



## Perbandingan Metode *Moving Average* dan *Exponential Smoothing* untuk Mengestimasi Jumlah Gangguan Layanan Internet

Wahyu Andy Prastyabudi<sup>1</sup>, Shanggabuana Adhitya Shamaradewa<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup> Fakultas Rekayasa Industri, Program Studi Teknik Industri, Universitas Telkom, Kampus Surabaya  
Jl. Ketintang 156, Surabaya 60231

Email: [wahyuandy@telkomuniversity.ac.id](mailto:wahyuandy@telkomuniversity.ac.id), [shanggabuana.shamaradewa@student.itelkom-sby.ac.id](mailto:shanggabuana.shamaradewa@student.itelkom-sby.ac.id)

### Abstract

Fairly tight competition in telecommunication business requires companies to continue improving the quality of their services, including handling network problems or customer complaints. However, the amount of disturbance that occurs is often unpredictable. Indeed, this condition will impact the allocation of resources and budget for handling customer disturbances in the following period, with uncertainty. This research aims to apply the moving average (MA) and single exponential smoothing (SES) forecasting methods to predict the number of internet service disruptions. The case study used in this paper is an internet service provider company with service coverage in the northern part of Surabaya. The number of disturbances data was collected from January 2022 to May 2022, with 18,453 data in total. The disturbances can be divided into five types: physical, mass, logical, PSB/migration, and others. Forecasting is carried out using the MA method with a period of three months. Meanwhile, forecasting using the SES method was carried out by first determining the alpha value that produces the smallest Mean Absolute Percentage Error (MAPE) value. The analysis results show that both forecasting methods are relatively effective and efficient in estimating the number of disturbances. Forecasting performance testing was carried out by measuring the Mean Absolute Deviation (MAD), Mean Square Error (MSE), and Mean Absolute Percentage Error (MAPE) values. The results of forecasting performance measurements show that the SES method is much better than MA for all types of disturbance data, with MAPE values below 2%.

**Keywords:** Forecasting, service interruption, moving average, single exponential smoothing

### Abstrak

Persaingan yang cukup ketat dalam bisnis telekomunikasi mengharuskan perusahaan untuk terus meningkatkan kualitas layanannya, termasuk dalam hal penanganan terhadap kendala jaringan ataupun keluhan pelanggan. Namun seringkali gangguan yang terjadi tidak diperkirakan jumlahnya. Tentu saja kondisi ini akan berakibat pada alokasi sumberdaya dan anggaran untuk penanganan gangguan pelanggan pada periode selanjutnya dengan ketidakpastian. Penelitian ini bertujuan untuk menerapkan metode peramalan *moving average* (MA) dan *single exponential smoothing* (SES) guna memperkirakan jumlah gangguan layanan internet. Studi kasus yang dikaji pada penelitian ini adalah perusahaan penyedia layanan internet yang memiliki cakupan layanan di wilayah Surabaya bagian utara. Jumlah data gangguan dikumpulkan dari periode Januari 2022 sampai Mei 2022, dengan total data sebanyak 18.453. Data gangguan dapat dibagi menjadi lima jenis, yaitu fisik, masal, logic, PSB/migrasi, dan lain-lain. Peramalan dilakukan menggunakan metode MA dengan rentang waktu tiga bulan. Sedangkan peramalan menggunakan metode SES dilakukan dengan terlebih dahulu menentukan nilai alfa yang menghasilkan nilai *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE) terkecil. Hasil analisis menunjukkan bahwa kedua metode peramalan cukup efektif dan efisien dalam mengestimasi jumlah gangguan. Pengujian kinerja peramalan dilakukan dengan pengukuran nilai *Mean Absolute Deviation* (MAD), *Mean Square Error* (MSE), dan *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE). Hasil pengukuran kinerja peramalan menunjukkan bahwa metode SES jauh lebih baik dibandingkan MA di semua jenis data gangguan dengan nilai MAPE di bawah 2%.

**Kata kunci:** Peramalan, gangguan layanan, *moving average*, *single exponential smoothing*

## Pendahuluan

Layanan terhadap pelanggan merupakan aspek penting dalam keberlangsungan suatu perusahaan. Terlebih dengan adanya persaingan yang semakin ketat, perusahaan dituntut untuk terus meningkatkan kualitas layanannya terhadap pelanggan. Untuk memberikan kepuasan terhadap pelanggan dibutuhkan konsistensi dan peningkatan kualitas layanan berkelanjutan, sehingga meningkatkan loyalitas pelanggan demi menjaga citra yang baik untuk perusahaan (Zaman et al., 2021). Implementasi layanan pelanggan salah satunya adalah dengan penerapan sistem CRM (*Customer Relationship Management*) (Rahman et al., 2018). Selain pemanfaatan teknologi CRM, alokasi sumberdaya yang tepat dapat meningkatkan efektifitas penanganan keluhan yang berdampak dramatis pada tingkat retensi pelanggan, mencegah persepsi negatif dari mulut ke mulut, dan meningkatkan kinerja perusahaan (Supriyanto, 2019).

PT. Telkom Akses merupakan salah satu anak perusahaan PT. Telekomunikasi Indonesia, Tbk yang bergerak di bidang konstruksi pembangunan dan layanan infrastruktur jaringan. Terdapat tiga unit kerja utama di PT. Telkom Akses yaitu *Maintenance*, *Provisioning*, dan *Assurance* (Supriyanto, 2019).

Unit *Assurance* memiliki tugas utama dalam memberikan layanan dan penanganan gangguan layanan internet Indihome. Unit ini bekerja dengan melakukan pengumpulan data keluhan pelanggan yang masuk melalui call center 147 maupun portal online. Gangguan yang dimaksud adalah pelanggan yang memiliki keluhan pada layanan Indihome, seperti internet, IPTV, dan telepon. Kecepatan dan ketepatan penanganan gangguan dipengaruhi oleh ketersediaan sumber daya serta perencanaan alokasi yang tepat. Oleh karena itu, perusahaan perlu memiliki estimasi jumlah gangguan yang terjadi tiap bulan agar bisa memberikan penanganan gangguan yang efektif dan efisien.

Histori data pelaporan gangguan dapat digunakan untuk meramalkan jumlah gangguan yang akan terjadi. Peramalan merupakan langkah untuk memprediksi nilai masa depan dengan cara yang spesifik meliputi model pendekatan analisis deret waktu (Septiyana &

Bahtiar, 2020). Apabila perusahaan dapat meramalkan jumlah jenis gangguan tiap bulan, maka perusahaan dapat mengoptimalkan unit kerja dan sumber daya mereka dalam penanganan gangguan.

Pada penelitian terdahulu telah banyak menerapkan metode peramalan, terutama untuk memperkirakan jumlah permintaan produksi, jumlah stok, penjualan, maupun nilai tukar mata uang. Tabel 1 di bawah ini memperlihatkan beberapa penelitian terkait yang menerapkan metode peramalan dengan berbagai objek amatan yang berbeda. Terlihat bahwa pada penelitian terdahulu, metode peramalan yang sering digunakan adalah MA (delapan paper) dan SES (sembilan paper). Namun jika ditinjau dari objek amatan, masih sedikit penelitian yang menerapkan peramalan untuk memperkiraan jumlah gangguan layanan.

**Tabel 1.** Penelitian terdahulu terkait peramalan

Penulis	Metode	Objek
Andini & Auristandi, 2016	DES	Stok alat tulis kantor
Nugraha & Suletra, 2017	MA, DES, Naive	Permintaan penjualan gas
Rachman, 2018	MA, SES	Perencanaan produksi
Gustriansyah et al., 2019	MA, SES	Permintaan kamar hotel
Yudiarti & Wira, 2019	MA, SES	Penjualan semen
Asynari et al., 2020	MA, SES	Permintaan Penjualan makanan
Hakimah et al., 2020	SES, DES	Peramalan nilai mata uang
Lusiana & Yuliarty, 2020	SES	Permintaan atap
Sudiman, 2020	MA, SES	Perencanaan produksi
Ramdani & Azizah, 2021	MA, SES, Naive	Permintaan pelumas
Penelitian ini	MA, SES	Gangguan layanan internet

Keterangan:

MA – *Moving Average*

SES – *Single Exponential Smoothing*

DES – *Double Exponential Smoothing*

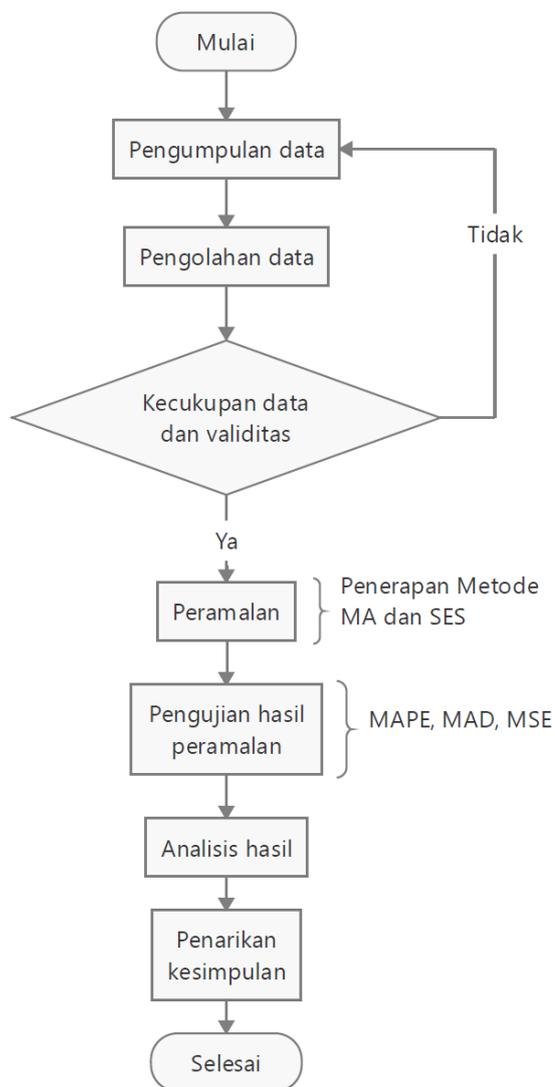
Tujuan dari penelitian ini adalah untuk membandingkan metode peramalan MA dan SES dalam memperkirakan jumlah gangguan layanan internet pada pelanggan Indihome. Objek penelitian ini adalah Unit *Assurance* pada STO Telkom Tandes. Metode peramalan yang memberikan nilai akurasi baik serta hasil

analisa penelitian ini dapat dipertimbangkan oleh perusahaan dalam membantu penyusunan rencana operasional penanganan gangguan di masa mendatang.

## Metodologi Penelitian

### Alur Penelitian

Gambar 1 berikut menunjukkan alur penelitian yang dimulai dari pengumpulan data, pengolahan data, pengecekan kecukupan dan validitas data, melakukan peramalan, melakukan pengujian hasil peramalan, menganalisa hasil hingga ditariknya kesimpulan penelitian.



**Gambar 1.** Alur penelitian

Tahap pengumpulan data terdapat dua jenis data yang diambil, yaitu data primer dan data sekunder. Data primer merupakan data yang diambil secara langsung melalui wawancara dengan pihak Unit Assurance STO Telkom

Tandes. Data sekunder yang dikumpulkan merupakan data historis yang berisi rekam harian gangguan layanan internet selama periode Januari 2021 hingga Mei 2022.

Tahap pengolahan data dilakukan dengan pembersihan data dan agregasi data harian menjadi bulanan berdasarkan jenis gangguan. Tahapan ini dilakukan melalui fitur *pivot* data menggunakan *software* Microsoft Excel. Selanjutnya hasil awal pengolahan data tersebut digunakan untuk memeriksa kecukupannya guna proses peramalan. Selain itu dilakukan validasi juga terhadap hasil *pivot* melalui wawancara dengan pihak Unit Assurance. Hal ini dilakukan guna memastikan bahwa data yang akan digunakan untuk peramalan bisa merepresentasikan kebutuhan analisis yang diinginkan oleh perusahaan.

Tahap selanjutnya adalah peramalan data untuk setiap jenis gangguan menggunakan metode *moving average* (MA) dan *single exponential smoothing* (SES). Kemudian hasil peramalan tersebut diuji dengan melakukan perbandingan dengan data aktual. Terdapat tiga indikator yang digunakan untuk mengukur akurasi dari hasil peramalan, yaitu *mean absolute percentage error* (MAPE), *mean absolute deviation* (MAD), dan *mean square error* (MSE).

Tahap analisis data dilakukan berdasarkan perbandingan hasil peramalan dari tiap jenis gangguan. Analisis ini bertujuan untuk menentukan metode peramalan yang paling sesuai untuk memperkirakan jumlah gangguan layanan internet. Hasil analisis akan dijadikan dasar untuk mengulas implikasi penelitian serta menarik kesimpulan.

### Metode Peramalan

Bagian ini menjelaskan mengenai teori dasar peramalan. Metode peramalan yang digunakan pada penelitian ini adalah *moving average* (MA) dan *single exponential smoothing* (SES). Metode MA digunakan jika data masa lalu merupakan data yang tidak memiliki unsur *trend* atau faktor musiman (Ramdani & Azizah, 2021). Berbeda dengan MA, pendekatan metode *exponential smoothing* memberikan penekanan yang lebih besar kepada *time series* saat ini melalui penggunaan sebuah konstanta *smoothing* (penghalusan) (Ramdani & Azizah, 2021). Metode MA dipilih karena merupakan metode dasar dari suatu peramalan, sedangkan SES dipilih karena

metode ini dapat melakukan peramalan dengan interval data historis selama satu tahun atau 12 bulan.

### 1. Moving Average (MA)

*Moving average* merupakan peramalan untuk satu periode ke depan dengan mempertimbangkan rata-rata data dari periode sebelumnya. Berikut adalah rumus perhitungan *moving average*.

$$Y'_{t+1} = \frac{\sum T_t + T_{t-1} + T_{t-2} + \dots + T_{t-n-1}}{n} \quad \text{Pers. 1}$$

Keterangan:

$T_t$  = Data aktual pada periode  $t$

$n$  = Banyak data

$Y'_{t+1}$  = Peramalan untuk periode  $t + 1$

Nilai  $t$  adalah rentang periode peramalan yang ingin ditentukan, dimana jika semakin besar nilai  $t$  maka peramalan yang dihasilkan akan semakin menjauhi pola data (Aden, 2020). Penelitian ini menggunakan asumsi *time frame* selama 3 bulan untuk memperkirakan jumlah gangguan pada periode berikutnya.

### 2. Single Exponential Smoothing (SE)

Metode *single exponential smoothing* dapat digunakan jika data yang diteliti merupakan bentuk data horizontal. Data horizontal merupakan data statistika yang fluktuatif atau naik turun tetapi masih berada pada bagian rata-rata hitung (Aden, 2020). Metode ini hanya dapat memprediksikan satu periode setelahnya. Jika data yang asli terdapat 12 maka hanya dapat meramalkan data pada periode ke-13. Berikut adalah rumus *single exponential smoothing*.

$$Y'_{t+1} = \alpha \cdot T_t + (1 - \alpha) \cdot Y'_t \quad \text{Pers. 2}$$

Keterangan:

$T_t$  = Data aktual pada periode  $t$

$\alpha$  = Konstanta pemulusan

$Y'_t$  = Peramalan untuk periode  $t - 1$

$Y'_{t+1}$  = Peramalan untuk periode  $t$

### Pengujian Peramalan

Untuk mengetahui tingkat akurasi peramalan, dilakukan pengujian hasil peramalan menggunakan *mean absolute percentage error* (MAPE), *mean absolute deviation* (MAD), dan *mean square error* (MSE). Beberapa penelitian sebelumnya telah menggunakan salah satu atau kombinasi dari ketiga metode pengukuran akurasi tersebut. Misalnya (Gustriansyah et al., 2019; Nabillah & Ranggadara, 2020) menerapkan MAPE untuk mengukur kinerja hasil peramalannya.

Sedangkan (Rachman, 2018) mengkombinasikan MAD dan MSE untuk memperoleh perbandingan langsung antara hasil ramalan dengan data aktual. Kedua metode pengukuran tersebut (MAD dan MSE) bisa memberikan konsistensi pengukuran kesalahan yang akurat serta memiliki tingkat sensitifitas yang rendah terhadap nilai *outliers*. Pengecekan hasil peramalan menggunakan tiga metode tersebut berfungsi sebagai pembandingan hasil peramalan dan membantu dalam memilih metode peramalan yang tepat. Pilihan metode peramalan dapat didasarkan pada metode yang memiliki tingkat kesalahan terkecil (Lusiana & Yuliaty, 2020).

#### 1. Mean Absolute Percentage Error (MAPE)

MAPE menyatakan persentase kesalahan hasil peramalan terhadap permintaan aktual selama periode tertentu yang akan memberikan informasi persentase kesalahan terlalu tinggi atau terlalu rendah (Gustriansyah et al., 2019). *Mean absolute percentage error* (MAPE) dapat dirumuskan sesuai dengan persamaan nomor 3. Tabel 2 merupakan rujukan dari nilai MAPE yang digunakan untuk acuan dalam menentukan metode peramalan yang akurat.

$$MAPE = \frac{100\%}{n} \sum \left| T_t - \frac{Y'_t}{T_t} \right| \quad \text{Pers. 3}$$

Keterangan:

$T_t$  = Data aktual pada periode  $t$

$n$  = Jumlah periode peramalan

$Y'_t$  = Peramalan untuk periode  $t$

**Tabel 2.** Nilai MAPE (Nabillah & Ranggadara, 2020)

Range MAPE	Keterangan
< 10%	Kemampuan model peramalan sangat baik
10% - 20%	Kemampuan model peramalan baik
20% - 50%	Kemampuan model peramalan layak
> 50%	Kemampuan model peramalan buruk

#### 2. Mean Absolute Deviation (MAD)

MAD merupakan rata-rata kesalahan mutlak selama periode tertentu tanpa memperhatikan apakah hasil peramalan lebih besar atau lebih kecil dibandingkan kenyataannya (Rachman, 2018; Ramdani & Azizah, 2021). *Mean Absolute Deviation* (MAD) dapat dirumuskan sebagai berikut.

$$MAD = \sum \frac{|T_t - Y'_t|}{n} \quad \text{Pers. 4}$$

Keterangan:

$T_t$  = Data aktual pada periode  $t$

$n$  = Jumlah periode peramalan  
 $Y'_t$  = Peramalan untuk periode  $t$

### 3. Square Error (MSE)

*Mean Squared Error* (MSE) adalah rata-rata kesalahan kuadrat diantara nilai aktual dan nilai peramalan. Metode MSE secara umum digunakan untuk mengecek estimasi berapa nilai kesalahan pada peramalan (Rachman, 2018; Ramdani & Azizah, 2021). Nilai *square error* yang rendah mendekati nol menunjukkan bahwa hasil peramalan sesuai dengan data aktual. Berikut adalah formula yang digunakan untuk menghitung MSE.

$$MSE = \sum \frac{(T_t - Y'_t)^2}{n} \quad \text{Pers. 5}$$

Keterangan:

$T_t$  = Data aktual pada periode  $t$   
 $n$  = Jumlah periode peramalan  
 $Y'_t$  = Peramalan untuk periode  $t$

## Hasil dan Pembahasan

### Pengumpulan Data

Pengumpulan data didapatkan dari pihak Unit Assurance PT. Telkom Akses berdasarkan data histori gangguan yang terjadi di wilayah STO Telkom Tandes. Contoh data yang diambil seperti tersaji pada Gambar 22 (lihat bagian Lampiran). Perekaman laporan gangguan memuat informasi mengenai kapan terjadinya pelaporan gangguan, penyebab gangguan, keterangan penanganan gangguan, serta waktu penanganan. Setiap gangguan layanan yang dilaporkan oleh pelanggan melalui berbagai saluran, direkam oleh petugas dengan menggunakan sistem *ticketing*. Secara umum data rekaman gangguan dicatat berdasarkan kejadian, sehingga dapat dikategorikan sebagai data harian. Data yang dikumpulkan memiliki periode selama 17 bulan mulai dari Januari 2021 sampai Mei 2022.

Selanjutnya jika dikategorikan berdasarkan jenis penyebab gangguan layanan, maka dapat dibagi menjadi lima kategori sebagai berikut:

#### 1. Gangguan fisik

Merupakan gangguan yang terjadi pada perangkat yang bisa terjadi pada kelurusan fiber optik. Kelurusan fiber optik yang dimaksud dimulai dari ODP (*Optical Distribution Pedestrian*) - Dropcore - IKR (Instalasi Kabel Rumah) > ONT (modem).

#### 2. Gangguan massal

Gangguan massal yang disebabkan *force majeure* (gangguan yang tidak direncanakan),

seperti ada kabel terbakar, kabel tersangkut truk, lokasi terjadi bencana alam, terjadi vandalisme/sabotase pada kabel *fiber optic*.

#### 3. Gangguan logic

Gangguan yang terjadi di sistem Telkom, seperti internet lambat, internet putus, telepon tidak bisa digunakan untuk telepon keluar.

#### 4. Gangguan PSB/migrasi

Gangguan yang disebabkan karena pelanggan tersebut masih masuk masa garansi pasang baru selama 60 hari ke depan.

#### 5. Gangguan lain-lain

Gangguan yang disebabkan karena pelanggan melaporkan hanya untuk menanyakan paket layanan terbaru, menanyakan tagihan, menanyakan fitur atau program terbaru.

### Pengolahan Data

Pada tahap ini data harian yang terkumpul perlu dikelompokkan berdasarkan jenis gangguan, bulan dan tahun terjadinya gangguan. Proses ini dilakukan melalui fitur *Pivot* data dengan Microsoft Excel.

Gambar 23 (lihat Lampiran) menunjukkan *pivot* data untuk jenis gangguan fisik pada bulan Januari 2021. Pada bulan tersebut total gangguan fisik yang ditangani ada sebanyak 740. Pada data tersebut terdapat istilah "Gaul" dan "Tidak Gaul". Gaul berarti gangguan yang berulang dalam waktu satu 60 hari kebelakang pada pelanggan yang sama. Tidak Gaul berarti pelanggan tidak mengalami gangguan yang berulang selama 60 hari kebelakang. Selanjutnya proses yang sama dilakukan pada setiap jenis gangguan dan bulan yang berbeda. Hasil pengolahan data ini dapat dilihat pada Tabel 17 (lihat Lampiran).

Berdasarkan Tabel 17 (lihat Lampiran), diketahui bahwa jumlah rata-rata gangguan yang muncul setiap bulan sebanyak 1.085 gangguan. Total gangguan terbanyak terjadi pada bulan Januari 2021 sebanyak 1.265 gangguan dan terkecil terjadi pada bulan Juli 2021 sebanyak 895 gangguan. Untuk jenis gangguannya, gangguan fisik dilaporkan paling sering terjadi dengan rata-rata 503 gangguan tiap bulannya dan gangguan PSB/migrasi dilaporkan paling sedikit terjadi dengan rata-rata 9 gangguan tiap bulannya.

Guna memahami pola terjadinya gangguan, maka data tiap jenis gangguan yang terjadi dapat digambarkan ke dalam grafik historis selama periode Januari 2021 sampai Mei 2022.

Berdasarkan pola data pada Gambar 2, dapat dilihat bahwa data gangguan fisik tidak terlalu fluktuatif namun cenderung menurun. Meskipun ada kecenderungan naik di awal tahun. Total gangguan fisik selama 17 bulan sebanyak 8.550 laporan gangguan. Jumlah gangguan tertinggi terjadi pada bulan Januari 2021 sebanyak 740 gangguan. Sedangkan jumlah gangguan terendah terjadi pada bulan Oktober 2021 sebanyak 383 gangguan.

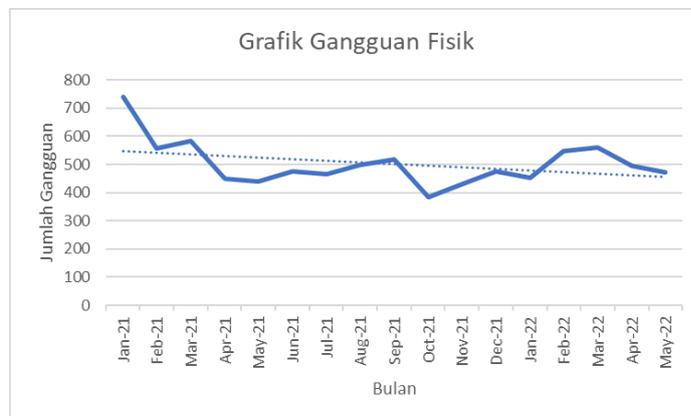
Berdasarkan pola data pada Gambar 3, dapat dilihat bahwa gangguan masal sempat mengalami kenaikan signifikan pada bulan Februari 2021 yang merupakan jumlah tertinggi yaitu sebanyak 230. Sedangkan jumlah gangguan terendah terjadi pada bulan Juli 2021 sebanyak 137 gangguan. Total gangguan massal selama 17 bulan ada sebanyak 3.077 laporan gangguan. Secara umum tren jumlah gangguan masal cenderung stabil dengan sedikit penurunan dari waktu ke waktu.

Gambar 4 menunjukkan pola gangguan *logic*. Terlihat bahwa data gangguan *logic* cukup fluktuatif dengan tren sedikit menurun. Total gangguan *logic* selama 17 bulan sebanyak 6.234 laporan gangguan. Jumlah

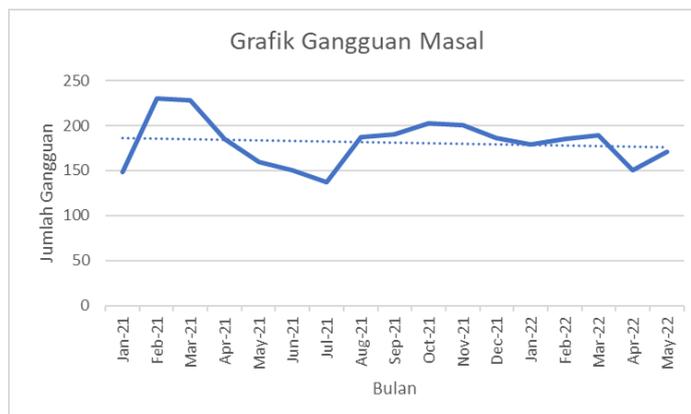
gangguan tertinggi terjadi pada bulan November 2021 sebanyak 514 gangguan. Sedangkan jumlah gangguan terendah terjadi pada bulan Juli 2021 sebanyak 256 gangguan.

Selanjutnya untuk gangguan yang diakibatkan oleh PSB/migrasi dapat digambarkan trennya sesuai dengan Gambar 5 di atas. Dapat dilihat bahwa data gangguan cukup fluktuatif dengan tren yang cenderung mengalami kenaikan terutama sejak akhir tahun 2021. Total gangguan PSB/migrasi selama 17 bulan sebanyak 148 laporan gangguan. Jumlah gangguan tertinggi terjadi pada bulan Mei 2022 sebanyak 15 gangguan. Sedangkan jumlah gangguan terendah terjadi pada bulan September 2021 sebanyak 6 gangguan.

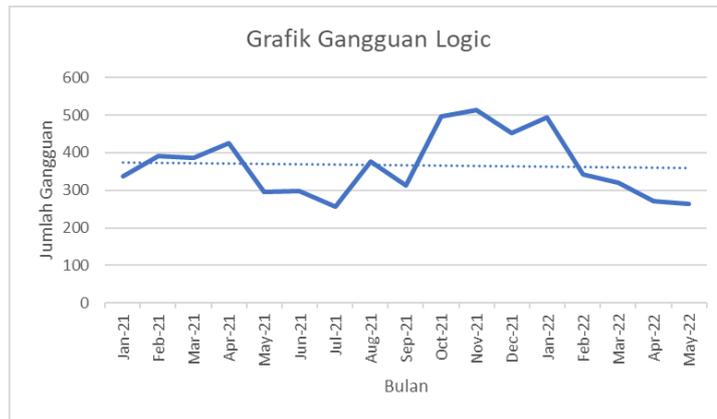
Pola gangguan lain-lain dapat dilihat pada Gambar 6, dapat dilihat bahwa data gangguann lain-lain fluktuatif dan sedikit menurun trennya. Total gangguan lain-lain selama 17 bulan sebanyak 444 laporan gangguan. Jumlah gangguan tertinggi terjadi pada bulan April 2022 sebanyak 33 gangguan. Sedangkan jumlah gangguan terendah terjadi pada bulan Desember 2021 sebanyak 17 gangguan.



**Gambar 2.** Pola data gangguan fisik



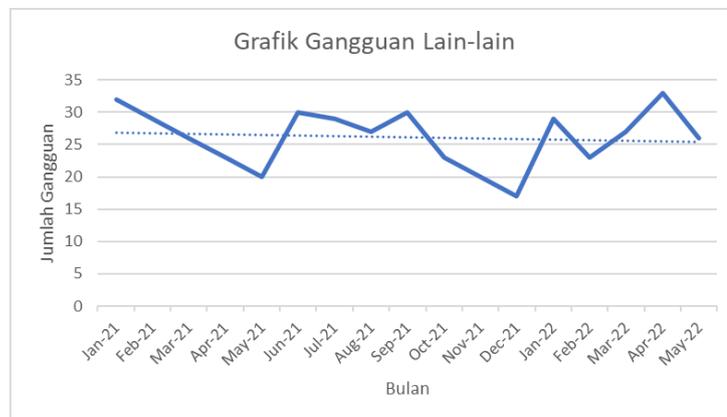
**Gambar 3.** Pola data gangguan massal



**Gambar 4.** Pola data gangguan *logic*



**Gambar 5.** Pola data gangguan PSB/migrasi



**Gambar 6.** Pola data gangguan lain-lain

**Peramalan *Moving Average***

Pada peramalan dengan metode Moving Average (MA) untuk setiap gangguan digunakan asumsi *time frame* atau selang waktu selama 3 bulan. Dengan demikian data yang akan dihitung adalah jumlah terjadinya gangguan untuk bulan April 2021. Berikut adalah contoh peramalan jumlah gangguan fisik dengan menggunakan metode MA dimana perhitungan ini berdasarkan Persamaan 1. Perhitungan MA dilakukan dengan menghitung rerata dari data 3 bulan sebelumnya untuk

gangguan setiap. Misalkan peramalan MA3 untuk bulan April 2021 menggunakan rerata dari data aktual bulan Januari-Maret 2021.

$$Y'_{t+1} = \frac{\sum T_t + T_{t-1} + T_{t-2} + \dots + T_{t-n-1}}{n}$$

$$Y'_{3+1} = \frac{740 + 559 + 583}{3}$$

$$Y'_4 = \frac{1882}{3}$$

$$Y'_4 = 627,33$$

Proses perhitungan yang sama dilakukan untuk semua jenis gangguan dan dilakukan perlamen hingga bulan Mei 2022. Hasil

perhitungan selengkapnya menggunakan metode MA dengan rentang waktu 3 bulan dapat dilihat pada Tabel 3.

### Peramalan *Single Exponential Smoothing*

Perhitungan peramalan menggunakan metode SES dilakukan dengan Persamaan 2. Berikut ini adalah contoh hasil perhitungan manual metode SES dengan alfa 0,7 pada gangguan fisik untuk periode bulan Februari-April 2021. Peramalan pada bulan Februari menggunakan data  $Y'_t$  sesuai dengan jumlah gangguan pada bulan sebelumnya, yaitu 740.

$$Y'_{t+1} = \alpha \cdot T_t + (1 - \alpha) \cdot Y'_t$$

$$Y'_2 = 0,7 \cdot 559 + (1 - 0,7) \cdot 740 = 611,3$$

$$Y'_3 = 0,7 \cdot 583 + (1 - 0,7) \cdot 611,3 = 592,09$$

$$Y'_4 = 0,7 \cdot 451 + (1 - 0,7) \cdot 592,09 = 493,3$$

Selanjutnya dilakukan peramalan untuk menentukan nilai alfa yang paling baik dari rentang 0,1 sampai dengan 0,9. Kriteria yang digunakan untuk menentukan nilai alfa adalah berdasarkan nilai rata-rata persentase kesalahan peramalan (MAPE). Tabel 4

menampilkan nilai persentase kesalahan dari masing-masing gangguan untuk  $\alpha = 0,1 - 0,9$ . Berdasarkan tabel tersebut menunjukkan bahwa alfa 0,9 menghasilkan nilai MAPE terkecil untuk semua jenis gangguan.

Hasil perhitungan nilai alfa dijadikan acuan untuk melakukan peramalan SES terhadap setiap gangguan untuk data mulai bulan April 2021 hingga Mei 2022. Tabel 5 menunjukkan hasil peramalan dengan metode SES berdasarkan nilai alfa terpilih pada setiap jenis gangguan.

### Analisa Hasil Peramalan

Pengujian hasil peramalan setiap gangguan menggunakan metode *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE), *Mean Absolute Deviation* (MAD), dan *Mean Square Error* (MSE). Penentuan metode peramalan dimulai menggunakan MAPE untuk menentukan metode peramalan yang memiliki persentase *error* terkecil. Berikut adalah hasil pengecekan *error* setiap metode.

**Tabel 3.** Hasil peramalan MA setiap gangguan

Bulan	Fisik	Massal	Logic	PSB/ migrasi	Lain-lain
Apr-21	627,33	202,00	372,00	8,00	29,00
May-21	531,00	214,33	401,00	8,33	26,00
Jun-21	491,67	191,00	369,33	8,00	23,00
Jul-21	456,00	165,00	339,33	8,67	24,33
Aug-21	460,67	149,00	283,00	8,67	26,33
Sep-21	479,33	158,00	310,00	8,00	28,67
Oct-21	493,00	171,33	315,00	7,00	28,67
Nov-21	465,67	193,00	395,00	6,33	26,67
Dec-21	443,67	197,33	440,67	6,33	24,33
Jan-22	430,33	196,00	487,67	6,33	20,00
Feb-22	454,00	188,33	487,33	7,33	22,00
Mar-22	492,33	183,33	430,33	8,33	23,00
Apr-22	520,67	184,33	386,33	10,67	26,33
May-22	534,00	174,67	311,33	11,33	27,67

**Tabel 4.** Nilai MAPE untuk  $\alpha = 0,1 - 0,9$  setiap gangguan

$\alpha$	Fisik	Massal	Logic	PSB/ migrasi	Lain-lain
0,1	25.11%	9.50%	21.15%	18.89%	18.38%
0,2	14.72%	8.08%	19.65%	15.73%	15.57%
0,3	9.96%	7.30%	16.97%	12.85%	13.51%
0,4	7.52%	6.68%	13.89%	10.33%	11.56%
0,5	5.72%	5.74%	10.98%	8.02%	9.61%
0,6	4.30%	4.63%	8.41%	6.24%	7.65%
0,7	3.22%	3.43%	6.03%	4.60%	5.71%
0,8	2.15%	2.22%	3.87%	3.03%	3.79%
0,9	1.07%	1.07%	1.87%	1.50%	1.90%

**Tabel 5.** Hasil peramalan SES setiap gangguan

Bulan	Fisik	Massal	Logic	PSB/ migrasi	Lain-lain
Apr-21	464,14	189,24	421,19	7,93	23,33
May-21	443,31	162,92	308,52	8,89	20,33
Jun-21	472,73	151,29	298,15	8,99	29,03
Jul-21	465,77	138,43	260,22	8,10	29,00
Aug-21	493,88	182,14	365,32	7,11	27,20
Sep-21	514,69	189,21	317,33	6,11	29,72
Oct-21	396,17	200,72	478,13	6,01	23,67
Nov-21	427,52	200,07	510,41	6,90	20,37
Dec-21	472,05	187,41	458,74	6,09	17,34
Jan-22	455,81	179,84	491,37	8,71	27,83
Feb-22	536,98	184,48	357,84	9,87	23,48
Mar-22	559,50	188,55	324,68	12,69	26,65
Apr-22	500,55	153,85	275,47	11,17	32,36
May-22	476,65	169,29	264,25	14,62	26,64

### 1. Analisis peramalan gangguan fisik

Pada bagian ini data hasil peramalan untuk gangguan fisik dianalisis berdasarkan tingkat kesalahannya menggunakan indikator MAD, MSE, dan MAPE. Selanjutnya hasil peramalan dengan kedua metode MA dan SES dianalisis lebih mendalam.

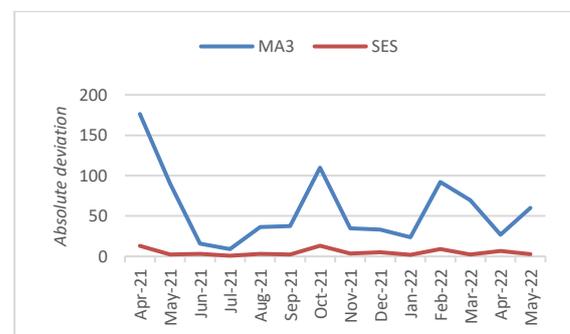
Proses pengujian dilakukan dengan membandingkan tingkat *error* dari metode MA dan SES menggunakan nilai *absolute deviation error* yang didapat dari perbandingan nilai absolut antara data aktual dengan hasil peramalan dengan kedua metode tersebut. Data perbandingan nilai kesalahan absolut dari peramalan MA dan SES untuk semua periode dapat dilihat pada Tabel 6.

**Tabel 6.** Perbandingan kesalahan absolut peramalan MA dan SES pada gangguan fisik

Bulan	MA	SES
Apr-21	176,33	13,14
May-21	90,00	2,31
Jun-21	15,67	3,27
Jul-21	9,00	0,77
Aug-21	36,33	3,12
Sep-21	37,67	2,31
Oct-21	110,00	13,17
Nov-21	34,67	3,48
Dec-21	33,33	4,95
Jan-22	23,67	1,81
Feb-22	92,00	9,02
Mar-22	69,67	2,50
Apr-22	26,67	6,55
May-22	60,00	2,65

Grafik perbandingan nilai kesalahan absolut untuk gangguan fisik dapat dilihat pada Gambar

7. Berdasarkan grafik pada Gambar 7 terlihat bahwa nilai MAD dari metode SES jauh lebih baik daripada MA. Dimana nilai MAD SES berada di bawah 20, sedangkan MAD untuk metode MA sebagian besar fluktuatif melebihi 20. Pada beberapa periode, misalkan April 2021 dan Oktober 2021, nilai kesalahan absolut pada kedua metode terlihat lebih besar dibandingkan periode lainnya. Jika ditinjau nilai MAD untuk keseluruhan periode, sebagaimana tersaji pada Tabel 7, metode MA dan SES masing-masing memiliki nilai MAD sebesar 58,21 dan 4,93. Nilai tersebut menunjukkan banyaknya gangguan yang mungkin lebih atau kurang terhadap data aktual. Misalkan dengan metode SES dengan alfa 0,9 menunjukkan MAD 4,93; yang berarti pada kemungkinan *error* yang akan ditemukan pada periode berikutnya kurang lebih memiliki selisih sebanyak 5 gangguan terhadap data aktualnya.

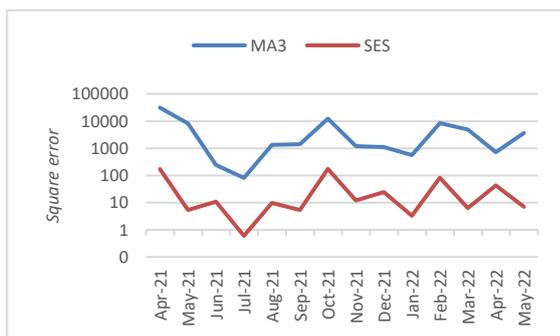
**Gambar 7.** Grafik perbandingan kesalahan absolut peramalan MA dan SES pada gangguan fisik

Gambar 8 menunjukkan grafik perbandingan nilai *square error* setiap periode untuk metode MA dan SES. Grafik tersebut

ditampilkan dalam skala logaritma dengan orde 10, karena perbedaan nilai *square error* yang terlampaui besar dari kedua metode. Pola nilai *square error* dari kedua metode terlihat hampir sama. Meskipun demikian metode SES memiliki grafik yang lebih landai dibandingkan dengan metode MA3. Selain itu, nilai rata-rata *square error* atau MSE dari metode SES sebesar 39,66 juga terpaut jauh dengan MA yang sebesar 5.347,17. Hal ini mengindikasikan bahwa metode SES adalah estimator yang lebih baik dari metode MA3.

**Tabel 7.** Perbandingan data aktual dan hasil peramalan pada gangguan fisik

Bulan	Aktual	Forecasting	
		MA3	SES
Apr-21	451	627,33	464,14
May-21	441	531,00	443,31
Jun-21	476	491,67	472,73
Jul-21	465	456,00	465,77
Aug-21	497	460,67	493,88
Sep-21	517	479,33	514,69
Oct-21	383	493,00	396,17
Nov-21	431	465,67	427,52
Dec-21	477	443,67	472,05
Jan-22	454	430,33	455,81
Feb-22	546	454,00	536,98
Mar-22	562	492,33	559,50
Apr-22	494	520,67	500,55
May-22	474	534,00	476,65
<b>MAD</b>		58,21	4,93
<b>MSE</b>		5.347,17	39,66
<b>MAPE</b>		12,54%	1,07%



**Gambar 8.** Grafik perbandingan *square error* pada peramalan gangguan fisik

Tabel 7 menunjukkan rincian perbandingan data aktual dengan hasil peramalan pada gangguan fisik dengan metode MA dan SES. Jika ditinjau dari nilai MAPE, terlihat bahwa metode MA dengan 12,54% dapat dikategorikan sebagai metode peramalan yang baik. Sedangkan SES dengan nilai MAPE sebesar 1,07% adalah metode peramalan yang sangat baik karena nilainya jauh di bawah 10%.

Perbandingan data aktual dan hasil peramalan dengan kedua metode tersebut dapat ditunjukkan pada Gambar 9. Terlihat bahwa hasil peramalan dengan metode SES sudah bisa mengikuti pola data aktual. Sedangkan metode MA cukup menyimpang jauh dari data aktual.



**Gambar 9.** Grafik perbandingan data aktual dan hasil peramalan gangguan fisik

## 2. Analisis peramalan gangguan massal

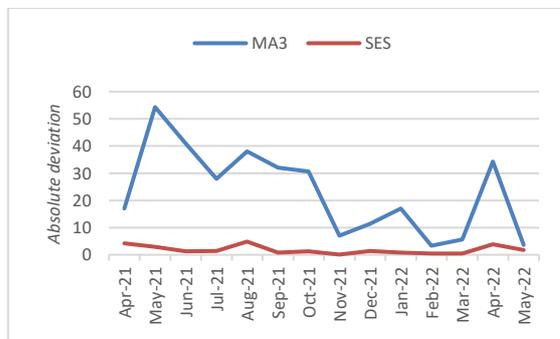
Pada bagian ini akan dibahas analisis hasil peramalan untuk data gangguan massal. Analisis didasarkan pada indikator kesalahan yaitu MAD, MSE, dan MAPE. Selanjutnya dilakukan analisis perbandingan antara data aktual dengan data peramalan.

Proses pengujian pertama dilakukan dengan membandingkan tingkat *error* dari metode MA dan SES menggunakan nilai *absolute deviation error* yang didapat dari perbandingan nilai absolut antara data aktual dengan hasil peramalan dengan kedua metode tersebut. Data perbandingan kesalahan absolut dari peramalan MA dan SES untuk gangguan massal dapat dilihat pada Tabel 8. Data ini kemudian dapat digambarkan dalam bentuk grafik sebagaimana terlihat pada Gambar 10.

Pola kesalahan absolut untuk metode MA terlihat cukup fluktuatif di tiap periode dengan sebagian besar nilainya berada di atas 10. Sedangkan metode SES pola kesalahannya cenderung stabil dengan nilai berada di bawah 5. Selain itu terdapat lonjakan nilai kesalahan absolut yang mencolok di periode awal. Di periode bulan Februari 2022, tingkat kesalahan absolut dari metode MA tampak berdekatan dengan metode SES. Jika ditinjau dari nilai rata-rata kesalahan absolut (MAD), kedua metode tidak terpaut jauh nilainya. Dimana pada metode MA memiliki nilai MAD sebesar 23,1 sedangkan pada metode SES memiliki nilai MAD sebesar 1,83.

**Tabel 8.** Perbandingan kesalahan absolut peramalan MA dan SES pada gangguan massal

Bulan	MA	SES
Apr-21	17,00	4,24
May-21	54,33	2,92
Jun-21	41,00	1,29
Jul-21	28,00	1,43
Aug-21	38,00	4,86
Sep-21	32,00	0,79
Oct-21	30,67	1,28
Nov-21	7,00	0,07
Dec-21	11,33	1,41
Jan-22	17,00	0,84
Feb-22	3,33	0,52
Mar-22	5,67	0,45
Apr-22	34,33	3,85
May-22	3,67	1,71

**Gambar 10.** Grafik perbandingan kesalahan absolut peramalan MA dan SES pada gangguan massal

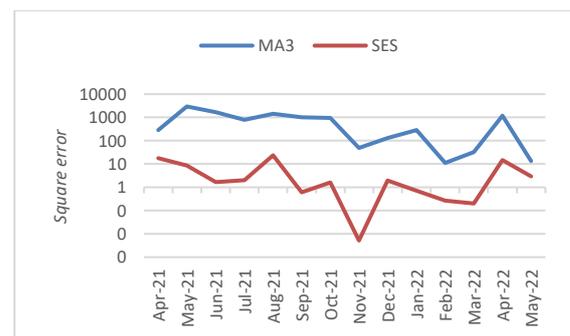
Nilai MAD dari masing-masing metode peramalan diperlihatkan pada Tabel 9. Nilai tersebut menunjukkan banyaknya gangguan yang mungkin lebih atau kurang terhadap data aktual. Misalkan dengan metode SES dengan alfa 0,9 menunjukkan MAD 1,83; yang berarti pada kemungkinan *error* yang akan ditemukan pada periode berikutnya kurang lebih memiliki selisih sebanyak 2 gangguan terhadap data aktualnya.

Berikutnya dilakukan pengujian dengan mengecek estimasi berapa nilai kesalahan pada peramalan menggunakan metode *square error* yang selanjutnya akan dihitung nilai rataannya (MSE) untuk seluruh periode. Gambar 11 berikut ini memperlihatkan perbandingan nilai *square error* setiap periode dari metode peramalan MA3 dan SES terhadap data gangguan massal. Grafik tersebut menggunakan skala logaritma dengan orde 10, karena perbedaan nilai *error* dari kedua metode tersebut cukup besar. Jika ditinjau dari segi pola *error*, terlihat bahwa kedua metode memiliki

pola yang hampir sama. Dimana terdapat penurunan nilai *error* di periode yang sama, misalnya pada November 2021 dan Februari 2022. Meskipun demikian, terlihat bahwa metode SES lebih landai dibandingkan dengan metode MA3. Selain itu, nilai rata-rata *square error* atau MSE dari metode MA dan SES terpaut sangat jauh masing-masing adalah sebesar 772,6 dan 5,5. tersebut dapat dijadikan estimator yang baik. Hal ini mengindikasikan bahwa metode SES adalah estimator yang lebih baik daripada metode MA3.

**Tabel 9.** Perbandingan data aktual dan hasil peramalan pada gangguan massal

Bulan	Aktual	Forecasting	
		MA3	SES
Apr-21	185	202,00	189,24
May-21	160	214,33	162,92
Jun-21	150	191,00	151,29
Jul-21	137	165,00	138,43
Aug-21	187	149,00	182,14
Sep-21	190	158,00	189,21
Oct-21	202	171,33	200,72
Nov-21	200	193,00	200,07
Dec-21	186	197,33	187,41
Jan-22	179	196,00	179,84
Feb-22	185	188,33	184,48
Mar-22	189	183,33	188,55
Apr-22	150	184,33	153,85
May-22	171	174,67	169,29
<b>MAD</b>		23,10	1,83
<b>MSE</b>		772,60	5,50
<b>MAPE</b>		13,73%	1,07%

**Gambar 11.** Grafik perbandingan *square error* pada peramalan gangguan massal

Tabel 9 memperlihatkan rincian perbandingan data aktual dengan hasil peramalan pada gangguan massal. Jika ditinjau dari segi MAPE, metode MA dengan nilai 13,73% dapat dikategorikan sebagai metode peramalan yang baik. Sedangkan SES dengan nilai MAPE sebesar 1,07% adalah metode

peramalan yang sangat baik karena nilainya di bawah 10%. Perbandingan data aktual dan hasil peramalan dengan kedua metode tersebut dapat ditunjukkan pada Gambar 12. Jika ditinjau dari sisi pola, metode MA terlihat bisa mengikuti pola data aktual. Sedangkan metode SES cukup moderat mengikuti pola data aktual.

Selain itu berdasarkan data tersebut didapatkan metode SES memiliki nilai MAD, MSE, dan MAPE terkecil apabila dibandingkan dengan nilai dari MA dengan *time frame* 3 bulan. Gambar 12 memperlihatkan perbandingan antara metode peramalan MA dan SES yang cukup mendekati data aktual. Namun jika ditinjau dari tiga indikator pengujian, metode SES masih jauh lebih unggul dibandingkan metode MA.



**Gambar 12.** Grafik perbandingan data aktual dan hasil peramalan pada gangguan massal

### 3. Analisis peramalan gangguan *logic*

Bagian ini membahas analisis hasil peramalan untuk data gangguan *logic*. Analisis dilakukan berdasarkan hasil pengujian akurasi peramalan dengan tiga indikator yaitu MAD, MSE, dan MAPE. Selanjutnya dilakukan analisis perbandingan data aktual dengan hasil peramalan.

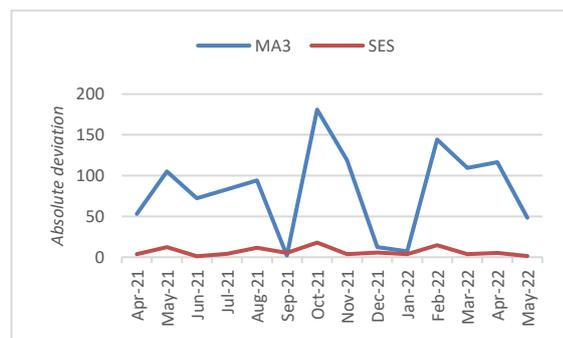
Analisis pertama dilakukan dengan membandingkan tingkat *error* dari metode MA dan SES menggunakan nilai *absolute deviation error* yang didapat dari perbandingan nilai absolut antara data aktual dengan hasil peramalan dengan kedua metode tersebut. Data perbandingan kesalahan absolut ini dapat dilihat pada Tabel 10. Sedangkan grafik perbandingannya di tiap periode dapat dilihat pada Gambar 13.

Secara keseluruhan terlihat bahwa terdapat perbedaan signifikan antara nilai kesalahan absolute metode MA dan metode SES. Meski pada beberapa periode perbedaan keduanya kecil, misalnya pada bulan September 2021,

Desember 2021, dan Januari 2022. Nilai rata-rata kesalahan absolut (MAD) pada metode MA adalah sebesar 82. Sedangkan pada metode SES memiliki nilai MAD sebesar 6,8. Nilai tersebut menunjukkan banyaknya gangguan yang mungkin lebih atau kurang terhadap data aktual. Misalkan dengan metode SES dengan alfa 0,9 menunjukkan MAD 6,8; yang berarti pada kemungkinan error yang akan ditemukan pada periode berikutnya kurang lebih memiliki selisih sebanyak 7 gangguan terhadap data aktualnya.

**Tabel 10.** Perbandingan kesalahan absolut peramalan MA dan SES pada gangguan *logic*

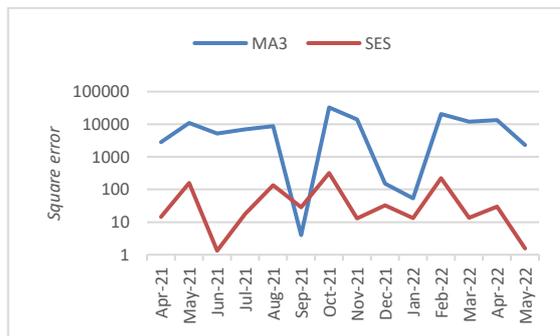
Bulan	MA	SES
Apr-21	53,00	3,8
May-21	105,00	12,5
Jun-21	72,33	1,2
Jul-21	83,33	4,2
Aug-21	94,00	11,7
Sep-21	2,00	5,3
Oct-21	181,00	17,9
Nov-21	119,00	3,6
Dec-21	12,33	5,7
Jan-22	7,33	3,6
Feb-22	144,33	14,8
Mar-22	109,33	3,7
Apr-22	116,33	5,5
May-22	48,33	1,2



**Gambar 13.** Grafik perbandingan kesalahan absolut peramalan MA dan SES pada gangguan *logic*

Berikutnya dilakukan pengujian dengan mengecek estimasi berapa nilai kesalahan pada peramalan dengan menggunakan metode *square error* yang selanjutnya akan dihitung nilai rataannya (MSE) untuk seluruh periode. Gambar 14 berikut ini memperlihatkan hasil pengukuran nilai *square error* dari masing-masing metode peramalan terhadap data gangguan *logic*. Grafik tersebut ditampilkan dalam skala logaritma dengan orde 10, karena perbedaan nilai *square error* yang terlampau

besar dari kedua metode peramalan. Pola *square error* terlihat fluktuatif untuk kedua metode. Namun demikian, *square error* untuk metode SES jauh lebih kecil dibandingkan MA dengan sebaian besar nilai *square error* berada di bawah 100. Selain itu, jika ditinjau dari nilai rata-rata *square error* atau MSE dari metode SES hanya sebesar 71,3. Hal ini terpaut jauh dengan metode MA yang memiliki MSE sebesar 9.331. Hal ini mengindikasikan bahwa metode SES adalah estimator yang jauh lebih baik dari metode MA3 untuk meramalkan data gangguan *logic*.



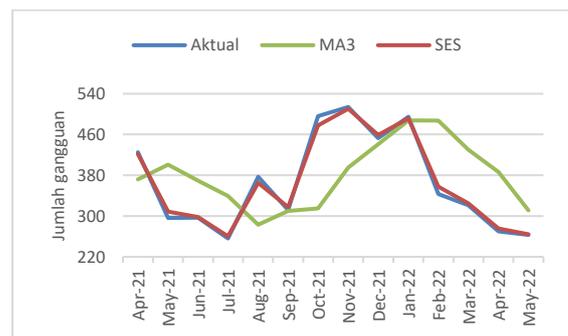
**Gambar 14.** Grafik perbandingan *square error* pada peramalan gangguan *logic*

Tabel 11 menunjukkan rincian perbandingan data aktual dengan hasil peramalan pada gangguan *logic*. Jika ditinjau dari segi MAPE, metode MA menghasilkan kesalahan sebesar 23,71% yang menandakan metode MA masih layak digunakan. Sedangkan pada metode SES, nilai MAPE yang dihasilkan sangatlah kecil yaitu 1,87% yang menandakan bahwa metode SES sangat baik meramalkan data gangguan *logic*. Berdasarkan data pada Tabel 11 tersebut, kita bisa membuat grafik perbandingan antara data aktual dan hasil peramalan, sebagaimana terlihat pada Gambar 15.

Berdasarkan pola data pada Gambar 15 terlihat bahwa metode SES sangat baik dalam meramalkan data gangguan *logic* dengan grafik yang berhimpitan dengan data aktual hampir di semua periode. Sedangkan hasil peramalan dari metode MA tampak menghasilkan begitu banyak gap dengan data aktual. Ditambah lagi berdasarkan indikator pengujian yaitu MAD, MSE, dan MAPE juga memperlihatkan bahwa metode SES jelas lebih unggul dibandingkan dengan metode MA.

**Tabel 11.** Perbandingan data aktual dan hasil peramalan pada gangguan *logic*

Bulan	Aktual	Forecasting	
		MA3	SES
Apr-21	425	372,00	421,19
May-21	296	401,00	308,52
Jun-21	297	369,33	298,15
Jul-21	256	339,33	260,22
Aug-21	377	283,00	365,32
Sep-21	312	310,00	317,33
Oct-21	496	315,00	478,13
Nov-21	514	395,00	510,41
Dec-21	453	440,67	458,74
Jan-22	495	487,67	491,37
Feb-22	343	487,33	357,84
Mar-22	321	430,33	324,68
Apr-22	270	386,33	275,47
May-22	263	311,33	264,25
<b>MAD</b>		81,98	6,8
<b>MSE</b>		9.331	71,3
<b>MAPE</b>		23,71%	1,87%



**Gambar 15.** Grafik perbandingan data aktual dan hasil peramalan pada gangguan *logic*

#### 4. Analisis peramalan gangguan PSB/migrasi

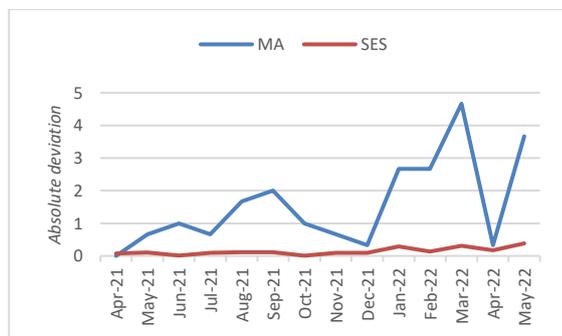
Bagian ini membahas analisis hasil peramalan untuk data gangguan yang disebabkan PSB/migrasi. Analisis didasarkan pada indikator kesalahan yaitu MAD, MSE, dan MAPE. Selanjutnya dilakukan analisis perbandingan antara data aktual dengan data peramalan.

Analisis pertama dilakukan dengan membandingkan tingkat *error* dari metode MA dan SES menggunakan nilai *absolute deviation error* yang didapat dari perbandingan nilai absolut antara data aktual dengan hasil peramalan dengan kedua metode tersebut. Data perbandingan kesalahan absolut dari tersebut dapat dilihat pada Tabel 12. Data ini kemudian dapat dibentuk grafik perbandingan tiap periodenya sebagaimana terlihat pada Gambar 16. Secara keseluruhan terlihat bahwa nilai kesalahan absolut pada metode SES jauh

lebih rendah dari pada metode MA. Dimana di sebagian besar periode kesalahan absolut metode SES berada di bawah 0,5. Meskipun demikian, di beberapa periode metode MA memiliki kesalahan absolut yang mendekati SES, seperti pada periode bulan April 2021, Desember 2021, dan April 2022.

**Tabel 12.** Perbandingan kesalahan absolut peramalan MA dan SES pada gangguan PSB/migrasi

Bulan	MA	SES
Apr-21	0,00	0,07
May-21	0,67	0,11
Jun-21	1,00	0,01
Jul-21	0,67	0,10
Aug-21	1,67	0,11
Sep-21	2,00	0,11
Oct-21	1,00	0,01
Nov-21	0,67	0,10
Dec-21	0,33	0,09
Jan-22	2,67	0,29
Feb-22	2,67	0,13
Mar-22	4,67	0,31
Apr-22	0,33	0,17
May-22	3,67	0,38



**Gambar 16.** Grafik perbandingan kesalahan absolut peramalan MA dan SES pada gangguan PSB/migrasi

Jika ditinjau dari nilai rata-rata kesalahan absolut (MAD), kedua metode sama-sama memiliki tingkat kesalahan yang terbilang rendah. Metode MA menghasilkan nilai MAD sebesar 1,57 dan metode SES menghasilkan nilai MAD sebesar 0,14. Nilai tersebut menunjukkan banyaknya gangguan yang mungkin lebih atau kurang terhadap data aktual. Misalkan dengan metode MA menunjukkan MAD 1,57; yang berarti pada kemungkinan *error* yang akan ditemukan pada periode berikutnya kurang lebih memiliki selisih sebanyak 2 gangguan terhadap data aktualnya.

Berikutnya dilakukan pengujian dengan mengecek estimasi berapa nilai kesalahan pada peramalan dengan menggunakan metode *square error* yang selanjutnya akan dihitung nilai rata-ratanya (MSE) untuk seluruh periode. Gambar 17 memperlihatkan perbandingan *square error* dari kedua metode peramalan di setiap periode. Grafik tersebut menggunakan skala logaritma dengan orde 10, karena perbedaan nilai *error* dari kedua metode tersebut cukup besar. Jika ditinjau dari segi pola *error*, terlihat bahwa kedua metode memiliki pola yang fluktuatif. Pada periode tertentu, kedua metode memiliki gap *error* yang cukup signifikan, misalnya pada bulan September 2021 dan Maret 2022. Secara keseluruhan tingkat *error* metode SES jauh lebih kecil dibandingkan dengan metode MA. Lebih jauh lagi jika dibandingkan nilai MSE dari kedua metode tersebut, metode MA menghasilkan nilai MSE sebesar 4,27. Sedangkan metode SES bisa menghasilkan MSE sebesar 0,29. Hal ini mengindikasikan bahwa metode SES adalah estimator yang lebih baik dari metode MA3 pada data gangguan PSB/migrasi.



**Gambar 17.** Grafik perbandingan *square error* pada peramalan gangguan PSB/migrasi

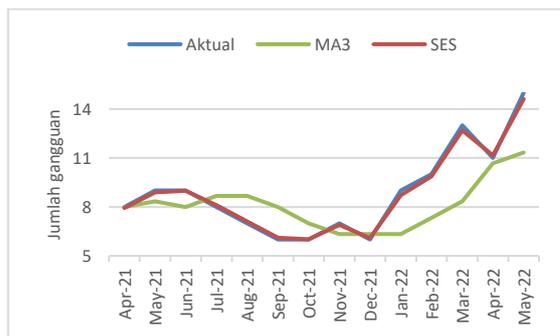
Tabel 13 memperlihatkan rincian perbandingan data aktual dengan hasil peramalan pada data gangguan PSB/migrasi. Jika ditinjau berdasarkan nilai MAPE, metode MA menghasilkan nilai sebesar 16,81% yang berarti metode peramalan ini terbilang baik. Sebaliknya dengan metode peramalan SES, nilai MAPE yang dihasilkan adalah sebesar 1,5% yang mengindikasikan metode ini sangat sesuai dalam meramalkan data gangguan PSB/migrasi.

Guna analisis lebih jauh, perbandingan antara data aktual dan hasil peramalan disajikan pada Gambar 18. Terlihat bahwa hasil peramalan dengan metode SES sudah bisa

mengikuti pola data aktual di hampir semua periode. Sedangkan metode MA terlihat sedikit bisa mengikuti pola data, meskipun terlihat jelas cukup menyimpang dari data aktual pada beberapa periode. Hal ini mengindikasikan bahwa metode SES jauh lebih sesuai. Terlebih lagi dengan hasil pengujian ketiga indikator menegaskan bahwa metode SES jauh lebih unggul dibandingkan metode MA dalam meramalkan data gangguan PSB/migrasi.

**Tabel 13.** Perbandingan data aktual dan hasil peramalan pada gangguan PSB/migrasi

Bulan	Aktual	Forecasting	
		MA3	SES $\alpha = 0,9$
Apr-21	8	8,00	7,93
May-21	9	8,33	8,89
Jun-21	9	8,00	8,99
Jul-21	8	8,67	8,10
Aug-21	7	8,67	7,11
Sep-21	6	8,00	6,11
Oct-21	6	7,00	6,01
Nov-21	7	6,33	6,90
Dec-21	6	6,33	6,09
Jan-22	9	6,33	8,71
Feb-22	10	7,33	9,87
Mar-22	13	8,33	12,69
Apr-22	11	10,67	11,17
May-22	15	11,33	14,62
<b>MAD</b>		1,57	0,14
<b>MSE</b>		4,27	0,03
<b>MAPE</b>		16,81%	1,50%



**Gambar 18.** Grafik perbandingan data aktual dan peramalan pada gangguan PSB/migrasi

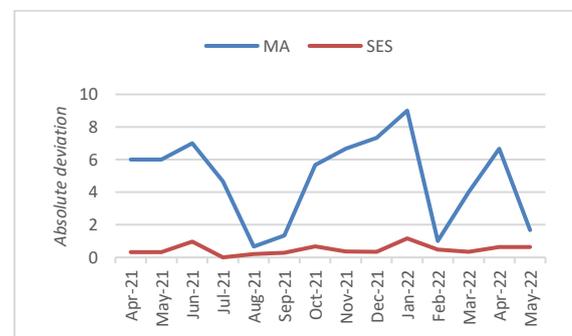
##### 5. Analisis peramalan gangguan lain-lain

Bagian ini membahas analisis hasil peramalan untuk data gangguan lain-lain. Analisis didasarkan pada indikator kesalahan yaitu MAD, MSE, dan MAPE. Selanjutnya dilakukan analisis perbandingan antara data aktual dengan data peramalan guna menentukan metode peramalan yang paling sesuai.

Analisis pertama dilakukan dengan membandingkan tingkat *error* dari metode MA dan SES menggunakan nilai *absolute deviation error* yang didapat dari perbandingan nilai absolut antara data aktual dengan hasil peramalan dengan kedua metode tersebut. Data perbandingan kesalahan tersebut dapat dilihat pada Tabel 14. Sedangkan grafik perbandingannya disajikan pada Gambar 19.

**Tabel 14.** Perbandingan kesalahan absolut peramalan MA dan SES pada gangguan lain-lain

Bulan	MA3	SES
Apr-21	6,00	0,33
May-21	6,00	0,33
Jun-21	7,00	0,97
Jul-21	4,67	0,00
Aug-21	0,67	0,20
Sep-21	1,33	0,28
Oct-21	5,67	0,67
Nov-21	6,67	0,37
Dec-21	7,33	0,34
Jan-22	9,00	1,17
Feb-22	1,00	0,48
Mar-22	4,00	0,35
Apr-22	6,67	0,64
May-22	1,67	0,64



**Gambar 19.** Grafik perbandingan kesalahan absolut peramalan MA dan SES pada gangguan lain-lain

Dari grafik di atas terlihat bahwa kesalahan absolut dari metode SES relatif lebih landai dan lebih stabil dibandingkan dengan metode MA pada hampir semua periode. Meskipun terdapat kenaikan tingkat kesalahan di beberapa periode, misalnya pada bulan Juni 2021 dan Januari 2022. Lebih lanjut lagi, jika dilihat dari nilai rata-rata kesalahan absolut (MAD) kedua metode memiliki gap yang cukup lebar. Metode MA menghasilkan nilai MAD sebesar 4,83 dan pada metode SES nilainya sebesar 0,48. Misalkan dengan metode MA menunjukkan MAD 4,83; yang berarti pada kemungkinan

*error* yang akan ditemukan pada periode berikutnya kurang lebih memiliki selisih sebanyak 5 gangguan terhadap data aktualnya.

Guna mengukur kinerja peramalan lebih jauh, dilakukan pengujian dengan metode *square error* yang selanjutnya akan dihitung nilai rataannya (MSE). Gambar 20 menunjukkan grafik perbandingan nilai *square error* MA3 dan SES pada semua periode. Grafik tersebut ditampilkan dalam skala logaritma dengan orde 10, karena perbedaan nilai *square error* yang cukup signifikan dari kedua metode peramalan. Dengan membandingkan nilai *square error* terlihat bahwa kedua metode peramalan memiliki gap yang terbilang lebar. Selain itu jika dihitung nilai rata-rata *square error* (MSE), gap kedua metode mengindikasikan bahwa metode SES jauh lebih baik kinerja peramalannya. Metode SES mampu menghasilkan nilai MSE yang sangat kecil sebesar 0,32 jauh dibandingkan dengan metode MA yang menghasilkan MSE sebesar 30,04. Maka berdasarkan indikator MSE, metode SES bisa menjadi estimator yang lebih baik dari metode MA pada peramalan data gangguan lain-lain.



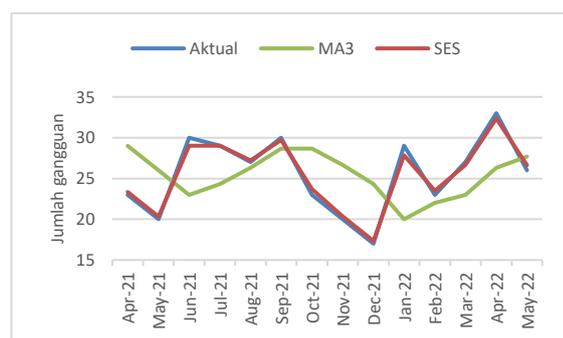
**Gambar 20.** Grafik perbandingan *square error* pada peramalan gangguan lain-lain

Kemudian jika ditinjau dari nilai MAPE, terlihat bahwa metode peramalan MA bisa dianggap sebagai estimator yang baik dengan nilai MAPE sebesar 20%. Di lain sisi, metode SES bisa menghasilkan nilai MAPE yang jauh lebih rendah yaitu sebesar 1,9%. Hal ini mengindikasikan bahwa metode SES tergolong sebagai estimator peramalan yang sangat baik. Tabel 15 menunjukkan rincian perbandingan data aktual dengan hasil peramalan terhadap data gangguan lain-lain. Data perbandingan ini kemudian dapat diilustrasikan melalui grafik sebagaimana terlihat pada Gambar 21.

Grafik tersebut memperlihatkan bahwa hasil peramalan dengan metode SES bisa mengikuti pola data aktual dengan baik hampir di semua periode. Sedangkan metode MA memiliki gap yang relatif jauh dengan data aktual. Hasil pengujian peramalan dengan tiga pendekatan berbeda yaitu MAD, MSE, dan MAPE juga menegaskan bahwa metode SES jauh lebih unggul daripada metode MA dengan gap yang lebar, khususnya pada indikator MSE dan MAPE.

**Tabel 15.** Perbandingan data aktual dan hasil peramalan pada gangguan lain-lain

Bulan	Aktual	Forecasting	
		MA3	SES
Apr-21	23	29,00	23,33
May-21	20	26,00	20,33
Jun-21	30	23,00	29,03
Jul-21	29	24,33	29,00
Aug-21	27	26,33	27,20
Sep-21	30	28,67	29,72
Oct-21	23	28,67	23,67
Nov-21	20	26,67	20,37
Dec-21	17	24,33	17,34
Jan-22	29	20,00	27,83
Feb-22	23	22,00	23,48
Mar-22	27	23,00	26,65
Apr-22	33	26,33	32,36
May-22	26	27,67	26,64
<b>MAD</b>		4,83	0,48
<b>MSE</b>		30,04	0,32
<b>MAPE</b>		20%	1,9%



**Gambar 21.** Grafik perbandingan data aktual dan hasil peramalan pada gangguan lain-lain

### Ringkasan Hasil Peramalan dan Implikasi Penelitian

Tabel 16 memperlihatkan hasil pengujian untuk setiap jenis gangguan berdasarkan tiga indikator *error* MAD, MSE, dan MAPE. Merujuk pada hasil pengujian tersebut menunjukkan bahwa metode MA dan SES bisa digunakan sebagai alat untuk meramalkan data gangguan

internet dengan cukup baik, khususnya jika ditinjau dari segi nilai MAPE yang sebagian besar di bawah 20%. Jika dilihat lebih jauh, metode SES jauh lebih unggul kinerjanya dibandingkan dengan MA untuk semua indikator pengujian. Metode SES sangat baik dalam meramalkan semua jenis data gangguan internet dengan nilai MAPE di bawah 2%. Menariknya, nilai alfa yang digunakan sebagai konstanta dalam peramalan SES sama untuk semua jenis gangguan dengan nilai alfa 0,9.

**Tabel 16.** Pengujian hasil peramalan

<b>Metode Moving Average (MA)</b>			
<b>Jenis Gangguan</b>	<b>MAD</b>	<b>MSE</b>	<b>MAPE</b>
Fisik	58,21	5.347,17	12,54%
Massal	23,10	772,60	13,73%
Logic	81,98	9.331	23,71%
PSB/migrasi	1,57	4,27	16,81%
Lain-lain	4,83	30,04	20,02%
<b>Metode Single Exponential Smoothing (SES)</b>			
<b>Jenis Gangguan</b>	<b>MAD</b>	<b>MSE</b>	<b>MAPE</b>
Fisik	4,93	39,66	1,07%
Massal	1,83	5,50	1,07%
Logic	6,8	71,3	1,87%
PSB/migrasi	0,14	0,03	1,50%
Lain-lain	0,48	0,32	1,90%

Penelitian ini memberikan implikasi praktis yang bisa dimanfaatkan secara langsung oleh perusahaan dalam mengestimasi jumlah gangguan yang akan terjadi di periode-periode selanjutnya. Jika melihat jumlah gangguan yang terjadi, maka perusahaan perlu memberikan perhatian lebih terhadap gangguan fisik yang kerap melonjak di awal tahun. Selain itu, gangguan *logic* jumlahnya juga terbilang tinggi dengan pola lonjakan di periode akhir tahun. Hal ini menandakan bahwa lonjakan gangguan fisik yang terjadi di awal tahun mungkin diakibatkan oleh penanganan gangguan *logic* yang tidak optimal. Jenis gangguan lainnya yang memiliki tren kenaikan adalah gangguan akibat PSB/migrasi. Dengan adanya bantuan peramalan ini, perusahaan bisa mengalokasikan sumber daya dan membuat penjadwalan staf piket dengan lebih baik, sehingga bisa mengoptimalkan kinerja penanganan gangguan. Terlebih lagi, data peramalan bisa digunakan perusahaan sebagai acuan untuk merencanakan program preventif dalam pemeliharaan jaringan guna mengurangi kemungkinan terjadinya gangguan. Untuk mengetahui lebih jauh mengenai dampak pemanfaatan peramalan bagi perusahaan, maka terlebih dahulu diperlukan untuk

mengadopsi hasil ramalan dalam pengambilan keputusan manajemen saat mengalokasikan sumber daya penanganan gangguan layanan.

## Kesimpulan

Penelitian ini berupaya untuk menerapkan metode peramalan *moving average* (MA) dan *single exponential smoothing* (SES) guna memperkirakan jumlah gangguan layanan internet. Data yang digunakan berasal dari histori data gangguan layanan internet di perusahaan PT. Telkom Akses – STO Tandes, Surabaya. Data historis yang dikumpulkan adalah selama periode Januari 2021 hingga Mei 2022 dengan total data sejumlah 18.453. Selanjutnya melalui pengolahan data, jenis gangguan dapat dikategorikan menjadi lima jenis, yaitu gangguan fisik, masal, logic, PSB/migrasi, dan lain-lain. Peramalan dilakukan untuk setiap jenis data gangguan. Selanjutnya pengujian kinerja peramalan dilakukan dengan menggunakan tiga indikator berbeda, yaitu MAD, MSE, dan MAPE. Hasil peramalan menunjukkan bahwa metode SES memberikan hasil peramalan yang jauh lebih baik dibandingkan metode MA untuk semua jenis data gangguan. Metode SES mampu menghasilkan nilai kesalahan yang relatif kecil dengan nilai MAPE di bawah 2%.

Dengan mengetahui perkiraan jumlah gangguan yang akan terjadi, pihak manajemen akan semakin terbantu dalam menyusun perencanaan ataupun pengalokasian sumber daya untuk penanganan gangguan. Namun demikian, penelitian ini masih memiliki keterbatasan dari jumlah data yang dikumpulkan. Selain itu asumsi peramalan pada metode MA hanya terbatas pada rentang waktu tiga bulan saja. Pada penelitian selanjutnya dapat dikembangkan dengan menggunakan metode peramalan lainnya sebagai pembanding ataupun melakukan uji sensitivitas variable terhadap hasil peramalan.

## Daftar Pustaka

- Aden, A. (2020). Forecasting The Eksponential Smoothing Methods.
- Andini, T. D., & Auristandi, P. (2016). Peramalan Jumlah Stok Alat Tulis Kantor di UD Achmad Jaya Menggunakan Metode Double Exponential Smoothing. *Jurnal Ilmiah Teknologi Informasi Asia*, 10(1).

- Asynari, E., Wahyudi, D., & Aeni, Q. (2020). Analisis Peramalan Permintaan Pada Geprek Benu Menggunakan Metode Time Series. *Teknologi Dan Sistem Informasi*, VI(3).
- Gustriansyah, R., Nadia, W., & Sofiana, M. (2019). Komparasi Metode Peramalan Jumlah Permintaan Kamar Hotel. *Jurnal Ilmiah Informatika Global*, 9(2). <https://doi.org/10.36982/jig.v9i2.563>
- Hakimah, M., Rahmawati, W. M., & Afandi, A. Y. (2020). Pengukuran Kinerja Metode Peramalan Tipe Exponential Smoothing Dalam Parameter Terbaiknya. *Network Engineering Research Operation*, 5(1). <https://doi.org/10.21107/nero.v5i1.150>
- Lusiana, A., & Yuliarty, P. (2020). Penerapan Metode Peramalan (Forecasting) Pada Permintaan Atap di PT X. *Industri Inovatif: Jurnal Teknik Industri*, 10(1). <https://doi.org/10.36040/industri.v10i1.2530>
- Nugraha, E. Y., & Suletra, I. W. (2017). Analisis Metode Peramalan Permintaan Terbaik Produk Oxygan pada PT. Samator Gresik. *Seminar Dan Konferensi Nasional IDEC*.
- Nabillah, I., & Ranggadara, I. (2020). Mean absolute percentage error untuk evaluasi hasil prediksi komoditas laut. *JOINS (Journal of Information System)*, 5(2), 250–255. <https://doi.org/10.33633/joins.v5i2.3900>
- Rachman, R. (2018). Penerapan Metode Moving Average Dan Exponential Smoothing Pada Peramalan Produksi Industri Garment. *Jurnal Informatika*, 5(2). <https://doi.org/10.31311/ji.v5i2.3309>
- Rahman, A. A., Supaidi, A., Aslamiah, I., & Ibrahim, A. (2018). Implementasi Customer Relationship Management (Crm) Pelayanan Pelanggan (Corporate) Divisi Bges Pada PT Telkom Witel Sumsel. *JRMSI - Jurnal Riset Manajemen Sains Indonesia*, 9(1). <https://doi.org/10.21009/jrmsi.009.1.05>
- Ramdani, D. A., & Azizah, F. N. (2021). Metode Peramalan moving Average, 1000 Analisis Perbandingan Peramalan Permintaan Pelumas Pt Xyz Dengan Metode Moving Average, Exponential Smoothing Dan Naive Method. *Seminar Nasional Official Statistics*, 2020(1). <https://doi.org/10.34123/semnasoffstat.v2020i1.576>
- Septiyana, D., & Bahtiar, A. (2020). USULAN Perbaikan Peramalan Produksi Ban Pt. Xyz Melalui Pendekatan Metode Exponential Smoothing. *Journal Industrial Manufacturing*, 5(1). <https://doi.org/10.31000/jim.v5i1.2444>
- Sudiman, S. (2020). Peramalan Untuk Perencanaan Produksi Stop Valve Tipe Tx277s Menggunakan Metode Peramalan Deret Waktu (Time Series) Di PT. XYZ. *JITMI (Jurnal Ilmiah Teknik Dan Manajemen Industri)*, 3(1). <https://doi.org/10.32493/jitmi.v3i1.y2020.p7-14>
- Supriyanto, W. (2019). Strategi Komunikasi Internal PDAM Tirta Satria Mengatasi Keluhan Pelanggan. *Warta ISKI*, 2(01). <https://doi.org/10.25008/wartaiski.v2i01.27>
- Yudiarti, & Wira, W. (2019). Perbandingan Metode Peramalan Penjualan Semen Menggunakan Moving Average Dan Single Exponential Smoothing. *Jurnal Ilmiah Matematika*, 7(3).
- Zaman, S. N., Merlina, N., & Nurajijah, N. (2021). Sistem Informasi Keluhan Pelanggan Berbasis Website. *Evolusi: Jurnal Sains Dan Manajemen*, 9(1). <https://doi.org/10.31294/evolusi.v9i1.9636>

### LAMPIRAN

REPORTED DATE	TIKET	KETERANGAN CLOSE	STATUS NOSSA	STREAM	SEGMENTASI CLOSE	TGL CLOSE
30-12-2020 17:31:03	IN85910942	SHARING PC AKTIVASI WINDOWS	CLOSED	LOGIK	CPE	01 January 2021
31-12-2020 20:08:06	IN86067750	OPEN LAN ONT BUAT SETTING ROUTER WIFI	CLOSED	LOGIK	CPE	01 January 2021
01-01-2021 8:12:03	IN86122135	SAMBUNG DISTRIBUSI	CLOSED	FISIK	DC   SAMBUNG ULANG < 250m	01 January 2021
01-01-2021 8:35:20	IN86122641	SAMBUL DC	CLOSED	FISIK	DC   SAMBUNG ULANG < 250m	01 January 2021
01-01-2021 8:57:33	IN86123221	SAMBUNG DISTRIBUSI	CLOSED	FISIK	DC   SAMBUNG ULANG < 250m	01 January 2021
01-01-2021 9:03:06	IN86123462	KONFIRM PELANGGAN INET SDH OK TDK MAU KUNJUNGAN DULU	CLOSED	LOGIK	CONFIGURE	01 January 2021
01-01-2021 9:48:19	IN86124855	SAMBUNG DC & GANTI ONT NOKIA ALCLB3B9A001, DONE IVR PINDAR DC CHANGEPORT	CLOSED	FISIK	DC   SAMBUNG ULANG < 250m	01 January 2021
01-01-2021 10:02:41	IN86125333	ODP+CONFIG ONT	CLOSED	FISIK	ODC   GANTI PASSIVE	01 January 2021
01-01-2021 10:20:55	IN86125947	WO ROC LAYANAN SDH OK TDK BLH CEK DLM RMH	CLOSED	LOGIK	CONFIGURE	01 January 2021
01-01-2021 6:11:30	IN86118039	SQM SAMBUNG DC	CLOSED	FISIK	DC   SAMBUNG ULANG < 250m	01 January 2021
01-01-2021 15:11:13	IN86147208	SAMBUNG DC	CLOSED	FISIK	DC   SAMBUNG ULANG < 250m	01 January 2021
31-12-2020 6:12:23	IN85998284	KANTOR GRAHA TUTUP TDK ADA SURAT IJIN GRAHA FAMILY	CLOSED	LOGIK	CONFIGURE	01 January 2021
01-01-2021 6:11:28	IN86117620	SQM KOS KOSAN TUTUP CP RNA PUTAT GEDE BARU, 1	CLOSED	FISIK	ONT   SETTING ULANG	01 January 2021
01-01-2021 6:13:17	IN86119648	WO SQM, KANTOR TUTUP, ONT LAGI DI MATIKAN SAMPAI KANTOR DIKUNYEMBAH	CLOSED	LOGIK	CONFIGURE	01 January 2021
01-01-2021 16:39:31	IN86152098	IP 10 SDH OK	CLOSED	LOGIK	CONFIGURE	01 January 2021
01-01-2021 10:39:38	IN86126669	PERBAIKAN KABEL TERJUNTAI	CLOSED	FISIK	DC   SAMBUNG ULANG < 250m	02 January 2021
01-01-2021 13:13:34	IN86137232	LAYANAN SDH UP RUMAH TUTUP CALL CP TDK AKTIF	CLOSED	FISIK	ONT   RESTART	02 January 2021
02-01-2021 6:06:26	IN86226436	WO ROC KONFIG GANTI ONT HUAWEI 48575443C265EBA3	CLOSED	FISIK	ONT   GANTI	02 January 2021
02-01-2021 7:33:06	IN86240589	KONFIK IP 10+ SERING PC	CLOSED	LOGIK	CONFIGURE	02 January 2021

Gambar 22. Contoh data pencatatan gangguan layanan internet

Count of DATEL	Column Labels		
Row Labels	GAUL 1 Bulan	TIDAK GAUL	Grand Total
	21	9	30
	22	14	36
	16	22	38
	21	16	37
	30	10	40
	18	10	28
	19	9	28
	14	12	26
	15	5	20
	27	6	33
	20	9	29
		1	1
	25	14	39
	19	10	29
	24	9	33
	25	6	31
	20	9	29
	24	9	33
		1	1
	19	13	32
	14	10	24
	24	14	38
	22	8	30
		1	1
	1		1
	26	7	33
	4	1	5
	10	1	11
	15	8	23
	1		1
Grand Total	496	244	740

Gambar 23. Contoh pivot data gangguan internet dengan stream fisik di bulan Januari

**Tabel 17.** Rekapitulasi hasil pengolahan data gangguan layanan internet

<b>Bulan</b>	<b>Fisik</b>	<b>Masal</b>	<b>Logic</b>	<b>PSB/Migrasi</b>	<b>Lain-lain</b>	<b>Total</b>
Jan-21	740	148	338	7	32	1.265
Feb-21	559	230	391	10	29	1.219
Mar-21	583	228	387	7	26	1.231
Apr-21	451	185	425	8	23	1.092
May-21	441	160	296	9	20	926
Jun-21	476	150	297	9	30	962
Jul-21	465	137	256	8	29	895
Aug-21	497	187	377	7	27	1.095
Sep-21	517	190	312	6	30	1.055
Oct-21	383	202	496	6	23	1.110
Nov-21	431	200	514	7	20	1.172
Dec-21	477	186	453	6	17	1.139
Jan-22	454	179	495	9	29	1.166
Feb-22	546	185	343	10	23	1.107
Mar-22	562	189	321	13	27	1.112
Apr-22	494	150	270	11	33	958
May-22	474	171	263	15	26	949
<b>Total</b>	<b>8.550</b>	<b>3.077</b>	<b>6.234</b>	<b>148</b>	<b>444</b>	<b>18.453</b>
<b>Rata-rata</b>	<b>502,94</b>	<b>181</b>	<b>366,71</b>	<b>8,71</b>	<b>26,12</b>	<b>1.085</b>