
10	3.492	0.967
11	3.841	0.974
12	4.755	0.966
13	5.477	0.963
14	6.104	0.964

Lampiran 8 Dugaan parameter model rataan

Peubah	Dugaan parameter	Galat baku	t-hitung	Nilai-p
D _{H-1} Tahun Baru	7563.247	755.419	10.012	0.000
D _{Tahun Baru}	-3830.210	752.378	5.091	0.000
D _{Hari Raya Imlek}	-2672.647	695.907	3.841	0.000
D _{H-6 Idul Fitri}	3196.132	732.729	4.362	0.000
D _{H-5 Idul Fitri}	3995.407	748.580	5.337	0.000
D _{H-4 Idul Fitri}	6857.161	756.703	9.062	0.000
D _{H-3 Idul Fitri}	4749.506	797.226	5.957	0.000
D _{H-2 Idul Fitri}	8852.503	754.815	11.728	0.000
D _{H-1 Idul Fitri}	19356.592	743.721	26.027	0.000
D _{H1 Idul Fitri}	7334.080	729.437	10.054	0.000
D _{Hari Kemerdekaan RI}	3922.567	734.143	5.343	0.000
D _{Idul Adha}	1863.444	692.634	2.690	0.001
D _{H-1 Natal}	2395.671	695.881	3.442	0.001
D _{H-2 Tanggal 1}	801.776	210.779	3.804	0.000
D _{H-1 Tanggal 1}	1479.641	222.019	6.664	0.000
D _{Tanggal 1}	2670.172	223.502	11.947	0.000

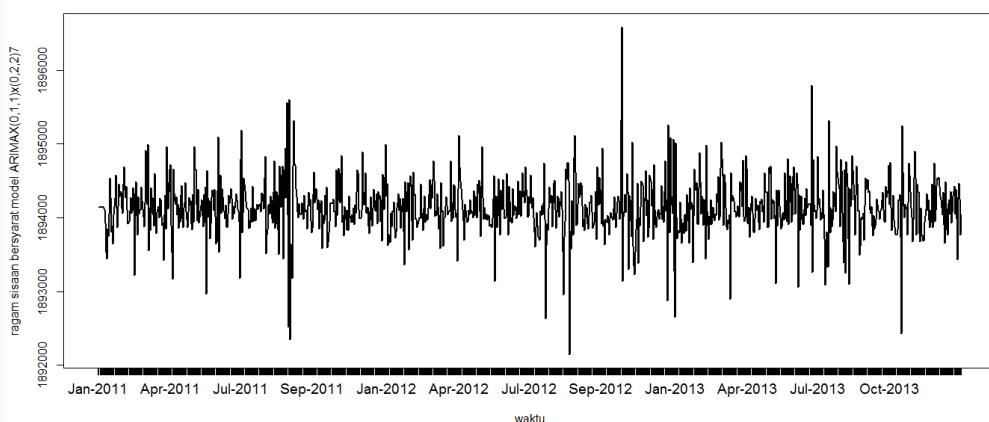
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
- Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

Peubah	Dugaan parameter	Galat baku	t-hitung	Nilai-p
$D_{Tanggal\ 2}$	1915.216	215.237	8.898	0.000
$D_{Tanggal\ 3}$	1186.347	213.416	5.558	0.000
MA(1)	-0.660	0.026	25.051	0.000
SMA(1) ₇	-1.948	0.018	107.082	0.000
SMA(2) ₇	0.948	0.018	53.275	0.000

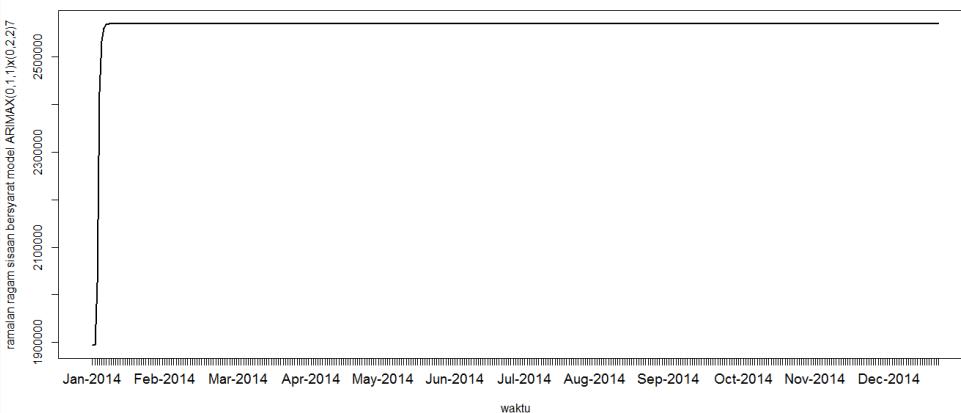
Lampiran 9 Dugaan parameter model ragam

Peubah	Dugaan parameter	Galat baku	t-hitung	Nilai-p
α_0	1663094	4932	33.722	0.000
α_1	2.076	4.428	4.688	0.000

Lampiran 10 Ragam sisaan bersyarat model ARIMAX(0,1,1)x(0,2,2)₇-ARCH(1)



Lampiran 11 Ramalan ragam sisaan bersyarat model ARIMAX(0,1,1)x(0,2,2)₇-ARCH(1)



- Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
Hak Cipta Milik
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Jakarta pada tanggal 10 Agustus 1994 dan merupakan putra pertama dari dua bersaudara dari Bapak Pujianto dan Ibu Endang Prihatin. Pada tahun 2006 penulis lulus dari SDN Pandeyan 2, Maospati, Magetan, kemudian pada tahun 2009 penulis lulus dari SMP Negeri 1 Maospati, Magetan, dan kemudian melanjutkan ke jenjang selanjutnya di SMAN 1 Maospati, Magetan namun di tahun kedua pindah sekolah ke SMA Negeri 9 Jakarta dan lulus pada tahun 2012. Pada tahun yang sama penulis diterima sebagai mahasiswa Departemen Statistika, Institut Pertanian Bogor melalui jalur SNMPTN Undangan. Selain mengambil mayor Statistika, penulis mengambil minor Matematika Keuangan dan Aktuaria.

Selama mengikuti perkuliahan, penulis pernah menjadi asisten mata kuliah Metode Statistika pada semester ganjil tahun ajaran 2014/2015 dan 2015/2016. Pada bulan Juli hingga Agustus 2015 penulis melaksanakan kegiatan praktik lapang di PT Grup Riset Potensial (GRP), Jakarta Pusat. Penulis pernah mendapatkan beberapa prestasi di bidang statistika antara lain Juara II *Data Analysis Competition* (DAC) 2015 pada Pekan Raya Statistika di Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Juara II *Disaster Data Challenge* (DDC) 2015 pada *Statistics in Action* di Universitas Islam Indonesia, dan Semifinalis Kompetisi Statistika Nasional pada 1st Indonesia *Statistics Conference and Olympiad* (ISCO) di Institut Pertanian Bogor dan Sekolah Tinggi Ilmu Statistik.

Selain di bidang akademik, penulis juga aktif mengikuti beberapa kegiatan kemahasiswaan yang meliputi kegiatan organisasi dan kepanitiaan. Pada tahun pertama kuliah penulis aktif di IPB Mengajar sebagai Pengajar Inspiratif 2013. Pada tahun kedua penulis diberikan amanah menjadi Kepala Bagian Masyarakat, Departemen Lingkungan Hidup dan Masyarakat, BEM FMIPA IPB 2014. Pada tahun ketiga penulis diberikan amanah sebagai Ketua Departemen Sosial Masyarakat, BEM FMIPA IPB 2015. Penulis juga pernah mengikuti Program Kreativitas Mahasiswa – Pengabdian kepada Masyarakat (PKM-M) yang didanai oleh DIKTI sebagai anggota kelompok pada tahun 2014. Beberapa kepanitiaan yang pernah diikuti oleh penulis yaitu The 9th Statistika Ria 2013, Pesta Olahraga Statistika 2013, The 10th Statistika Ria 2014, Pesta Sains Nasional 2014, dan *Welcome Ceremony of Statistics* (WCS) 2015.