

SKRIPSI
PERFORMA PETA KENDALI *AUTOREGRESSIVE*
INTEGRATED MOVING AVERAGE

(Studi Kasus: Produk Penjualan Hijab Tahun 2015-2019)

Disusun dan diajukan oleh:

HALNIATI

H12116510



PROGRAM STUDI STATISTIKA DEPARTEMEN STATISTIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

UNIVERSITAS HASANUDDIN

MAKASSAR

2021

**PERFORMA PETA KENDALI *AUTOREGRESSIVE*
*INTEGRATED MOVING AVERAGE***
(Studi Kasus: Produk Penjualan Hijab Tahun 2015-2019)

SKRIPSI

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains
pada Program Studi Statistika Departemen Matematika Fakultas
Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin**

**HALNIATI
H121 16 510**

**PROGRAM STUDI STATISTIKA DEPARTEMEN MATEMATIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM**

UNIVERSITAS HASANUDDIN

MAKASSAR

2021

LEMBAR PENGESAHAN (TUGAS AKHIR)

**PERFORMA PETA KENDALI *AUTOREGRESSIVE
INTEGRATED MOVING AVERAGE***
(Studi Kasus: Produk Penjualan Hijab Tahun 2015-2019)

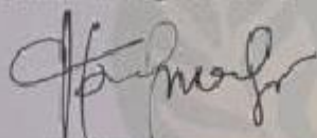
Disusun dan diajukan oleh:

**HALNIATI
H121 16 510**

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka Penyelesaian Studi Program Sarjana Program Studi Statistika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin pada tanggal 30 April 2021 dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

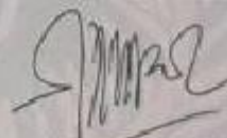
Menyetujui,

Pembimbing Utama,



Dr. Erna Tri Herdiani, S.Si., M.Si.
NIP. 19750429 200003 2 001

Pembimbing Pendamping



Dr. Nurtiti Sunusi, S.Si., M.Si.
NIP. 19720117 199703 2002

Ketua Program Studi



Dr. Nurtiti Sunusi, S.Si., M.Si.
NIP. 19720117 199703 2002

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Halniati
NIM : H 121 16 510
Program Studi : Statistika
Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul

**PERFORMA PETA KENDALI *AUTOREGRESSIVE
INTEGRATED MOVING AVERAGE***
(Studi Kasus: Produk Penjualan Hijab Tahun 2015-2019)

Adalah karya tulisan saya sendiri dan bukan merupakan pengambilan alihan tulisan orang lain bahwa skripsi yang saya tulis ini benar benar merupakan hasil karya saya sendiri.

Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan skripsi ini hasil karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut

Makassar, 30 April 2021

Yang menyatakan



Halniati

KATA PENGANTAR

Segala puji bagi Allah *Subhanahu Wa Ta'ala* pemilik alam semesta yang senantiasa melimpahkan rahmat, hidayah, dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “Performa Peta Kendali *Autoregressive Integrated Moving Average* (Studi Kasus: Jumlah Produk Penjualan Hijab Tahun 2015-2019). Shalawat dan salam senantiasa tercurah kepada Rasulullah *Shallallahu Alaihi Wasallam* suri tauladan terbaik sepanjang masa, kepada keluarga beliau serta para sahabat beliau yang senantiasa berjuang di jalan Allah *Subhanahu Wa Ta'ala*. Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana pada Program Studi Statistika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin. Penulis berharap skripsi ini dapat memberikan tambahan pengetahuan bagi para pembelajar statistika.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan skripsi ini tidak lepas dari hambatan dan masalah namun dapat terselesaikan berkat bantuan, dorongan, dan dukungan dari berbagai pihak baik moril maupun material. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih yang tulus dan tak terhingga kepada orang tua penulis, Ayahanda tercinta dan terkasih **Dempa Hallang** dan Ibunda tercinta dan tersayang **Ramdia** yang telah membesarkan, mendidik, mencintai, menasehati, melindungi dan menyayangi serta menjadi motivasi sepanjang hidup penulis untuk senantiasa menjadi pribadi yang lebih baik serta selalu mengiringi langkah penulis dalam setiap lantunan do'a paling ikhlas dan tulus. Ucapan terima kasih juga kepada kedua adik penulis, **Fatahilla** dan **Naila Alifa** atas doa, perhatian, dukungan, bantuan yang selalu diberikan kepada penulis.

Terima kasih yang sebesar-besarnya dan penghargaan yang tulus juga penulis ucapkan kepada:

1. **Ibu Prof. Dr. Dwia Aries Tina Pulubuhu, MA** selaku Rektor Universitas Hasanuddin beserta seluruh jajarannya.
2. **Bapak Dr. Eng. Amiruddin, M.Si.** selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin beserta seluruh jajarannya

3. **Ibu Dr. Nurtiti Sunusi, S.Si., M.Si.** selaku Ketua Departemen Statistika atas segala nasehat, ilmu, motivasi, dan bantuan yang senantiasa diberikan selama menjadi mahasiswa di Departemen Statistika.
4. **Ibu Dr. Erna Tri Herdiani, S.Si., M.Si.** selaku Pembimbing Utama dan **Ibu Dr. Nurtiti Sunusi, S.Si., M.Si.** selaku Pembimbing Pertama yang dengan sabar senantiasa meluangkan waktu untuk membimbing dan memberi masukan serta motivasi dalam penyelesaian skripsi ini.
5. **Ibu Dr.Dr. Georgina Maria Tinungki, M.Si.** selaku Penguji yang telah sabar meluangkan waktu untuk memberikan kritik dan saran yang membangun demi penyempurnaan penulisan skripsi ini. **Ibu Siti Sahriman, S.Si., M.Si.** selaku Penguji sekaligus Penasehat Akademik yang telah sabar meluangkan waktu untuk memberikan motivasi, dukungan, arahan selama menjadi mahasiswa dan atas waktu yang telah diluangkan untuk memberikan kritik dan saran yang membangun demi penyempurnaan skripsi ini.
6. Seluruh **Dosen dan Staf Departemen Statistika** yang senantiasa berbagi ilmu, nasehat, dan motivasi selama menjadi mahasiswa di Departemen Statistika.
7. *Patnert* bisnis “**THE BUTIEEQ**”, **Nova** atas kerjasama, suka duka, dukungan, bantuan dan kebersamaanya.
8. Sepupu-sepupu tercinta dan terbaik, **Sri Ulfa, A.Md. Keb, Basse Daeng Nige, S.KM, Alpia Daeng Nige, A.Md. Keb, Ridwan** yang telah memberikan motivasi, bantuan serta menjadi tempat curhat terbaik.
9. Sahabat-sahabat tercinta penulis dalam suka dan duka, **Arsyillah Mughni Rahmi, S. Hut., Sinarti, Maman Suriaman, S.E., Andi Yaumil Falakh, Ana Karmelia, S.H.**, yang selalu ada dan menjadi tempat berbagi canda tawa terbaik serta senantiasa memberikan motivasi, kebahagiaan, serta semangat dalam setiap keadaan.
10. Teman-teman **Statistika 2016, Ririn Arianti, S.Si** yang telah banyak membantu penulis dan terkhusus kepada sahabat seperjuangan dalam suka dan duka, **WKND 4EVER: Rosdiana, S.Si, Jumrianti, S.Si, Reski Ulandari, Rayhanna Aulia Amin, S.Si, Reski Amalah, S.Si, Widya Nauli**

Amalia Puteri, S.Si, Dewi Santika Upa, S.Si, Rusyidah Khaerati, S.Si, Fitriatusakiah, S.Si, Dewi Rahma Ente, S.Si, Isnawati, S.Si, Andi Riska Fitriani, S.Si, Zhazha Alifkhamulki Ramdhani, S.Si, Ayu Riski Ramadani, S.Si, Bunga Aprilia, S.Si, Rizki Adiputra, S.Si, Muhammad Jayzul Usrah, S.Si, Agung Muh. Takdir, Suritman, S.Si Fajar Affan, S.Si, Samsul Arifin, S.Si, Terima kasih atas segala pengalaman, cerita, kebahagiaan, keluh kesah, canda tawa, dan kenangan yang telah dibagi bersama-sama.

11. Keluarga besar **KOPMA UNHAS**, terkhusus **PENGURUS TB. 2019**, atas pengalaman, suka duka, cerita, canda tawa, kenangan dan motivasi serta kasih sayang yang telah dibagi bersama-sama.
12. Keluarga besar **KKN TEMATIK PERBATASAN ATAMBUA-TIMOR LESTE**, terkhusus teman-teman seperjuangan **KENEBIBI POSKO 3** atas pengalaman dan cerita suka dukanya selama mengabdikan di daerah timor.
13. Serta semua pihak yang turut membantu dalam penyelesaian skripsi ini yang tidak dapat penulis ucapkan satu per satu. Terima kasih sebesar-besarnya dan semoga dapat bernilai ibadah.

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan skripsi ini masih terdapat banyak kekurangan. Oleh karena itu, dengan segala kerendahan hati memohon maaf. Semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat.

Makassar, April 2021



Halniati

ABSTRAK

Proses produksi yang berfokus pada kualitas akan menghasilkan produk yang bebas dari kerusakan dan mengalami adanya variansi. Peta kendali ARIMA digunakan untuk menangani data autokorelasi dengan konsep pemodelan stokastik dari deret waktu. Tujuan penelitian ini adalah menentukan peta kendali ARIMA dan mengetahui performanya berdasarkan perhitungan ARL pada data produk penjualan hijab tahun 2015-2019. Hasil penelitian menunjukkan bahwa peta kendali ARIMA lebih sensitif dibandingkan dengan peta kendali ARIMA EWMA dalam mendeteksi pergeseran proses. Berdasarkan perhitungan ARL dengan nilai $\lambda = 0,1$, $\lambda = 0,5$, $\lambda = 0,7$ menunjukkan bahwa peta kendali ARIMA EWMA lebih sensitif dibandingkan peta kendali ARIMA.

Kata Kunci: ARIMA, Peta Kendali ARIMA, Peta Kendali ARIMA EWMA, *Average Run Length*.

ABSTRACT

Production processes that focus on quality will produce products that are free from damage and experience variance. ARIMA control chart is used to handle autocorrelation data with the concept of stochastic modeling of time series. The purpose of this study is to determine the ARIMA control chart and determine its performance based on the ARL calculation on the hijab sales product data for 2015-2019. The results showed that the ARIMA control chart is more sensitive than the ARIMA EWMA control chart in detecting process shifts. Based on the calculation of ARL with a value of $\lambda = 0.1$, $\lambda = 0.5$, $\lambda = 0.7$ shows that the ARIMA EWMA control chart is more sensitive than the ARIMA control chart.

Keywords: ARIMA, ARIMA Control Chart, ARIMA EWMA Control Chart, Average Run Length.

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL i

LEMBAR PENGESAHAN iii

PERNYATAAN KEASLIAN iv

KATA PENGANTAR..... v

ABSTRAK viii

ABSTRACK ix

DAFTAR ISI..... xi

DAFTAR TABEL xiii

DAFTAR GAMBAR..... xiv

DAFTAR LAMPIRAN xv

BAB I PENDAHULUAN..... 1

 1.1 Latar Belakang 1

 1.2 Rumusan Masalah 2

 1.3 Batasan Masalah..... 2

 1.4 Tujuan Penelitian..... 3

 1.5 Manfaat Penelitian..... 3

BAB II TINJAUAN PUSTAKA..... 4

 2.1 Peta Kendali 4

 2.2 Model *Autoregressive Integrated Moving Average* 5

 2.2.1 Stasioneritas 5

 2.2.2 *Autocorrelation Function* 6

 2.2.3 *Partial Autocorrelation Function* 6

2.2.4 <i>Autoregressive Integrated Moving Average</i>	7
2.3 Peta Kendali ARIMA	10
2.4 Peta Kendali ARIMA EWMA	13
2.5 Average Run Lenght	14
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	16
3.1 Sumber Data	16
3.2 Identifikasi Variabel	16
3.3 Metode Analisis.....	16
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	18
4.1 Peta Kendali ARIMA untuk Data Penjualan Hijab.....	18
4.1.1 Identifikasi Kestasioneran Data	18
4.1.2 Estimasi Parameter	21
4.1.3 Pemeriksaan Diagnostik	21
4.1.4 Pemilihan Model Terbaik	22
4.1.5 Pembuatan Batas Kendali ARIMA.....	23
4.1.6 Pembuatan batas kendali ARIMA EWMA.....	24
4.2 Performa Peta Kendali ARIMA dan ARIMA EWMA	26
4.2.1 Perhitungan ARL pada Peta Kendali ARIMA.....	26
4.2.2 Perhitungan ARL pada Peta Kendali ARIMA EWMA.....	28
4.2.3 Perbandingan nilai <i>Average Run Lenght</i> untuk Peta Kendali ARIMA dan Peta Kendali ARIMA EWMA	29
BAB V PENUTUP.....	32
5.1 Kesimpulan.....	32
5.2 Saran	32
DAFTAR PUSTAKA	33
LAMPIRAN.....	35

DAFTAR TABEL

Tabel 4. 1 Uji Signifikansi Parameter Model	21
Tabel 4. 2 Perbandingan Nilai MSE.....	22
Tabel 4. 3 Perbandingan Nilai ARL ARIMA dan ARL ARIMA EWMA	30

DAFTAR GAMBAR

Gambar 4. 1 Plot Data Penjualan Hijab.....	18
Gambar 4. 2 Plot ACF Data Penjualan Hijab	19
Gambar 4. 3 Plot ACF Hasil <i>Differencing</i> Kedua.....	20
Gambar 4. 4 Plot PACF Hasil <i>Differencing</i> Kedua.....	20
Gambar 4. 5 Peta Kendali <i>Moving Range</i>	23
Gambar 4. 6 Peta Kendali <i>Individual</i>	24
Gambar 4. 7 Peta Kendali EWMA	26
Gambar 4. 8 Grafik Nilai ARL ARIMA dan ARL ARIMA EWMA.....	31

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1: Data Produk Penjualan Hijab Tahun 2015-2019	36
Lampiran 2: Output nilai ACF Data Penjualan Hijab Hasil <i>Differencing</i> Pertama	37
Lampiran 3: Output Nilai ACF dan PACF Data Jumlah Produk Penjualan Hijab Hasil <i>Differencing</i> kedua.....	38
Lampiran 4: Output Estimasi Parameter ARIMA(1,2,0) dan ARIMA(0,2,1)	40
Lampiran 5: Output Residual ARIMA(1,2,0) dan ARIMA(0,2,1)	42
Lampiran 6: Hasil Perhitungan Nilai X_t Peta Kendali ARIMA EWMA	43
Lampiran 7: Faktor-Faktor untuk Membuat Peta Kendali Variabel	44
Lampiran 8: Nilai Residual dan Nilai Rentang Sampel	45

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Proses produksi yang berfokus pada kualitas akan menghasilkan produk yang bebas dari kerusakan. Pengendalian kualitas pada proses produksi harus terus-menerus dilakukan untuk meminimalkan kecacatan. Oleh karena itu, teknologi dan metode pengendalian kualitas semakin berkembang. Proses pengendalian statistik adalah sebuah metode yang banyak digunakan untuk memastikan proses produksi sesuai standar. Salah satu alat bantu proses pengendalian statistik adalah peta kendali.

Peta kendali merupakan alat *Statistical Proses Control* yang paling penting digunakan untuk mendeteksi proses dalam keadaan terkendali atau tidak terkendali. Peta kendali pertama kali diperkenalkan oleh Dr. Walter.A Shewhart pada tahun 1931 (Akhmadi, 2006). Terdapat beberapa peta kendali menurut data yang digunakan, salah satunya peta kendali untuk data variabel yaitu diagram kontrol yang dapat diukur atau mengalami variansi.

Ada beberapa metode yang cocok untuk membuat peta kendali yang terdapat variansi, salah satunya peta kendali *Shewhart*. Konsep *Shewhart* mengasumsikan bahwa data yang diukur tidak berkorelasi sehingga ketika menghadapi data autokorelasi dengan tingkat yang sangat rendah dapat menyebabkan adanya kegagalan pada peta kendali *Shewhart*. Salah satu cara untuk menangani data autokorelasi adalah dengan konsep pemodelan stokastik dari deret waktu yaitu menggunakan *autoregressive integrated moving average* (ARIMA). Pada tahun 2012, Kovarik dan Klimek mengusulkan peta kendali ARIMA dan EWMA pada data keuangan yang memiliki sifat heteroskedastisitas. Hasilnya menunjukkan bahwa peta kendali menjadi lebih sensitif dalam mendeteksi perubahan yang kecil ketika menghadapi data berautokorelasi.

Russo, Maria dan Jonas (2012), telah menerapkan peta kendali ARIMA untuk data autokorelasi. Proses yang telah dilakukan oleh para peneliti ini adalah

menggunakan teknik peta kendali untuk data yang berautokorelasi dengan menjadikan sebagai model ARIMA. Residual yang dihasilkan dari model ini diterapkan pada peta kendali *Shewhart*. Data yang digunakan berasal dari data perusahaan industri kain. Perkembangan peta kendali untuk variabilitas proses memperhatikan kinerja dari peta kendali tersebut. Kinerja dari suatu peta kendali dapat dilihat dari seberapa cepat suatu peta kendali mengidentifikasi adanya sinyal *out of control*. Salah satu metode untuk melihat kinerja peta kendali adalah *Average Run Length* (ARL).

Nur Ekayanti (2016) telah mengkaji tentang peta kendali ARIMA dan aplikasinya pada data Produk Domestik Bruto (PDB) Indonesia, namun belum dilakukan analisis tentang performa *Average Run Length* nya. Oleh karena itu, pada tugas akhir ini dilakukan kajian *Average Run Length* untuk menguji performa peta kendali yang diperoleh dan data yang digunakan yaitu jumlah produk penjualan hijab pada tahun 2015-2019.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang diuraikan, permasalahan yang diangkat dalam tugas akhir ini adalah :

1. Bagaimana menentukan peta kendali ARIMA pada data jumlah produk penjualan hijab tahun 2015-2019 dan membandingkan dengan peta kendali ARIMA EWMA?
2. Bagaimana menentukan performa peta kendali ARIMA menggunakan *Average Run Length* (ARL)?

1.3 Batasan Masalah

Pembahasan tugas akhir ini dibatasi pada data produk penjualan hijab tahun 2015-2019 yang saling berautokorelasi dan pada model ARIMA EWMA nilai lamda yang digunakan adalah $\lambda = 0,1$, $\lambda = 0,5$, $\lambda = 0,7$ dan $\lambda = 0,9$.

1.4 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah, maka tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Memperoleh peta kendali ARIMA dan peta kendali ARIMA EWMA pada data jumlah produk penjualan hijab tahun 2015-2019.
2. Memperoleh informasi tentang performa peta kendali ARIMA menggunakan *Average Run Length (ARL)*.

1.5 Manfaat Penelitian

Penulisan tugas akhir ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai gambaran dan alternatif pertimbangan dalam menggunakan peta kendali ARIMA. Secara umum untuk semua mahasiswa yang bekerja dengan metode pengendalian kualitas statistika dan aplikasinya.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Peta Kendali

Peta Kendali merupakan suatu teknik yang dikenal sebagai metode grafik yang digunakan untuk mengevaluasi apakah suatu proses berada dalam pengendalian kualitas secara statistik atau tidak sehingga dapat memecahkan masalah dan menghasilkan perbaikan kualitas. Peta Kendali pertama kali diperkenalkan oleh DR. Walter Andrew Shewart pada tahun 1924 dengan maksud menghilangkan variasi tidak normal melalui pemisahan variasi yang disebabkan oleh penyebab khusus dan variasi yang disebabkan oleh sebab umum (Gaspersz, 1998).

Montgomery (1998) menyatakan peta kendali dapat digunakan oleh manajemen sebagai alat guna mencapai tujuan tertentu berkenaan dengan mutu proses. Garis tengah dan batas-batas kendali dapat merupakan nilai-nilai standar yang dipilih oleh manajemen, sedemikian hingga mereka menghendaki proses dalam keadaan terkendali pada tingkat mutu itu. Peta kendali juga dapat berfungsi sebagai alat penaksir parameter tertentu seperti rata-rata (*mean*), standar deviasi, bagian yang sesuai dan sebagainya. Sebagian taksiran ini mempunyai dampak yang cukup besar pada banyak masalah, keputusan manajemen yang terjadi dalam perputaran produk, termasuk keputusan membuat atau membeli, perangkat pabrik dan proses yang mengurangi variabilitas proses dan perjanjian kontrak dengan langganan atau penjual mengenai mutu produk.

Gaspersz (2009), menyebutkan bahwa terdapat beberapa jenis peta kendali berdasarkan jenis data pengukuran yang dipakai (data variabel atau data atribut). Data variabel menunjukkan karakteristik kualitas berdimensi kontinu yang dapat mengambil nilai-nilai kontinu yang kemungkinan yang tidak terbatas, seperti panjang, kecepatan, bobot, volume dan lain-lain. Sedangkan data atribut hanya memiliki dua nilai yang berkaitan dengan ya atau tidak, seperti sesuai atau tidak sesuai, berhasil atau gagal dan lain-lain. Peta kendali sederhana dengan terdiri dari tiga garis, yaitu garis tengah (*center line*), garis batas atas atau UCL (*Upper Control Limit*) dan garis batas bawah atau LCL (*Lower Control Limit*).

Adapun bentuk umum peta kendali Shewhart, yaitu :

$$\begin{aligned} UCL &= \mu + L\sigma \\ CL &= \mu \\ LCL &= \mu - L\sigma \end{aligned} \tag{2.1}$$

2.2 Model Autoregressive Integrated Moving Average

2.2.1 Stasioneritas

Pembentukan model deret waktu diasumsikan bahwa data dalam keadaan stasioner. Suatu model deret waktu dikatakan stasioner jika tidak ada perubahan kecenderungan dalam variansi dan rata-rata. Kestasioneran dalam variansi dapat dilakukan dengan melihat plot Box-Cox data. Jika koefisien λ (lamda) yang diperoleh sama dengan satu atau mendekati nilai satu, maka data dapat dikatakan stasioner terhadap variansi (Box & Cox, 1964). Sedangkan untuk mengetahui kestasioneran dalam rata-rata, dapat digunakan diagram deret waktu (*time series plot*) yaitu diagram pencar antara nilai peubah Z_t dengan waktu t . Jika diagram deret waktu berfluktuasi di sekitar garis yang sejajar sumbu waktu (t) maka dikatakan deret (*series*) stasioner dalam rata-rata. Bila stasioner dalam rata-rata tidak terpenuhi diperlukan proses pembedaan (*differencing*) (Aswi, 2006).

Proses *differencing* pada orde pertama merupakan selisih antara data ke- t dengan data ke $t-1$, yaitu:

$$\Delta Z_t = Z_t - Z_{t-1}$$

Adapun bentuk *differencing* untuk orde kedua adalah:

$$\Delta^2 Z_t = \Delta Z_t - \Delta Z_{t-1} = (Z_t - Z_{t-1}) - (Z_{t-1} - Z_{t-2}) = Z_t - 2Z_{t-1} + Z_{t-2}$$

Bila kondisi stasioner terhadap dalam variansi tidak terpenuhi, dilakukan transformasi pangkat yang dikenal dengan transformasi Box-Cox:

$$Z_t^{(r)} = \frac{Z_t^{(r)} - 1}{r}$$

2.2.2 Autocorrelation Function

Koefisien korelasi adalah suatu fungsi yang menunjukkan besarnya korelasi (hubungan linear) antara pengamatan pada waktu ke t (dinotasikan dengan Z_t) dengan pengamatan pada waktu-waktu sebelumnya model dapat digunakan untuk memprediksi nilai ramal di masa mendatang. Pada fungsi autokorelasi, ρ_k merupakan ukuran korelasi antara dua nilai Z_t dan Z_{t+k} dengan k merupakan koefisien korelasi pada lag k . Untuk Z_t yang stasioner terdapat nilai rata-rata $E(Z_t) = \mu$ dan variansi $Var(Z_t) = E(Z_t - \mu)^2 = \sigma^2$ adalah bernilai konstan. Autokovarian antara Z_t dan Z_{t+k} adalah sebagai berikut:

$$\gamma_k = cov(Z_t, Z_{t+k}) = E(Z_t - \mu)(Z_{t+k} - \mu)$$

Dan korelasi antara Z_t dan Z_{t+k} adalah:

$$\rho_k = corr(Z_t, Z_{t+k}) = \frac{cov(Z_t, Z_{t+k})}{\sqrt{var(Z_t)var(Z_{t+k})}} = \frac{\gamma_k}{\gamma_0}$$

Pada analisa deret berkala, nilai γ_k disebut sebagai fungsi autokovarian dan ρ_k disebut sebagai fungsi autokorelasi yang merupakan ukuran keeratan antara Z_t dan Z_{t+k} dari proses yang sama dan hanya dipisahkan oleh selang waktu ke- k (Wei, 2006).

Perhitungan fungsi autokorelasi dengan pengambilan data sampel dirumuskan sebagai berikut:

$$\rho_k = \frac{\sum_{t=1}^{n-k} (Z_t - \bar{Z})(Z_{t+k} - \bar{Z})}{\sum_{t=1}^n (Z_t - \bar{Z})^2}, k = 0, 1, 2, \dots$$

Nilai ρ_k yang mendekati ± 1 mengindikasikan adanya korelasi tinggi, sedangkan nilai ρ_k yang mendekati nol mengindikasikan adanya hubungan yang lemah. Diagram ACF dapat digunakan sebagai alat untuk mengidentifikasi kestasioneran data. Jika diagram ACF cenderung turun lambat atau turun secara linear, maka dapat disimpulkan data belum stasioner dalam rata-rata.

2.2.3 Partial Autocorrelation Function

Fungsi autokorelasi parsial digunakan untuk mengukur keeratan antara Z_t dan Z_{t-k} , apabila pengaruh dari lag waktu (*time lag*) $1, 2, 3, \dots, k-1$ dianggap terpisah. Fungsi autokorelasi parsial adalah suatu fungsi yang menunjukkan

besarnya korelasi parsial antara pengamatan pada waktu ke t dengan pengamatan pada waktu-waktu sebelumnya.

Adapun rumus autokorelasi parsial adalah sebagai berikut:

$$\phi_{kk} = \text{corr}(Z_t, Z_{t-k} | Z_{t-1}, Z_{t-2}, \dots, Z_{t-k+1})$$

Nilai ϕ_{kk} dapat ditentukan melalui persamaan Yule Walker sebagai berikut:

$$\rho_j = \phi_{k1}\rho_{j-1} + \dots + \phi_{kk}\rho_{j-k}, j = 1, 2, \dots, k - 1$$

Durbi (1960) telah memperkenalkan metode yang lebih efisien untuk menyelesaikan persamaan Yule Walker (Aswi, 2006), yaitu:

$$\phi_{kk} = \frac{\rho_k - \sum_{j=1}^{k-1} \phi_{k-1,j}\rho_{k-j}}{1 - \sum_{j=1}^{k-1} \phi_{k-1,j}\rho_j}$$

Dengan $\phi_{kj} = \phi_{k-1,j} - \phi_{kk}\phi_{k-1,k-j}$, untuk $j = 1, 2, \dots, k - 1$

2.2.4 Autoregressive Integrated Moving Average

Model *Autoregressive Integrated Moving Average* (ARIMA) sering juga disebut metode deret waktu *Box-Jenkins*. ARIMA merupakan hasil penggabungan model *autoregressive* AR (p), *moving average* MA (q) dengan proses *differencing* (d). Model *autoregressive* adalah suatu bentuk regresi, tetapi tidak menghubungkan variabel tak bebas melainkan menghubungkan nilai-nilai sebelumnya pada *lag* (selang waktu) yang bermacam-macam. Jadi, suatu model *autoregressive* akan menyatakan suatu ramalan sebagai fungsi nilai-nilai sebelumnya dari deret waktu tertentu (Makridakis, Wheelwright, & Hyndman, 1998). Sedangkan model *moving average* merupakan model yang menggambarkan ketergantungan variabel terikat Z terhadap nilai-nilai *residual* pada waktu sebelumnya yang berurutan.

Secara umum, bentuk model ARIMA (p, d, q) sebagai berikut:

$$\phi_p(B)(1 - B)^d Z_t = \theta_q(B)e_t$$

dengan p = orde AR

d = orde *differencing*

q = orde MA

$$\phi_p(B) = (1 - \phi_1 B - \phi_2 B^2 - \dots - \phi_p B^p)$$

$$\theta_q(B) = (1 - \theta_1 B - \theta_2 B^2 - \dots - \theta_p B^p)$$

$\phi_1, \phi_2, \phi_3, \dots, \phi_p =$ koefisien orde p

$\theta_1, \theta_2, \theta_3, \dots, \theta_q =$ koefisien orde q

$(1 - B)^d =$ orde *differencing* non-musiman

$Z_t =$ besarnya pengamatan pada waktu ke- t

$e_t =$ suatu proses *residual* pada waktu ke- t yang diasumsikan mempunyai *mean* 0 dan variansi konstan σ_e^2 (Aswi, 2006).

Tahap-tahap analisis runtun waktu model ARIMA adalah sebagai berikut:

1. Tahap identifikasi

Tahap identifikasi merupakan suatu tahapan yang digunakan untuk mencari atau menentukan nilai p, d dan q dengan bantuan autocorrelation function (ACF) atau fungsi autokorelasi dan partial autocorrelation function (PACF) atau fungsi autokorelasi parsial.

2. Tahap Estimasi

Model sementara yang telah diperoleh, selanjutnya dilakukan estimasi parameter. Metode yang digunakan untuk estimasi parameter adalah *Least Square*. Metode ini dapat digunakan untuk menduga parameter ARMA yaitu ϕ dan θ . Estimasi parameter ARMA dilakukan hingga membuat nilai jumlah kuadrat galat menjadi minimum yaitu $S(\phi, \theta) = \min \sum_{i=1}^n e_i^2$

a. Membentuk suatu fungsi:

$$S(\phi, \theta) = \sum_{i=1}^n e_i^2$$

b. Mendiferensiasikan S terhadap parameter-parameter didalamnya dan hasilnya sama dengan nol.

Misalnya dilakukan estimasi parameter untuk AR(1).

$$Z_t = \phi_1 Z_{t-1} + e_t$$

Fungsi pada persamaan diatas dijabarkan menjadi persamaan berikut:

$$S(\phi_1) = \sum_{i=1}^n [Z_t - (\phi_1 Z_{t-1})]^2$$

Fungsi pada persamaan diatas dijabarkan menjadi persamaan berikut:

$$S(\phi_1) = \sum_{i=1}^n [Z_t^2 - 2Z_t\phi_1 Z_{t-1} + \phi_1^2 Z_{t-1}^2]$$

Setelah persamaan dijabarkan, lalu disamakan dengan nol menjadi:

$$\frac{\partial S}{\partial \phi_1} = \sum_{t-1}^n -2Z_t Z_{t-1} + 2\phi_1 \sum_{t-1}^n Z_{t-1}^2 = 0$$

$$2\phi_1 \sum_{t-1}^n Z_{t-1}^2 = 2 \sum_{t-1}^n Z_t Z_{t-1}$$

$$\phi_1 = \frac{2 \sum_{t=1}^n Z_t Z_{t-1}}{2 \sum_{t=1}^n Z_{t-1}^2}$$

Berdasarkan persamaan diatas, maka estimasi parameter untuk $\hat{\phi}_1$ dapat diperoleh dengan menggunakan persamaan tersebut. Setelah dilakukan estimasi parameter, maka parameter tersebut perlu diuji signifikansinya untuk mengetahui apakah parameter tersebut dapat dimasukkan dalam model dengan uji signifikan.

3. Uji Kesesuaian Model

a. Uji Sisa *White Noise*

- Hipotesis $H_0: \rho_1 = \rho_2 = \dots = \rho_k = 0$ (sisa memenuhi syarat WN)
- Statistik Uji : uji *Ljung-Box* atau *Box-Pierce Modifiedi* :

$$Q = n(n+2) \sum_{k=1}^K \frac{\hat{\rho}_k^2}{(n-k)} \quad (2.2)$$

$$\hat{\rho}_k^2 \text{ diperoleh dari } \hat{\rho}_k^2 = \frac{\sum_{t=1}^{n-k} (\hat{a}_t - \hat{a})}{\sum_{t=1}^n (\hat{a} - \hat{a})^2}$$

- Daerah Penolakan

Tolak H_0 jika $Q > X_{\alpha; df=K-m}^2$. K berarti pada lag K dan m adalah jumlah parameter yang ditaksir dalam model.

b. Uji Asumsi Distribusi Normal

Salah satu cara untuk melakukan uji asumsi kenormalan adalah uji *Jarque-Berra* (JB). Uji ini berfungsi untuk menguji kenormalan sebaran data yang mengukur perbedaan antara *skewness* (kemenjuluran) dan *kurtosis* (keruncingan) dari sebaran data. Uji JB memiliki hipotesis sebagai berikut:

- Hipotesis H_0 : *residual* data berdistribusi normal

$$H_1 : \textit{residual} \text{ data berdistribusi tidak normal}$$

- Statistik Uji

$$JB = n \left[\frac{s^2}{6} + \frac{(K - 3)^2}{24} \right]$$

dengan n = banyaknya pengamatan, S = koefisien kemenjuluran, K = koefisien keruncingan.

- Daerah Penolakan

Tolak H_0 jika $p_{value} > \alpha$.

4. Pemilihan Model Terbaik

Kriteria yang dapat digunakan untuk pemilihan model ARIMA yang terbaik adalah dengan menggunakan kriteria *Mean Squared Error* (MSE), yaitu suatu kriteria pemilihan model terbaik berdasarkan pada hasil sisa peramalannya. Persamaan MSE adalah sebagai berikut:

$$MSE = \frac{1}{N} \sum_{t=1}^N \hat{e}_t^2$$

dimana :

\hat{e}_t = taksiran residual pada peramalan

N = banyaknya residual

Pada pemilihan model terbaik yang digunakan untuk meramalkan suatu data dapat dipertimbangkan dengan meminimalkan residual yang mempunyai nilai ukuran kesalahan model terkecil.

2.3 Peta Kendali ARIMA

Peta kendali ARIMA didasarkan pada prinsip menemukan model deret waktu yang cocok dan penggunaan peta kendali untuk model residual. Langkah penting lainnya dalam penggunaan model ARIMA adalah pemilihan peta kendali *Statistical Process Control* (SPC) yang sesuai. Jika jumlah pengamatan sama dengan satu ($n = 1$) maka diutamakan menggunakan peta kendali *Individual Moving Range* (I-MR) (Kovarik dan Klimek, 2012). Peta kendali I-MR merupakan gabungan dari peta kendali *Individual* (I) yang menampilkan angka

hasil pengukuran dengan peta kendali *Moving Range* (MR) yang menampilkan perbedaan angka dari pengukuran yang satu ke pengukuran selanjutnya. Dalam menginterpretasikan pola grafik *individual*, pertama-tama harus menentukan peta kendali MR dalam keadaan terkendali atau tidak.

Pembuatan batas kendali memerlukan penaksir untuk standar deviasi σ . Jika z_1, z_2, \dots, z_n merupakan sampel berukuran n dan berdistribusi normal dengan mean μ dan variansi σ^2 maka rentang sampel (R) merupakan selisih pengamatan yang terbesar dan terkecil, yaitu

$$R = z_{max} - e_{min}.$$

Penggunaan peta kendali MR dalam peta kendali *individual* adalah hasil dari rentang antara dua pengamatan yang berurutan, dengan persamaannya menjadi;

$$R_t = |e_t - e_{t-1}|,$$

dengan $t = 1, 2, 3, \dots, n$; n menunjukkan jumlah bulan yang digunakan.

Hubungan antara rentang sampel dan standar deviasi dari distribusi normal, ditentukan oleh $W = R/\sigma$, dimana W merupakan rentang relatif (Montgomery, 2009). Sedangkan parameter dari distribusi W adalah fungsi dari n sampel dan *mean* W adalah d_2 . Sehingga penaksir untuk σ adalah $\hat{\sigma} = R/d_2$. Nilai d_2 untuk ukuran sampel dapat dilihat nilainya pada Lampiran 6.

Misalkan R_1, R_2, \dots, R_n merupakan rentang n untuk sampel tersebut, dengan rentang rata-ratanya sebagai berikut

$$\bar{R} = \frac{R_1 + R_2 + \dots + R_n}{n},$$

maka taksiran untuk σ dihitung sebagai berikut:

$$\hat{\sigma} = \frac{\bar{R}}{d_2}$$

Penggunaan peta kendali untuk model residual, dengan residualnya adalah

$$e_t = z_t - \hat{z}_t,$$

dimana e_t independen dan berdistribusi normal dengan rata-rata nol dan variansi konstan. Persamaan rata-rata residual adalah :

$$\bar{e} = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n e_t$$

Ketika dilakukan pengujian residual dan diperoleh nilai residualnya tidak berautokorelasi dan berdistribusi normal, maka langkah selanjutnya dilakukan pemeriksaan kestabilan prosesnya secara statistik atau tidak (Kovarik dan Klimek, 2012).

Bentuk umum peta kendali dengan menggunakan batas kendali 3σ dan \bar{e} digunakan sebagai penaksir untuk μ dan \bar{R}/d_2 sebagai penaksir untuk σ , maka peta kendali ARIMA untuk nilai-nilai individual dapat ditentukan dengan :

$$\begin{aligned} UCL &= \bar{e} + 3 \frac{\bar{R}}{d_2} \\ CL &= \bar{e} \\ LCL &= \bar{e} - 3 \frac{\bar{R}}{d_2} \end{aligned} \quad (2.3)$$

Penggunaan batas kendali 3σ dikarenakan dapat memberikan hasil yang baik dalam hal praktek.

Taksiran σ_R digunakan untuk menentukan batas pengendalian dalam peta kendali MR, dengan karakteristik kualitas berdistribusi normal dan untuk estimasi $\hat{\sigma}_R$ diperoleh dari distribusi rentang $W = R/\sigma$. Standar deviasi W adalah fungsi n yang diketahui. Jadi, karena $R = W\sigma$, maka standar deviasi R adalah $\sigma_R = d_3\sigma$. Karena σ tidak diketahui, maka σ_R dapat ditaksir dengan persamaan

$$\hat{\sigma}_R = d_3 \frac{\bar{R}}{d_2}$$

Sehingga, parameter untuk MR dengan batas pengendali 3σ adalah

$$\begin{aligned} UCL &= \bar{R} + 3\hat{\sigma}_R = \bar{R} + 3d_3 \frac{\bar{R}}{d_2} \\ CL &= \bar{R} \\ LCL &= \bar{R} - 3\hat{\sigma}_R = \bar{R} - 3d_3 \frac{\bar{R}}{d_2} \end{aligned}$$

Misalkan, $D_3 = 1 - 3 \frac{d_3}{d_2}$ dan $D_4 = 1 + 3 \frac{d_3}{d_2}$, maka parameter-parameter peta kendali MR dapat didefinisikan kembali sebagai berikut :

$$\begin{aligned} UCL &= D_4 \bar{R} \\ CL &= \bar{R} \\ LCL &= D_3 \bar{R} \end{aligned} \tag{2.4}$$

2.4 Peta Kendali ARIMA EWMA

Peta kendali ARIMA EWMA dapat didefinisikan sebagai berikut (Montgomery, 2009):

$$x_t = \lambda e_t + (1 - \lambda)x_{t-1} \tag{2.5}$$

dengan x_t merupakan nilai EWMA pengamatan ke- t , e_t merupakan data nilai residual dari model ARIMA ke- t , dan λ merupakan nilai pembobot dengan $0 < \lambda \leq 1$ adalah konstan (sampel pertama pada $t = 1$) sehingga $z_0 = \mu_0$. Lebih lanjut lagi (Montgomery, 2009) menyatakan bahwa dalam praktiknya, nilai $\lambda = 0,05$; $\lambda = 0,1$; $\lambda = 0,2$ dan $L = 3$ adalah pilihan yang populer dalam mendeteksi pergeseran proses yang kecil.

Batas kontrol dari peta kendali ARIMA EWMA adalah:

$$UCL = \mu_0 + L\sigma \sqrt{\frac{\lambda}{(2-\lambda)} (1 - (1 - \lambda)^{2t})},$$

$$CL = \mu_0 ,$$

$$LCL = \mu_0 - L\sigma \sqrt{\frac{\lambda}{(2-\lambda)} (1 - (1 - \lambda)^{2t})},$$

atau,

$$UCL = \mu_0 + L\sigma \sqrt{\frac{\lambda}{(2 - \lambda)}} \tag{2.6}$$

$$LCL = \mu_0 - L\sigma \sqrt{\frac{\lambda}{(2 - \lambda)}}$$

dengan L adalah lebar dari batas kendalinya, μ_0 adalah rata-rata residual pengamatan, σ adalah simpangan baku residual dari pengamatan, *upper control limit* adalah batas kendali atas, *control limit* adalah titik tengah dan *lower control limit* adalah batas kendali bawah.

2.5 Average Run Length

Average Run Length merupakan rata-rata pengamatan yang harus diplot pada peta kendali sebelum sampai terindikasi kondisi *out of control*. Berdasarkan definisi ini maka ARL berfungsi untuk mengukur efektifitas kinerja suatu peta kendali dalam mendeteksi perubahan suatu proses.

$$ARL = \frac{1}{P(\text{satu titik plot diluar kendali})}, \quad (2.7)$$

Nilai ARL terbagi menjadi 2 yaitu, ARL_0 (*ARL in control*) dan ARL_1 (*ARL out of control*) dengan persamaan sebagai berikut:

$$ARL_0 = \frac{1}{P(\text{Tolak } H_0 \mid H_0 \text{ benar})} = \frac{1}{\alpha}$$

$$ARL_1 = \frac{1}{P(\text{Terima } H_0 \mid H_0 \text{ benar})} = \frac{1}{1 - \beta} \quad (2.8)$$

dengan H_0 merupakan proses dalam keadaan *in control*. Sehingga α disebut tipe kesalahan I pada uji hipotesis, yaitu probabilitas memutuskan bahwa proses dalam kondisi *out of control* namun kenyataannya proses dalam kondisi *in control*. Sedangkan β adalah tipe kesalahan II pada uji hipotesis, yang berarti probabilitas memutuskan bahwa proses dalam keadaan *in control*, namun kenyataannya proses dalam kondisi *out of control*, sehingga $1 - \beta$ adalah probabilitas yang memutuskan bahwa proses dalam kondisi *out of control*.

Maka ARL_0 dapat diartikan sebagai rata-rata titik pengamatan yang harus diplot sampai ditemukannya pengamatan yang *out of control*, pada saat proses berada pada kondisi *in control*. Sedangkan ARL_1 dapat diartikan sebagai rata-rata titik pengamatan yang diplot sampai ditemukannya pengamatan yang *out of control* pada proses dalam kondisi *out of control*.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Sumber Data

Data yang digunakan dalam tugas akhir ini merupakan data primer yang bersumber dari data produk penjualan hijab dari tahun 2015 sampai 2019. Adapun datanya dapat dilihat pada Lampiran 1.

3.2 Identifikasi Variabel

Adapun variabel yang akan digunakan pada studi kasus untuk penulisan akhir ini adalah :

t = waktu (bulan)

z_t = jumlah produk penjualan hijab (pcs)

3.3 Metode Analisis

Langkah-langkah analisis data yang dilakukan dalam tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Menentukan peta kendali ARIMA pada data produk penjualan Hijab.
 - a. Memplot data untuk melihat data stasioner atau belum dalam rata-rata dan variansi. Apabila data belum stasioner dalam rata-rata maka data perlu dilakukan *differencing*. Namun, apabila data belum stasioner dalam variansi, maka perlu dilakukan transformasi.
 - b. Apabila data telah stasioner, dilanjutkan dengan mengidentifikasi model dengan melihat plot ACF dan PACF.
 - c. Melakukan pendugaan parameter dalam ARIMA dengan melakukan uji t dan uji p -value.
 - d. Melakukan pemeriksaan diagnosa dengan menggunakan uji *white noise* dan uji normalitas residual.
 - e. Memilih model terbaik berdasarkan nilai *MSE (Mean Square Error)* yang minimum.
 - f. Membuat peta kendali ARIMA dan peta kendali ARIMA EWMA.

2. Mengkaji performa peta kendali ARIMA.
 - a. Menghitung nilai ARL dari masing-masing peta kendali.
 - b. Membandingkan nilai ARL dari masing-masing peta kendali

BAB IV

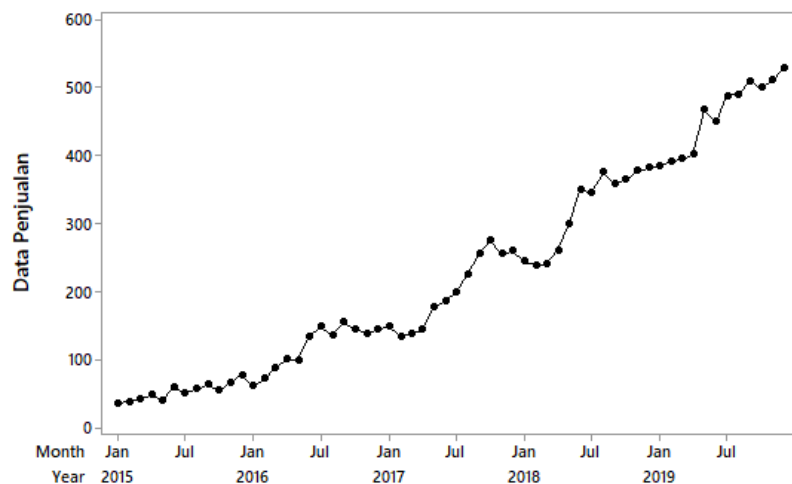
HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bagian ini dijelaskan tentang penentuan peta kendali ARIMA pada data penjualan hijab dan akan diuraikan tentang performa peta kendali ARIMA berdasarkan nilai *Average Run Length*. Berikut tahapan-tahapan yang dilakukan untuk mendapatkan model terbaik ARIMA dengan menggunakan *software Minitab 18*.

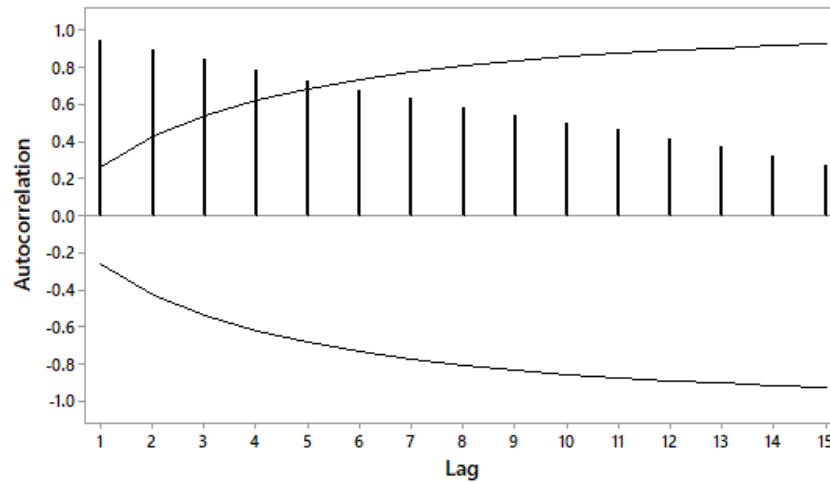
4.1 Peta Kendali ARIMA untuk Data Penjualan Hijab

4.1.1 Identifikasi Kestasioneran Data

Langkah awal yang dilakukan untuk membuat peta kendali ARIMA adalah memeriksa kestasioneran data melalui plot deret waktu dan diagram ACF. Berdasarkan plot deret waktu pada Gambar 4.1 terlihat bahwa data mengikuti perubahan waktu yang menunjukkan terjadinya pola tren naik.

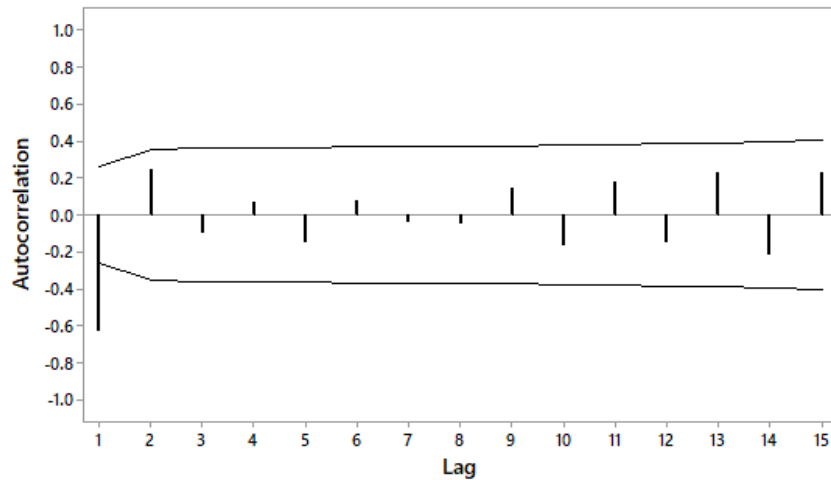


Gambar 4. 1 Plot Data Penjualan Hijab

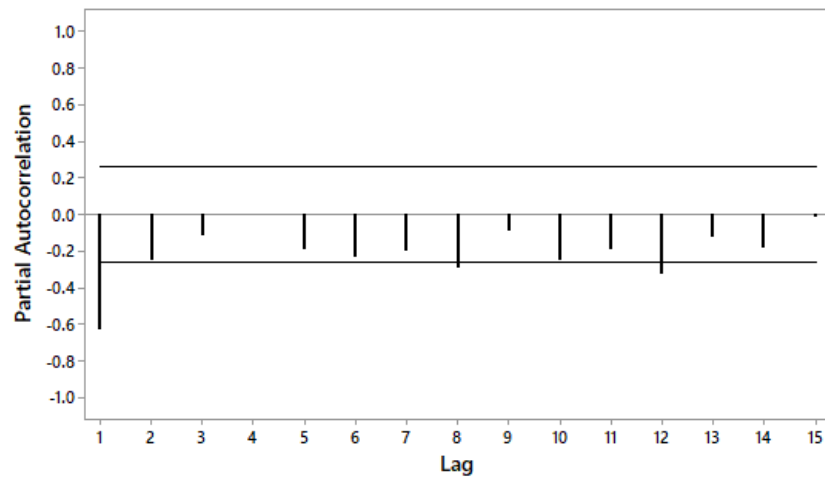


Gambar 4. 2 Plot ACF Data Penjualan Hijab

Gambar 4.2 terlihat bahwa nilai autokorelasi cenderung turun lambat atau turun secara linear yang berarti nilai autokorelasi pada suatu lag relatif tidak jauh berbeda dengan lag sebelumnya, sehingga data dikatakan belum stasioner dalam rata-rata. Cara yang dapat dilakukan untuk menstasionerkan data dalam rata-rata adalah dengan melakukan *differencing*. Metode *differencing* adalah membentuk suatu data yang baru diperoleh dengan cara mengurangi nilai pengamatan pada waktu t dengan nilai pengamatan pada waktu sebelumnya. Pada data penjualan hijab setelah dilakukan proses *differencing* yang pertama menyatakan bahwa data belum stasioner dalam rata-rata, adapun hasil *differencing* yang pertama dapat dilihat pada Lampiran 2. Selanjutnya, dilakukan proses *differencing* yang kedua untuk mengetahui kestaioneran data. Berdasarkan Gambar 4.3 dan Gambar 4.4 terlihat bahwa data telah stasioner dalam rata-rata setelah dilakukan proses *differencing* yang kedua.



Gambar 4. 3 Plot ACF Hasil *Differencing* Kedua



Gambar 4. 4 Plot PACF Hasil *Differencing* Kedua

Apabila data telah stasioner, langkah selanjutnya adalah mengidentifikasi model ARIMA yang cocok berdasarkan plot ACF dan PACF. Berdasarkan plot ACF pada Gambar 4.3 dan plot PACF pada Gambar 4.4 hasil *differencing* kedua, terlihat bahwa pada plot ACF nilai autokorelasi terpotong setelah *lag* 1, sedangkan pada plot PACF nilai autokorelasi parsial signifikan pada *lag* 1, turun secara eksponensial menuju nol. Untuk mengetahui nilai autokorelasi antar *lag*,

dapat dilihat pada Lampiran 3. Sehingga, dugaan model yang sesuai untuk data tersebut adalah sebagai berikut:

- ARIMA (1,2,1)
- ARIMA (1,2,0)
- ARIMA (0,2,1)

4.1.2 Estimasi Parameter

Setelah diperoleh model-model ARIMA yang mungkin, langkah selanjutnya adalah melakukan estimasi parameter. Nilai parameter tersebut akan dilakukan pengujian signifikansi parameter dari model ARIMA. Adapun Hipotesis yang diuji sebagai berikut:

$$H_0 : \theta = 0 \text{ (parameter tidak signifikan)}$$

$$H_1 : \theta \neq 0 \text{ (parameter signifikan)}$$

Tabel 4. 1 Uji Signifikansi Parameter Model

Model	Parameter	Koefisien	t hitung	p-value	Keterangan
ARIMA (1,2,1)	ϕ_1	-0.091	-0.68	0.496	Tidak Signifikan
	θ_1	0.9878	59.33	0.000	
ARIMA (1,2,0)	ϕ_1	-0.632	-6.15	0.000	Signifikan
ARIMA (0,2,1)	θ_1	0.9940	93.02	0.000	Signifikan

Sumber : Hasil olah data (2021)

Tabel 4.1 menunjukkan bahwa model ARIMA(1,2,0) dan ARIMA(0,2,1) mempunyai nilai $p\text{-value} < \alpha = 0,05$ yang berarti kedua model tersebut telah signifikan terhadap model.

4.1.3 Pemeriksaan Diagnostik

Setelah melakukan estimasi parameter, maka selanjutnya akan dilakukan pemeriksaan diagnostik untuk model yang terpilih.

a. Uji *White Noise*

Pengujian asumsi *white noise* dapat dilakukan dengan menggunakan uji *Ljung-Box*. Hipotesis yang diuji adalah:

$$H_0 : \rho_1 = \rho_2 = \dots = \rho_K = 0 \text{ (sisa memenuhi syarat WN)}$$

$$H_1 : \text{Minimal ada satu } \rho_j \neq 0, j = 0,1,2, \dots, K \text{ (sisa tidak memenuhi WN)}$$

Hasil uji sisa *white noise* berdasarkan output pada Lampiran 4, menunjukkan bahwa model ARIMA(1,2,0) dan ARIMA(0,2,1) memiliki nilai $p_{value} > 0,05$ yang berarti model tersebut telah memenuhi asumsi independensi.

b. Uji Asumsi Distribusi Normal

Pengujian normalitas residual dengan menggunakan uji *Jarque-Berra* berdasarkan output pada Lampiran 5 menunjukkan bahwa nilai $p - value > \alpha = 0,05$ yang artinya H_0 diterima yang berarti residual berdistribusi normal untuk kedua model ARIMA.

4.1.4 Pemilihan Model Terbaik

Pemilihan model terbaik dilakukan untuk mengetahui model terbaik yang lolos uji diagnostik. Model terbaik dapat diketahui dengan membandingkan nilai MSE. Model terbaik merupakan model dengan nilai MSE terkecil. Berdasarkan Tabel 4.2 diperoleh model ARIMA(0,2,1) merupakan model yang memiliki nilai MSE terkecil, sehingga model tersebut yang akan digunakan pada tahap selanjutnya.

Tabel 4. 2 Perbandingan Nilai MSE

Model	MSE
(1, 2, 0)	390.363
(0, 2, 1)	298.618

Sumber : Hasil olah data (2021)

4.1.5 Pembuatan Batas Kendali ARIMA

Setelah diperoleh model terbaik ARIMA berdasarkan nilai MSE terkecil, langkah selanjutnya adalah membuat batas kendali ARIMA berdasarkan nilai residual dari model terbaik ARIMA. Untuk mengetahui nilai residual dan nilai rentang sampel dapat dilihat dapat Lampiran 8. Pembuatan peta kendali ARIMA dilakukan dengan menentukan model deret waktu yang cocok, sehingga pada penelitian ini digunakan peta kendali *Individual Moving Range*. Adapun langkah-langkahnya sebagai berikut :

- a. Menentukan batas-batas pengendali untuk peta kendali *Moving Range*.

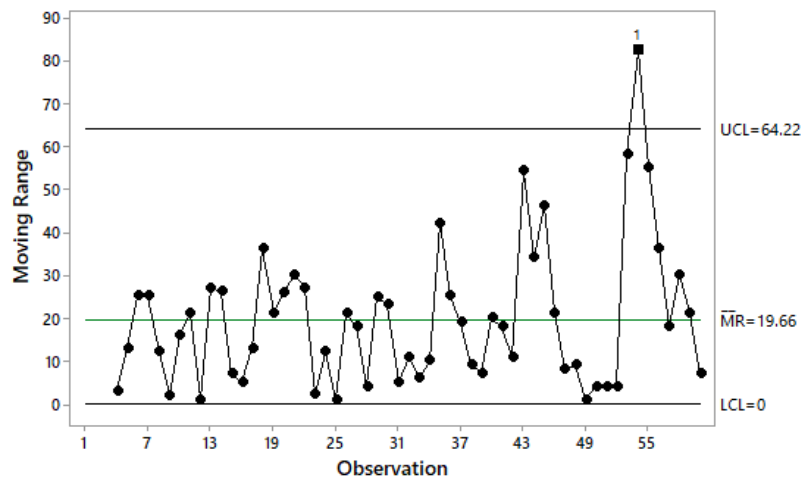
$$\bar{R} = \left(\frac{-3.041 + 12.976 + \dots + (-6.991)}{60 - 3} \right) = 19,66$$

Dimana, untuk $n = 2$ nilai $D_3 = 0$ dan $D_4 = 3,267$ maka :

$$UCL = D_4 \bar{R} = 3,267(19,66) = 64,229$$

$$CL = \bar{R} = 19,66$$

$$LCL = D_3 \bar{R} = 0(19,66) = 0$$



Gambar 4. 5 Peta Kendali *Moving Range*

Gambar 4.5 terlihat bahwa semua data dalam keadaan terkendali kecuali pada data ke-54. Setelah diketahui nilai batas kendali dari peta kendali *Moving Range*, langkah selanjutnya yaitu menghitung nilai rata-rata residual untuk membuat batas-batas pengendali untuk peta kendali *Individual*.

- b. Menentukan batas-batas pengendali untuk peta kendali *Individual*.

$$\bar{e} = \left(\frac{-7,0355 + (-3,9935) + \dots + 8,3912}{60 - 2} \right) = (-1,1)$$

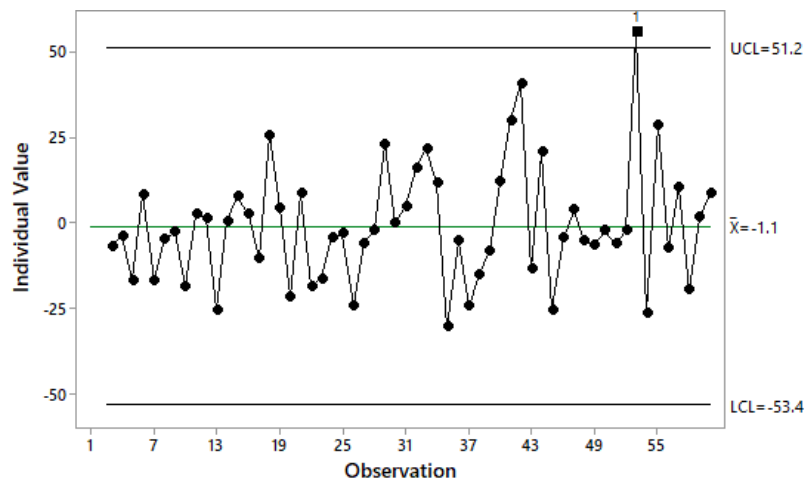
Dimana, untuk $n = 2$ nilai $d_2 = 1,128$ dan $\bar{R} = 19,66$ maka:

$$UCL = \bar{e} + 3 \frac{\bar{R}}{d_2} = (-1,1) + 3 \left(\frac{19,66}{1,128} \right) = 51,29$$

$$CL = \bar{e} = (-1,1)$$

$$LCL = \bar{e} - 3 \frac{\bar{R}}{d_2} = (-1,1) - 3 \left(\frac{19,66}{1,128} \right) = -53,39$$

Berdasarkan Persamaan (2.3) diperoleh nilai $UCL = 51,29$ dan nilai $LCL = -53,39$



Gambar 4. 6 Peta Kendali *Individual*

Gambar 4.6 terlihat bahwa semua data berada dalam batas peta kendali kecuali data ke-54, sehingga dapat disimpulkan bahwa peta kendali ARIMA dapat mendeteksi pergeseran sebanyak satu titik. Dengan adanya plot yang keluar dari batas kendali, maka proses penjualan hijab dapat dikatakan tidak terkendali secara statistik.

4.1.6 Pembuatan Batas Kendali ARIMA EWMA

Pembuatan batas kendali ARIMA EWMA dilakukan untuk membandingkan kinerja dari suatu peta kendali berdasarkan nilai residual dari

model ARIMA. Parameter yang digunakan untuk membuat peta kendali ARIMA EWMA, yaitu parameter λ dan L . Adapun nilai lamda yang digunakan adalah nilai $\lambda = 0,1$ dan nilai $L = 3$ dengan $Z_0 = 0$. Langkah awal yang dilakukan dalam membuat peta kendali ARIMA EWMA adalah menentukan nilai x_t untuk sampel $t = 1$ menggunakan Persamaan (2.5) sebagai berikut:

$$\begin{aligned}x_1 &= (0,1)(0) + (1 - 0,1)(0) \\ &= 0\end{aligned}$$

Sehingga, diperoleh nilai $x_1 = 0$ yang nilainya digunakan untuk menentukan nilai x_2 sampai x_{60} yang hasilnya dapat dilihat pada Lampiran 5. Langkah selanjutnya menentukan nilai UCL dan LCL menggunakan Persamaan (2.6) sebagai berikut :

$$UCL = (0) + (3)(17,25) \sqrt{\frac{0,1}{(2 - 0,1)}}$$

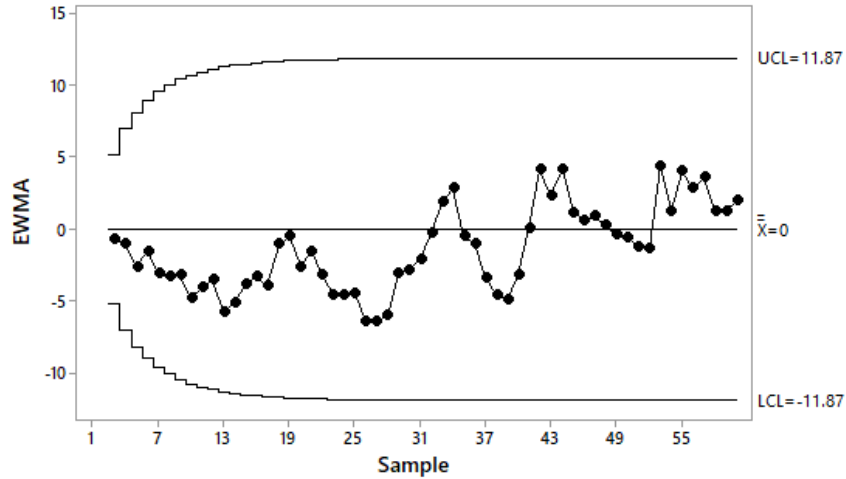
$$= 11,87$$

$$CL = 0$$

$$LCL = (0) - (3)(17,25) \sqrt{\frac{0,1}{(2 - 0,1)}}$$

$$= -11,87$$

Berdasarkan Persamaan (2.10) diperoleh nilai $UCL = 11,87$ dan nilai $LCL = -11,87$.



Gambar 4. 7 Peta Kendali EWMA

Gambar 4.7 terlihat bahwa semua data dalam keadaan terkendali yang berarti proses penjualan hijab telah terkendali secara statistik.

Berdasarkan hasil perhitungan pembuatan batas kendali untuk masing-masing peta kendali, dapat disimpulkan bahwa pada proses ini peta kendali ARIMA lebih sensitif dalam mendeteksi pergeseran dibanding peta kendali ARIMA EWMA, karena pada peta kendali ARIMA dapat mendeteksi adanya pergeseran sebanyak 1 titik. Sedangkan pada peta kendali ARIMA EWMA menyatakan semua data dalam keadaan terkendali.

4.2 Performa Peta Kendali ARIMA dan ARIMA EWMA

4.2.1 Perhitungan ARL pada Peta Kendali ARIMA

Misalkan $e_1, e_2 \dots e_n$ merupakan sampel acak e yang berdistribusi normal dengan mean μ dan variansinya σ^2 . Berdasarkan sifat distribusi normal, maka \bar{e} berdistribusi normal dengan mean μ dan variansinya $\frac{\sigma^2}{n}$ adalah $\bar{e} \sim N(\mu, \frac{\sigma^2}{n})$ sehingga,

$$\beta_1 = P\{LCL \leq \bar{e} \leq UCL | \mu_1\} \tag{2.9}$$

Dengan asumsi pergeseran proses $\mu_1 = \mu_0 + k\sigma$, dimana nilai $UCL = \mu_0 + \frac{L\sigma}{\sqrt{n}}$

dan $LCL = \mu_0 - \frac{L\sigma}{\sqrt{n}}$. Berdasarkan persamaan (2.9) diperoleh :

$$\beta_1 = P\{LCL \leq \bar{e} \leq UCL | \mu_1 = \mu_0 + k\sigma\} \quad (2.10)$$

Dengan kata lain :

$$\beta_1 = P\left(\frac{LCL - \mu_1}{\sqrt{\frac{\sigma^2}{n}}} \leq \frac{\bar{e}}{\sqrt{\frac{\sigma^2}{n}}} \leq \frac{UCL - \mu_1}{\sqrt{\frac{\sigma^2}{n}}} \middle| \mu_1 = \mu_0 + k\sigma\right) \quad (2.11)$$

dimana,

$$\frac{\bar{e} - \mu}{\frac{\sigma}{\sqrt{n}}} \sim N(0,1)$$

Persamaan (2.11) dapat ditulis sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \beta_1 &= \Phi\left(\frac{UCL - \mu_1}{\frac{\sigma}{\sqrt{n}}} \middle| \mu_1 = \mu_0 + k\sigma\right) - \Phi\left(\frac{LCL - \mu_1}{\frac{\sigma}{\sqrt{n}}} \middle| \mu_1 = \mu_0 + k\sigma\right) \\ \beta_1 &= \Phi\left[\frac{UCL - (\mu_0 + k\sigma)}{\frac{\sigma}{\sqrt{n}}}\right] - \Phi\left[\frac{LCL - (\mu_0 + k\sigma)}{\frac{\sigma}{\sqrt{n}}}\right] \end{aligned} \quad (2.12)$$

Karena $UCL = \mu_0 + \frac{L\sigma}{\sqrt{n}}$ dan $LCL = \mu_0 - \frac{L\sigma}{\sqrt{n}}$, maka Persamaan (2.12) menjadi :

$$\begin{aligned} \beta_1 &= \Phi\left[\frac{\mu_0 + \frac{L\sigma}{\sqrt{n}} - (\mu_0 + k\sigma)}{\frac{\sigma}{\sqrt{n}}}\right] - \Phi\left[\frac{\mu_0 - \frac{L\sigma}{\sqrt{n}} - (\mu_0 + k\sigma)}{\frac{\sigma}{\sqrt{n}}}\right] \\ &= \Phi\left[\frac{\frac{L\sigma}{\sqrt{n}} - k\sigma}{\frac{\sigma}{\sqrt{n}}}\right] - \Phi\left[\frac{-\frac{L\sigma}{\sqrt{n}} - k\sigma}{\frac{\sigma}{\sqrt{n}}}\right] \\ &= \Phi\left[\frac{L\sigma - k\sigma\sqrt{n}}{\sigma}\right] - \Phi\left[\frac{-L\sigma - k\sigma\sqrt{n}}{\sigma}\right] \end{aligned}$$

Dengan demikian,

$$\beta_1 = \Phi(L - k\sqrt{n}) - \Phi(-L - k\sqrt{n}) \quad (2.13)$$

sehingga, berdasarkan Persamaan (2.8) diperoleh :

$$ARL_{ARIMA} = \frac{1}{1 - \beta_1} \quad (2.14)$$

4.2.2 Perhitungan ARL pada Peta Kendali ARIMA EWMA

Misalkan $e_1, e_2 \dots e_n$ merupakan sampel acak e yang berdistribusi normal dengan mean μ dan variansinya σ^2 . Berdasarkan sifat distribusi normal, maka \bar{z} berdistribusi normal dengan mean μ dan variansinya σ^2 adalah $\bar{z} \sim N(\mu, \sigma^2)$ sehingga,

$$\beta_2 = P\{LCL \leq \bar{e} \leq UCL | \mu_1\} \quad (2.15)$$

Dengan asumsi pergeseran proses $\mu_1 = \mu_0 + k\sigma$, dimana nilai

$UCL = \mu_0 + L\sigma\sqrt{\frac{\lambda}{(2-\lambda)n}}$ dan $LCL = \mu_0 - L\sigma\sqrt{\frac{\lambda}{(2-\lambda)n}}$. Berdasarkan Persamaan (2.15) diperoleh :

$$\beta_2 = P\{LCL \leq \bar{e} \leq UCL | \mu_1 = \mu_0 + k\sigma\} \quad (2.16)$$

Dengan kata lain :

$$\beta_2 = P\left(\frac{LCL - \mu_1}{\sqrt{\sigma^2}} \leq \frac{\bar{e}}{\sqrt{\sigma^2}} \leq \frac{UCL - \mu_1}{\sqrt{\sigma^2}} \mid \mu_1 = \mu_0 + k\sigma\right) \quad (2.17)$$

dimana,

$$\frac{\bar{e} - \mu}{\sigma^2} \sim N(0,1)$$

Persamaan (2.17) dapat ditulis sebagai berikut :

$$\beta_2 = \Phi\left(\frac{UCL - \mu_1}{\sigma} \mid \mu_1 = \mu_0 + k\sigma\right) - \Phi\left(\frac{LCL - \mu_1}{\sigma} \mid \mu_1 = \mu_0 + k\sigma\right)$$

$$\beta_2 = \Phi \left[\frac{UCL - \mu_1}{\sigma} \right] - \Phi \left[\frac{LCL - \mu_1}{\sigma} \right] \quad (2.18)$$

Karena $UCL = \mu_0 + L\sigma \sqrt{\frac{\lambda}{(2-\lambda)n}}$ dan $LCL = \mu_0 - L\sigma \sqrt{\frac{\lambda}{(2-\lambda)n}}$, maka Persamaan (2.18) menjadi :

$$\begin{aligned} \beta_2 &= \Phi \left[\frac{\mu_0 + L\sigma \sqrt{\frac{\lambda}{(2-\lambda)n}} - (\mu_0 + k\sigma)}{\sigma \sqrt{\frac{\lambda}{(2-\lambda)n}}} \right] - \Phi \left[\frac{\mu_0 - L\sigma \sqrt{\frac{\lambda}{(2-\lambda)n}} - (\mu_0 + k\sigma)}{\sigma \sqrt{\frac{\lambda}{(2-\lambda)n}}} \right] \\ &= \Phi \left[\frac{L\sigma \sqrt{\frac{\lambda}{(2-\lambda)n}} - k\sigma}{\sigma \sqrt{\frac{\lambda}{(2-\lambda)n}}} \right] - \Phi \left[\frac{-L\sigma \sqrt{\frac{\lambda}{(2-\lambda)n}} - k\sigma}{\sigma \sqrt{\frac{\lambda}{(2-\lambda)n}}} \right] \end{aligned}$$

Dengan demikian,

$$= \Phi \left[\frac{L \sqrt{\frac{\lambda}{(2-\lambda)n}} - k}{\sqrt{\frac{\lambda}{(2-\lambda)n}}} \right] - \Phi \left[\frac{-L \sqrt{\frac{\lambda}{(2-\lambda)n}} - k}{\sqrt{\frac{\lambda}{(2-\lambda)n}}} \right] \quad (2.19)$$

Sehingga, berdasarkan Persamaan (2. 8) diperoleh :

$$ARL_{EWMA} = \frac{1}{1 - \beta_2} \quad (2.20)$$

4.2.3 Perbandingan nilai *Average Run Length* untuk Peta Kendali ARIMA dan Peta Kendali ARIMA EWMA

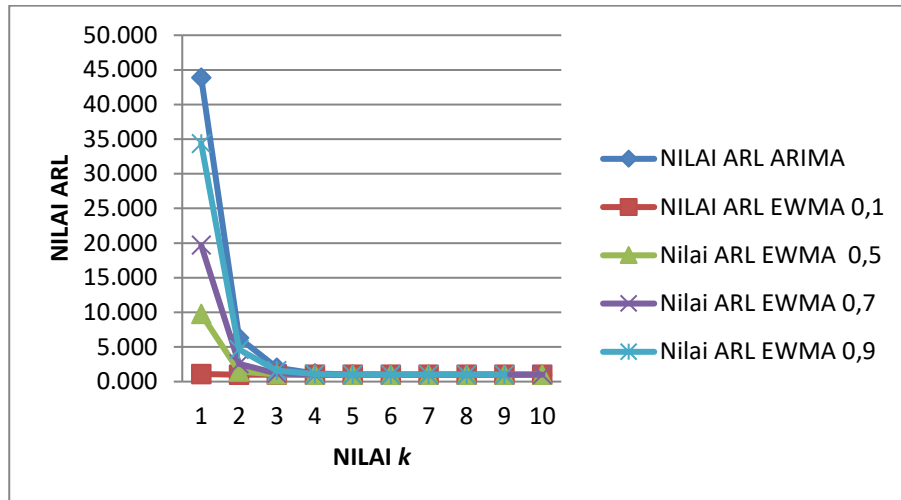
Performa dari suatu bagan kendali dapat dilakukan dengan melihat nilai *Average Run Length* (ARL). Semakin kecil nilai ARL, semakin cepat grafik kendali mendeteksi adanya pergeseran. Berdasarkan perhitungan dengan menggunakan persamaan (2.14) dan (2.20), diperoleh nilai *Average Run Length* untuk peta kendali ARIMA dan ARIMA EWMA dengan nilai $k = 1,2,3 \dots,10$, $n = 1$, $L = 3$ dan $\lambda = 0,1$, $\lambda = 0,5$, $\lambda = 0,7$ dan $\lambda = 0,9$ sehingga diperoleh hasilnya seperti pada tabel berikut ini;

Tabel 4. 3 Perbandingan Nilai ARL ARIMA dan ARL ARIMA EWMA

k	n = 1, L = 3				
	ARL ARIMA	ARL ARIMA EWMA			
		$\lambda = 0,1$	$\lambda = 0,5$	$\lambda = 0,7$	$\lambda = 0,9$
1	43,895	1,095	9,765	19,686	34,362
2	6,303	1	1,473	2,552	4,649
3	2,000	1	1,014	1,160	1,602
4	1,189	1	1	1,007	1,084
5	1,023	1	1	1	1,006
6	1,001	1	1	1	1
7	1	1	1	1	1
8	1	1	1	1	1
9	1	1	1	1	1
10	1	1	1	1	1

Sumber : Hasil olah data (2021)

Tabel 4.3 menunjukkan bahwa nilai ARL ARIMA EWMA dengan $\lambda = 0,1$, $\lambda = 0,5$ dan $\lambda = 0,7$ menunjukkan performa nilai ARL ARIMA EWMA selalu lebih kecil dibanding nilai ARL ARIMA, sehingga dapat dinyatakan bahwa nilai ARL ARIMA EWMA lebih sensitif dalam mendeteksi pergeseran yang kecil. Sedangkan berdasarkan nilai $\lambda = 0,9$ menunjukkan bahwa nilai ARL ARIMA dan nilai ARL ARIMA EWMA hampir sama. Selain itu, untuk mengetahui besarnya nilai suatu peta kendali dalam mendeteksi pergeseran, maka dapat dilihat berdasarkan grafik pada Gambar 4.8 terlihat bahwa ARL ARIMA EWMA memang lebih sensitif dalam mendeteksi pergeseran yang kecil dibanding peta kendali ARIMA



Gambar 4. 8 Grafik Nilai ARL ARIMA dan ARL ARIMA EWMA

Berdasarkan hasil perhitungan nilai ARL ARIMA dan nilai ARL ARIMA EWMA dapat disimpulkan bahwa pada proses ini, menyatakan bahwa peta kendali ARIMA EWMA lebih sensitif dalam mendeteksi pergeseran dibanding peta kendali ARIMA.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis yang telah diperoleh, maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Batas-batas pengendali untuk peta kendali ARIMA dari data penjualan hijab tahun 2015-2019 adalah $UCL = 51,29$ dan $LCL = -53,39$, yang menyatakan bahwa proses penjualan hijab tidak terkendali secara statistik dan batas-batas pengendali untuk peta kendali ARIMA EWMA dari data penjualan hijab tahun 2015-2019 adalah $UCL = 11,87$ dan $LCL = -11,87$, yang menyatakan bahwa proses penjualan hijab telah terkendali secara statistik.
2. Performa peta kendali ARIMA dapat diperoleh berdasarkan rumus:

$$ARL_{ARIMA} = \frac{1}{1 - \beta_1}$$

yang menyatakan bahwa peta kendali ARIMA EWMA dengan nilai $\lambda = 0,1$, $\lambda = 0,5$, dan $\lambda = 0,7$ lebih sensitif dibandingkan peta kendali ARIMA.

5.2 Saran

Penelitian tentang peta kendali ARIMA dan peta kendali ARIMA EWMA dapat dilanjutkan pada data Multivariat.

DAFTAR PUSTAKA

- Akhmadi, Y. N. (2006). *Aplikasi Bagan Kendali Proses Berdasarkan Tingkat Residu Chloramphenicol pada Daging Rajungan di PT. Mina Global Mandiri, Purwakarta*. Skripsi. Bogor : Institut Pertanian Bogor.
- Alwan, L. C. & Roberts. H. V. (1988). Time Series Modeling for Statistical Process Control. *Journal of Business & Economic Statistics*, 6(1), 87-95.
- Aswi, S. (2006). *Analisis Deret Waktu Teori dan Aplikasi*. Makassar: Andira Publisher.
- Box, G. E., & Cox, D. R. (1964). An Analysis of Transformations. *Journal of the Royal Statistical Society*, Vol. 26, No. 2, pp.211-252.
- Darmanto. (2012). *Statistika Pengendalian Mutu Lanjutan*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Dewiantari, N.S., I, & Gandhiadi, G. (2019). Peta Kendali EWMA Residual pada Data Berautokorelasi. *E-Jurnal Matematika*, 8(1): 64-73.
- Faizah, H. (2012). *Perbandingan Bagan Pengendali Rata-Rata Bergerak dan Bagan Pengendali Rata-Rata Bergerak Geometrik*. Skripsi. Malang : Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim.
- Gaspersz, Vincent. (1998). *Statistical Process Control Penerapan Teknik-Teknik Statistik dalam Manajemen Bisnis Total*. Jakarta : Diterbitkan atas Kerja Sama Yayasan Indonesia Emas, Institut Vincent, PT Gramedia Pustaka Utama.
- Kandananond, K. (2014). Guidelines for Applying Statistical Quality Control Method to Monitor Autocorrelated Process. *Procedia Engineering*, 1449-1458.

- Knoth, S., (2007). Accurate ARL Calculation for EWMA Control Charts Monitoring Normal Mean and Variance Simultaneously. *Advanced Mask Technology Center*.
- Kovarik, M., Sarga, L., & Klimek, P. (2015). Usage of Control Charts for Time Series Analysis in Financial Management. *Journal of Business Economics and Management*, 16(1) : 138-158.
- Montgomery, Douglas C. (2009). *Introduction to Statistical Quality Control* (6th ed.). Arizona: John Wiley & Sons, Inc.
- Putri, K. I. (2011). *Bagan Kendali Exponentially Weight Moving Average untuk Mean Process*. Depok: Universitas Indonesia.
- Rukman, N. E. (2016). *Penggunaan Peta Kendali Autoregressive Integrated Moving Average pada Data Runtun Waktu (Studi Kasus: Proses Keuangan)*. Skripsi. Makassar: Universitas Hasanuddin.
- Russo, S. L., Camargo, M. E., & Fabris, J. P. (2012). *Applications of Control Charts Arima for Autocorrelated Data*. Russo: Open Access Book.
- Yoga, P. (2007). *Aplikasi Statistical Process Control dalam Pengendalian Kadar Asam Basa (ALB) dan Bilangan Peroksida Produk RBDPO di PT Asianagro Agungjaya*. Skripsi. Bogor : Institut Pertanian Bogor.

LAMPIRAN

Lampiran 1: Data Produk Penjualan Hijab Tahun 2015-2019

t	z_t	t	z_t	t	z_t
Januari 2015	37	Januari 2017	150	Januari 2019	385
Februari 2015	39	Februari 2017	135	Februari 2019	392
Maret 2015	42	Maret 2017	138	Maret 2019	395
April 2015	48	April 2017	145	April 2019	402
Mei 2015	41	Mei 2017	177	Mei 2019	467
Juni 2015	59	Juni 2017	186	Juni 2019	450
Juli 2015	52	Juli 2017	200	Juli 2019	488
Agustus 2015	57	Agustus 2017	225	Agustus 2019	490
September 2015	64	September 2017	256	September 2019	510
Oktober 2015	55	Oktober 2017	277	Oktober 2019	500
November 2015	67	November 2017	256	November 2019	511
Desember 2015	78	Desember 2017	260	Desember 2019	529
Januari 2016	62	Januari 2018	245		
Februari 2016	72	Februari 2018	239		
Maret 2016	89	Maret 2018	240		
April 2016	101	April 2018	261		
Mei 2016	100	Mei 2018	300		
Juni 2016	135	Juni 2018	350		
Juli 2016	149	Juli 2018	346		
Agustus 2016	137	Agustus 2018	376		
September 2016	155	September 2018	360		
Oktober 2016	146	Oktober 2018	365		
November 2016	139	November 2018	378		
Desember 2016	144	Desember 2018	382		

Lampiran 2: Output nilai ACF Data Penjualan Hijab Hasil *Differencing* Pertama**Autocorrelations For DIFF1**

Lag	ACF	T	LBQ
1	0.946488	7.33	56.48
2	0.895492	4.15	107.92
3	0.842148	3.11	154.20
4	0.785140	2.52	195.15
5	0.729656	2.13	231.16
6	0.677436	1.84	262.78
7	0.631214	1.63	290.74
8	0.580523	1.43	314.85
9	0.543190	1.30	336.37
10	0.502121	1.17	355.13
11	0.461041	1.05	371.27
12	0.417722	0.93	384.79
13	0.369324	0.81	395.59
14	0.317522	0.69	403.74
15	0.269235	0.58	409.73

Lampiran 3: Output Nilai ACF dan PACF Data Jumlah Produk Penjualan Hijab Hasil *Differencing* kedua.

Autocorrelation for DIFF2

Lag	ACF	T	LBQ
1	-0.631103	-4.81	24.32
2	0.244780	1.39	28.04
3	-0.099619	-0.55	28.67
4	0.067602	0.37	28.96
5	-0.153572	-0.84	30.51
6	0.075048	0.40	30.89
7	-0.039341	-0.21	30.99
8	-0.048328	-0.26	31.16
9	0.147220	0.79	32.70
10	-0.173137	-0.92	34.87
11	0.181010	0.95	37.29
12	-0.151206	-0.78	39.02
13	0.225315	1.15	42.95
14	-0.222397	-1.11	46.86
15	0.225825	1.10	50.99

Lanjutan...

Lampiran 3: Output Nilai ACF dan PACF Data Jumlah Produk Penjualan Hijab Hasil *Differencing* kedua.

Partial Autocorrelation for DIFF2

Lag	PACF	T
1	-0.631103	-4.81
2	-0.255125	-1.94
3	-0.118633	-0.90
4	-0.006745	-0.05
5	-0.192561	-1.47
6	-0.236649	-1.80
7	-0.201188	-1.53
8	-0.298677	-2.27
9	-0.096227	-0.73
10	-0.254528	-1.94
11	-0.191730	-1.46
12	-0.331455	-2.52
13	-0.123837	-0.94
14	-0.189751	-1.45
15	-0.018351	-0.14

Lampiran 4: Output Estimasi Parameter ARIMA(1,2,0) dan ARIMA(0,2,1)

ARIMA Model (1,2,0)

Estimates at Each Iteration

Iteration	SSE	Parameters
0	42040.9	0.100
1	34759.7	-0.050
2	29141.3	-0.200
3	25185.7	-0.350
4	22893.0	-0.500
5	22252.5	-0.625
6	22250.9	-0.631
7	22250.9	-0.632

Relative change in each estimate less than 0.001

Final Estimates of Parameters

Type	Coef	SE Coef	T-Value	P-Value
AR 1	-0.632	0.103	-6.15	0.000

Differencing: 2 regular differences

Number of observations: Original series 60, after differencing 58

Residual Sums of Squares

DF	SS	MS
57	22250.7	390.363

Back forecasts excluded

Modified Box-Pierce (Ljung-Box) Chi-Square Statistic

Lag	12	24	36	48
Chi-Square	10.54	17.90	25.92	42.17
DF	11	23	35	47
P-Value	0.482	0.763	0.868	0.673

Lanjutan...

Lampiran 4: Output Estimasi Parameter ARIMA(1,2,0) dan ARIMA(0,2,1)

ARIMA Model (0,2,1)

Estimates at Each Iteration

Iteration	SSE	Parameters
0	42040.9	0.100
1	34759.7	-0.050
2	29141.3	-0.200
3	25185.7	-0.350
4	22893.0	-0.500
5	22252.5	-0.625
6	22250.9	-0.631
7	22250.9	-0.632

Relative change in each estimate less than 0.001

Final Estimates of Parameters

Type	Coef	SE Coef	T-Value	P-Value
------	------	---------	---------	---------

AR 1 -0.632 0.103 -6.15 0.000

Differencing: 2 regular differences

Number of observations: Original series 60, after differencing 58

Residual Sums of Squares

DF	SS	MS
----	----	----

57 22250.7 390.363

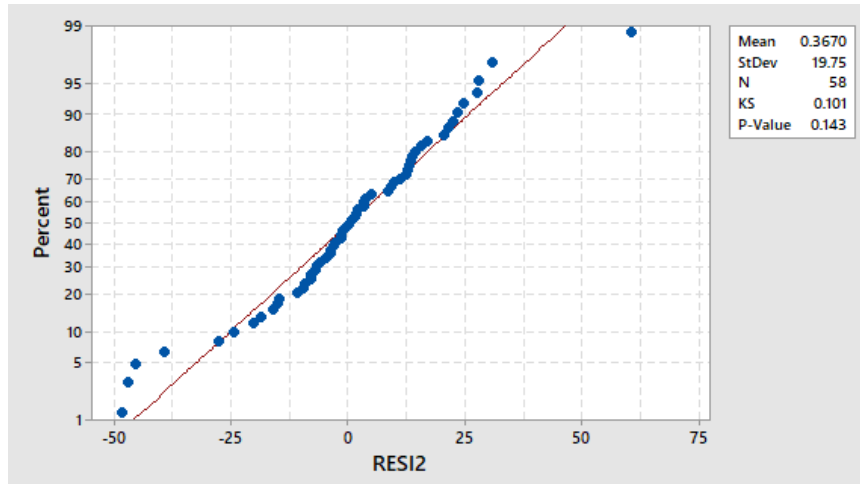
Back forecasts excluded

Modified Box-Pierce (Ljung-Box) Chi-Square Statistic

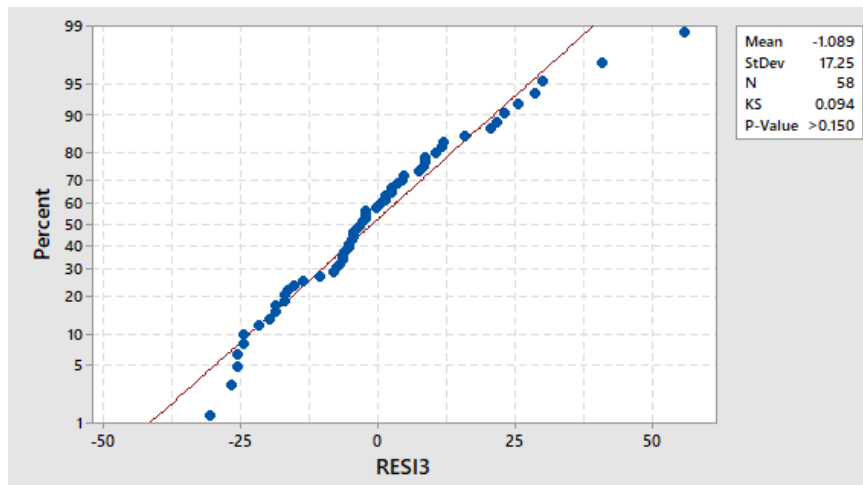
Lag	12	24	36	48
Chi-Square	10.54	17.90	25.92	42.17
DF	11	23	35	47
P-Value	0.482	0.763	0.868	0.673

Lampiran 5: Output Residual ARIMA(1,2,0) dan ARIMA(0,2,1)

ARIMA (1,2,0)



ARIMA (0,2,1)



Lampiran 6: Hasil Perhitungan Nilai x_t Peta Kendali ARIMA EWMA

x_t	x_t	x_t
0	0.842555	2.9804
0	-1.86247	4.062623
-0.70355	-1.65136	-1.36161
-0.39936	-0.44151	2.046512
-1.69697	-0.33888	-2.56569
0.813147	-2.43686	-0.45039
-1.6917	-0.62232	0.352296
-0.48161	-0.21861	-0.54981
-0.27874	2.282694	-0.64653
-1.87708	-0.03092	-0.24267
0.234119	0.469263	-0.64122
0.132723	1.566464	-0.2374
-2.56807	2.15712	5.564018
0.047249	1.144254	-2.66917
0.746967	-3.06257	2.846751
0.242512	-0.5443	-0.77023
-1.05893	-2.44106	1.034366
2.547381	-1.5265	-1.9718
0.432187	-0.81739	0.139957
-2.17039	1.187483	0.839122

Lampiran 7: Faktor-Faktor untuk Membuat Peta Kendali Variabel

Observasi pada sampel n	Grafik untuk Standar Deviasi						Grafik untuk Rentang				
	Faktor untuk Batas Kendali				Faktor untuk Garis Tengah		Faktor untuk Batas Kendali				
	B3	B4	B5	B6	d2	1/d2	d3	D1	D2	D3	D4
2	0.000	3.267	0.000	2.606	1.128	0.887	0.853	0.000	3.686	0.000	3.267
3	0.000	2.568	0.000	2.276	1.693	0.591	0.888	0.000	4.358	0.000	2.574
4	0.000	2.266	0.000	2.088	2.059	0.486	0.880	0.000	4.698	0.000	2.282
5	0.000	2.089	0.000	1.964	2.326	0.430	0.864	0.000	4.918	0.000	2.114
6	0.030	1.970	0.029	1.874	2.534	0.395	0.848	0.000	5.078	0.000	2.004
7	0.118	1.882	0.113	1.806	2.704	0.370	0.833	0.204	5.204	0.076	1.924
8	0.185	1.815	0.179	1.751	2.847	0.351	0.820	0.388	5.306	0.136	1.864
9	0.239	1.761	0.232	1.707	2.970	0.337	0.808	0.547	5.393	0.184	1.816
10	0.284	1.716	0.276	1.669	3.078	0.325	0.797	0.687	5.469	0.223	1.777
11	0.321	1.679	0.313	1.637	3.173	0.315	0.787	0.811	5.535	0.256	1.744
12	0.354	1.646	0.346	1.610	3.258	0.307	0.778	0.922	5.594	0.283	1.717
13	0.382	1.618	0.374	1.585	3.336	0.300	0.770	1.025	5.647	0.307	1.693
14	0.406	1.594	0.399	1.563	3.407	0.294	0.763	1.118	5.696	0.328	1.672
15	0.428	1.572	0.421	1.544	3.472	0.288	0.756	1.203	5.741	0.347	1.653
16	0.448	1.552	0.440	1.526	3.532	0.283	0.750	1.282	5.782	0.363	1.637
17	0.466	1.534	0.458	1.511	3.588	0.279	0.744	1.356	5.820	0.378	1.622
18	0.482	1.518	0.475	1.496	3.640	0.275	0.739	1.424	5.856	0.391	1.608
19	0.497	1.503	0.490	1.483	3.689	0.271	0.734	1.487	5.891	0.403	1.597
20	0.510	1.490	0.504	1.470	3.735	0.268	0.729	1.549	5.921	0.415	1.585
21	0.523	1.477	0.516	1.459	3.778	0.265	0.724	1.605	5.951	0.425	1.575
22	0.534	1.466	0.528	1.448	3.819	0.262	0.720	1.659	5.979	0.434	1.566
23	0.545	1.455	0.539	1.438	3.858	0.259	0.716	1.710	6.006	0.443	1.557
24	0.555	1.445	0.549	1.429	3.895	0.257	0.712	1.759	6.031	0.451	1.548
25	0.565	1.435	0.559	1.420	3.931	0.254	0.708	1.806	6.056	0.459	1.541

Lampiran 8: Nilai Residual dan Nilai Rentang Sampel

Sampel ke-z	Data Penjualan	Residual	Rentang sampel	Sampel ke-z	Data Penjualan	Residual	Rentang sampel
1	37			31	200	4.692628	-5.00184
2	39			32	225	15.66464	-10.972
3	42	-7.03553		33	256	21.5712	-5.90657
4	48	-3.99357	-3.04196	34	277	11.44254	10.12867
5	41	-16.9697	12.97618	35	256	-30.6257	42.06825
6	59	8.131474	-25.1012	36	260	-5.44304	-25.1827
7	52	-16.917	25.0485	37	245	-24.4106	18.96753
8	57	-4.81612	-12.1009	38	239	-15.265	-9.1456
9	64	-2.7874	-2.02873	39	240	-8.17392	-7.09105
10	55	-18.7708	15.98337	40	261	11.87483	-20.0488
11	67	2.341192	-21.112	41	300	29.804	-17.9292
12	78	1.327228	1.013964	42	350	40.62623	-10.8222
13	62	-25.6807	27.00792	43	346	-13.6161	54.24232
14	72	0.472489	-26.1532	44	376	20.46512	-34.0812
15	89	7.46967	-6.99718	45	360	-25.6569	46.12207
16	101	2.425116	5.044554	46	365	-4.50391	-21.153
17	100	-10.5893	13.01447	47	378	3.522956	-8.02686
18	135	25.47381	-36.0632	48	382	-5.49806	9.021013
19	149	4.32187	21.15194	49	385	-6.46526	0.967206
20	137	-21.7039	26.02578	50	392	-2.4267	-4.03856
21	155	8.425548	-30.1295	51	395	-6.41222	3.985525
22	146	-18.6247	27.05026	52	402	-2.37398	-4.03825
23	139	-16.5136	-2.11109	53	467	55.64018	-58.0142
24	144	-4.41512	-12.0985	54	450	-26.6917	82.33188
25	150	-3.38878	-1.02633	55	488	28.46751	-55.1592
26	135	-24.3686	20.97979	56	490	-7.70229	36.1698
27	138	-6.22322	-18.1454	57	510	10.34366	-18.0459
28	145	-2.1861	-4.03712	58	500	-19.718	30.0617

29	177	22.82694	-25.013	59	511	1.39957	-21.1176
30	186	-0.30922	23.13616	60	529	8.391222	-6.99165