

Application of the Hybrid Method Nonlinear Regression with Modified Logistic Growth Model - Exponential Double Smoothing for Forecasting Covid-19 Cases in Indonesia and Armenia

Penerapan Metode *Hybrid Nonlinear Regression With Modified Logistic Growth Model - Double Smoothing Exponential* untuk Peramalan Kasus Covid-19 di Indonesia dan Armenia

Andy Rezky Pratama Syam¹

Abstract

Since the first cases of Covid-19 (Corona Virus Disease-19) infection were officially recognized and recorded in Indonesia on March 2, 2020 and March 1, 2020 in Armenia, the addition of new cases has not shown any indication of sloping. The relatively high number of new cases indicates that Indonesia has not yet passed the peak of the pandemic. As for Armenia, the addition of new cases indicates a new pandemic peak to be faced. In these conditions, an important question for decision makers (the Government) to find answers to is when and at what level of total cases will the COVID-19 pandemic end in Indonesia or the second wave in Armenia. Based on this, the forecasting method of Hybrid Nonlinear Regression With Modified Logistic Growth Model - Double Smoothing Exponential and Classical methods is used to predict the Covid-19 cases that occur in Indonesia and Armenia. Based on the model formed, the peak of Covid-19 cases in Indonesia is predicted to occur on November 26, 2020, with the number of cases reaching 5968 cases. As for Armenia, the peak of Covid-19 cases will occur on November 15, 2020, with the number of cases reaching 3098 cases. Covid-19 in both countries is predicted to decline and be constant in 2021. For the country, Indonesia is predicted to begin to stabilize and be controlled in July - August 2021. As for Armenia, Covid-19 is predicted to be under control and approaching 0 cases in February - March 2021.

Keywords: Covid-19, Hybrid, Logistic Growth

Abstrak

Sejak pertama kali kasus infeksi Covid-19 (*Corona Virus Disease-19*) secara resmi diakui dan dicatat di Indonesia pada 2 Maret 2020 dan tanggal 1 maret 2020 di Armenia, penambahan kasus baru belum menunjukkan indikasi melandai. Pertambahan kasus baru yang relatif masih tinggi mengindikasikan bahwa Indonesia belum melewati puncak pandemi. Sedangkan untuk Armenia, penambahan kasus baru

¹Program Studi Magister Statistika, FSAD-ITS

Email : andy.pratama@bps.go.id



Andy Rezky Pratama Syam
Jurnal Matematika, Statistika & Komputasi

mengindikasikan akan adanya puncak pandemi baru yang akan dihadapi. Dalam kondisi seperti ini, pertanyaan yang penting untuk dicari tahu jawabannya oleh pengambil keputusan (Pemerintah) adalah kapan dan pada tingkat total kasus berapa pandemic COVID-19 akan berakhir baik di Indonesia ataupun gelombang kedua di Armenia. Berdasarkan hal tersebut, digunakan metode peramalan *Hybrid Nonlinear Regression With Modified Logistic Growth Model - Double Smoothing Exponensial* dan metode Klasik untuk meramalkan kasus Covid-19 yang terjadi di Indonesia dan Armenia. Berdasarkan model yang terbentuk, Puncak kasus Covid-19 di Negara Indonesia di prediksi terjadi pada tanggal 26 November 2020 dengan jumlah kasus mencapai 5968 kasus. Sedangkan untuk Negara Armenia, puncak kasus Covid-19 akan terjadi pada tanggal 15 November 2020 dengan jumlah kasus mencapai 3098 kasus. Covid-19 di kedua negara di prediksi baru akan turun dan konstan di tahun 2021. Untuk negara Indonesia diprediksi akan mulai stabil dan terkontrol pada bulan juli – agustus tahun 2021. Sedangkan untuk negara Armenia, Covid-19 di prediksi akan terkendali dan mendekati 0 kasus pada bulan february – maret tahun 2021.

Kata Kunci : Covid-19, *Hybrid, Logistic Growth*

I. PENDAHULUAN

Akhir tahun 2019 menjadi titik awal dunia mengalami pandemi Covid-19 (*Corona Virus Disease-19*). Ketika itu, virus bernama SARS-CoV-2 pertama kali dilaporkan muncul di Wuhan, China. Laju penularan yang sangat cepat oleh karena mobilitas masyarakat dunia yang tinggi menyebabkan kesiapan negara-negara di dunia dipandang tidak cukup dalam mengantisipasi penularan yang terjadi. Sehingga beberapa bulan kemudian, virus ini melanda dunia termasuk Indonesia dan Armenia. Sejak pertama kali kasus infeksi Covid-19 secara resmi diakui dan dicatat di Indonesia pada 2 Maret 2020 dan tanggal 1 maret 2020 di Armenia, pertambahan kasus baru belum menunjukkan indikasi melandai.

Berdasarkan data dari Website *Worldometers.com* per 31 Oktober 2020, total kasus positif Covid-19 di Indonesia mencapai 410.088 orang. Sedangkan kasus baru yang muncul dalam 14 hari terakhir masih sangat tinggi yaitu berada pada sekitaran 2.000 sampai 3.000 orang perharinya. Berdasarkan jumlah kematian yang disebabkan oleh Virus Covid-19 di Indonesia, sampai tanggal 31 Oktober 2020 tercatat sebanyak 13.869 orang.

Berbeda dengan Indonesia, negara Armenia memiliki karakteristik kasus Covid-19 yang menarik. Berdasarkan data dari Website *Worldometers.com*, Armenia telah melewati puncak penularannya dan cenderung melandai pada bulan Juni 2020 yang lalu. Namun, seiring dengan kebijakan pelanggaran beberapa aturan terkait penanganan Covid-19 untuk kembali meningkatkan gairah ekonomi di Armenia, terbentuk suatu grafik baru yang mengindikasikan adanya serangan kasus Covid-19 gelombang kedua. Kasus Covid-19 mulai menunjukkan grafik meningkat kembali dengan jumlah peningkatan yang telah jauh melewati puncak kasus pada gelombang pertama. Berdasarkan data dari Website *Worldometers.com*, total kasus Covid-19 di Armenia mencapai 89.813 orang, dengan rata-rata penambahan kasus baru dalam 14 terakhir mencapai sekitaran 2.000 orang per harinya. Berdasarkan jumlah kematian yang disebabkan oleh Virus Covid-19 di Armenia, sampai tanggal 31 Oktober 2020 tercatat sebanyak 1.341 orang.

Pertambahan kasus baru yang relatif masih tinggi mengindikasikan bahwa Indonesia belum melewati puncak pandemi. Sedangkan untuk Armenia, penambahan kasus baru mengindikasikan akan adanya puncak pandemi baru yang akan dihadapi. Dalam kondisi seperti ini, pertanyaan yang penting untuk dicari tahu jawabannya oleh pengambil keputusan (Pemerintah) adalah kapan dan pada tingkat total kasus berapa pandemic COVID-19 akan berakhir baik di Indonesia ataupun gelombang kedua di Armenia.

Andy Rezky Pratama Syam
Jurnal Matematika, Statistika & Komputasi

Pada awal tahun 2020, Indonesia dan Armenia telah menjalin kerjasama di bidang Teknologi dan Informasi (TI). Kerjasama ini dimaksudkan untuk meningkatkan perekonomian di kedua negara. Namun, Covid-19 telah menyerang berbagai sektor di seluruh negara, termasuk sektor Ekonomi. Sehingga sangat penting untuk mengetahui kapan Pandemi Covid-19 ini berakhir. Masih belum ada kepastian kapan pandemi corona akan berakhir. Kendati begitu, sudah banyak penelitian dilakukan untuk memprediksi kapan virus ini akan selesai. Kepastian akan akhir dari pandemi Covid-19 ini sangat penting untuk semua negara dalam rangka penyusunan kebijakan kebijakan baru dan cepat untuk memulihkan keadaan perekonomian setiap negara yang secara keseluruhan mengalami pertumbuhan ekonomi yang negatif.

Berdasarkan latar belakang tersebut, peneliti tertarik melakukan analisis terhadap data kumulatif dan data harian dari Covid-19 di Indonesia (Mewakili negara yang belum mencapai puncak pandemi) dan di Armenia (Mewakili negara yang menghadapi gelombang kedua pandemi). Tujuan analisis ini untuk memprediksi kapan akhir dari Pandemi Covid-19 dan menunjukkan kapan puncak kasus Covid-19 di kedua negara tersebut.

Untuk menjawab kedua tujuan tersebut, peneliti menggunakan analisis deret waktu yaitu dengan menerapkan metode *Hybrid*. Metode *Hybrid* yang digunakan yaitu penerapan model *Nonlinear Regression with Logistic Growth* dan *Double Exponential Smoothing*. Dengan penerapan metode tersebut diharapkan didapatkan suatu model yang dapat menjawab kapan terjadinya puncak kasus Covid-19 dan kapan pandemi Covid-19 berakhir di Indonesia dan Armenia. Jika menggunakan metode klasik (*Naïve Models*) ataupun ARIMA, tidak dapat menjawab tujuan dari penelitian ini. Selain itu, untuk melihat keterbandingan kebaikan model yang akan terbentuk, akan dilakukan perbandingan nilai *MAPE* metode tersebut dibandingkan dengan metode *Time Series* Klasik yaitu *Naïve Trend Linear* dan *Naïve Trend Exponential*.

II. METODOLOGI

2.1 Data Time Series

Data Time series atau Deret waktu adalah himpunan observasi data terurut dalam waktu [9]. Metode time series adalah metode peramalan dengan menggunakan analisa pola hubungan antara variabel yang akan dipekirakan dengan variabel waktu. Peramalan suatu data time series perlu memperhatikan tipe atau pola data. Secara umum terdapat empat macam pola data time series, yaitu horizontal, trend, musiman, dan siklis [9]. Pola horizontal merupakan kejadian yang tidak terduga dan bersifat acak, tetapi kemunculannya dapat memengaruhi fluktuasi data time series. Pola trend merupakan kecenderungan arah data dalam jangka panjang, dapat berupa kenaikan maupun penurunan. Pola musiman merupakan fluktuasi dari data yang terjadi secara periodik dalam kurun waktu satu tahun, seperti triwulan, kuartalan, bulanan, mingguan, atau harian. Sedangkan pola siklis merupakan fluktuasi dari data untuk waktu yang lebih dari satu tahun.

2.2 Nonlinear Regression with Modified Logistic Growth Model

Untuk banyak data pertumbuhan, rata rata pertumbuhan tidak terus menurun, melainkan naik hingga maksimum sebelum terus menurun hingga 0. Hal ini ditunjukkan dalam kurva pertumbuhan dengan bentuk -S atau sigmoidal. Misalkan banyaknya populasi pada waktu t adalah $N(t)$, maka laju perubahan populasi terhadap waktu t adalah $\frac{dN(t)}{dt}$. Selanjutnya jika laju perubahan populasi sebanding dengan banyaknya populasi yang ada, maka :

$$\frac{dN(t)}{dt} = kN(t) \text{ atau } \frac{dN(t)/dt}{N(t)} = k \quad (2.1)$$

dengan k konstanta dan disebut laju reproduksi. Jika laju reproduksi tidak konstan, maka k dapat dipandang sebagai suatu fungsi dari variabel N , misalkan $f(N)$. maka model persamaan (1) dapat diubah menjadi :

$$\frac{dN(t)/dt}{N(t)} = f(N(t)) \quad (2.2)$$

Dari model persamaan pertumbuhan eksponensial (1) dapat ditentukan suatu model baru yaitu persamaan pertumbuhan logistik (2).

Pertumbuhan logistik adalah model pertumbuhan populasi yang terkait dengan kepadatan yang mencerminkan pengaruh dari persaingan intraspesifik. Penghambatan pertumbuhan populasi dapat dijelaskan secara matematika dengan menambahkan variabel yang menjelaskan pengaruh kepadatan ke dalam persamaan eksponensial.

Dari persamaan (2), asumsi sederhana yang dapat dibuat adalah $f(N(t))$ berbentuk linier, yaitu $f(N(t)) = c_1 N(t) + c_2$. Jika menggunakan kondisi $f(0) = r$ dimana r adalah laju pertumbuhan dan $f(K) = 0$ ("K" adalah carrying capacity atau ambang batas populasi), maka dapat ditemukan $c_2 = r$ dan $c_1 = -r/k$. Jadi diperoleh bentuk $f(N(t)) = r - \frac{r}{k} N(t)$. Oleh karena itu, persamaan logistic dengan $f(N(t))$ linier adalah

$$\frac{dN(t)}{dt} = \left(r - \frac{r}{k} N(t) \right) N(t) = \left(1 - \frac{1}{k} N(t) \right) r N(t) \quad (2.3)$$

Dengan pertumbuhan populasi maka nilai $\frac{dN(t)}{dt}$ akan berkurang secara konstan sampai pada ambang batas populasi K .

Persamaan (3) mempunyai solusi analitik $N(t) = \frac{K}{1 + \left(\frac{K}{N_0} - 1\right)e^{-rt}}$ bila dilambangkan

dengan parameter theta (θ) maka $f(X_t, \theta) = \frac{\theta_1 + (\theta_2 - \theta_1)}{1 + \text{EXP}\left(\frac{X_t - \theta_3}{\theta_4}\right)} + \varepsilon$

Dengan θ adalah fungsi respon nonlinear dari parameternya. Neter [5] menyatakan Error pada regresi nonlinear diasumsikan untuk mempunyai nilai harapan sebesar nol, ragam yang konstan dan tidak dikorelasikan, sama seperti asumsi error pada model regresi linear

2.3 Double Exponential Smoothing

Metode *double exponential smoothing* dibagi menjadi *double exponential smoothing* satu parameter dari *Brown* dan dua parameter dari *Holt*. Metode *double exponential smoothing* satu parameter dari *Brown* dikembangkan untuk mengatasi perbedaan yang muncul antara data aktual dan nilai peramalan apabila ada trend pada pola datanya [9]. Adapun rumus yang digunakan dalam metode *double exponential smoothing* satu parameter dari *Brown* dapat ditentukan berdasarkan persamaan :

- Nilai *Single Exponential Smoothing*

$$S'_t = \alpha X_t + (1 - \alpha) S'_{t-1} \quad (2.4)$$

- Nilai *Double Exponential Smoothing*

$$S''_t = \alpha S_t + (1 - \alpha) S''_{t-1} \quad (2.5)$$

Andy Rezky Pratama Syam
Jurnal Matematika, Statistika & Komputasi

- Nilai konstanta

$$a_t = S'_t + (S'_t - S''_t) = 2S'_t - S''_t \quad (2.6)$$

- Nilai *Trend*

$$b_t = \frac{\alpha}{1 - \alpha} (S'_t - S''_t) \quad (2.7)$$

- Nilai peramalan

$$F_{t+m} = a_t + b_t m \quad (2.8)$$

Dimana

- S'_t : Nilai *single exponential smoothing* periode ke t
- α : Parameter *exponential smoothing* ($0 < \alpha < 1$)
- X_t : Data aktual pada periode t
- S'_{t-1} : Nilai *single exponential smoothing* periode ke $t-1$
- S''_t : Nilai *double exponential smoothing* periode ke t
- S''_{t-1} : Nilai *double exponential smoothing* periode ke $t-1$
- a_t : Nilai konstanta pada periode ke- t
- b_t : Nilai trend pada periode ke- t
- m : Periode ke depan yang akan diramalkan
- F_{t+m} : Nilai peramalan untuk m periode ke depan

Metode *double eksponensial smoothing linier* dari Holt memuluskan nilai trend dengan parameter yang berbeda dari parameter yang digunakan pada pemulusan data yang asli. Adapun rumus yang digunakan dalam metode *double exponential smoothing* dua parameter dari Holt dapat dilihat pada persamaan :

- Nilai *Single Exponensial Smoothing*

$$S'_t = \alpha X_t + (1 - \alpha)(S'_{t-1} + b_{t-1}) \quad (2.9)$$

- Nilai pemulusan *Trend*

$$b_t = \gamma(S'_t - S'_{t-1}) + (1 - \gamma)b_{t-1} \quad (2.10)$$

- Nilai Ramalan

$$F_{t+m} = S'_t + b_t m \quad (2.11)$$

Dimana :

- S'_t : Nilai *single exponential smoothing* periode ke t
- S'_{t-1} : Nilai *single exponential smoothing* periode ke $t-1$
- α : Nilai parameter *exponential smoothing* ($0 < \alpha < 1$)
- X_t : Data aktual pada periode ke- t
- b_t : Pemulusan trend pada periode ke t
- b_{t-1} : Pemulusan trend pada periode ke $t-1$
- γ : Nilai parameter pemulusan trend $0 < \gamma < 1$
- m : Periode ke depan yang akan diramalkan
- F_{t+m} : Nilai peramalan untuk $(t+m)$ periode ke depan

Proses inisialisasi untuk pemulusan eksponensial ganda dari Holt memerlukan dua taksiran, yaitu S_t dan b_t . proses inisialisasi, diawali dengan memilih $S_1 = X_1$ sedangkan untuk taksiran trend didapat dari rumus $b_1 = X_2 - X_1$. Adapun konstanta pemulusan α dan γ dalam metode peramalan *double exponential smoothing* berperan sebagai faktor pembobotan. Nilai α dan γ bernilai dekat dengan satu, ramalan terbaru akan menyertakan penyesuaian yang besar untuk setiap

kesalahan yang terjadi pada ramalan sebelumnya. Sebaliknya jika α dan γ dekat dengan nol, ramalan terbaru akan sangat mirip dengan nilai yang lama.

2.4 Model Hybrid Nonlinear Regression with Modified Logistic Growth Model - Double Exponensial Smoothing

Non linier regression logistic merupakan fungsi pendekatan model non linier yang dapat menangkap bentuk non linier pada data runtun waktu sedangkan *double exponential smoothing* adalah model linier yang dapat menangkap karakteristik linier data runtun waktu [7]. Model *nonlinear regression logistic (NLR)* dan *double eksponensial smoothing (DES)* memiliki kemampuan model yang bagus dalam lingkupnya masing masing yaitu non linier dan linier. Namun tidak ada satupun yang merupakan model yang dapat universal digunakan sesuai kondisi data. Dalam dunia nyata pola series data sering ditemukan mengandung pola linier dan non linier sekaligus. Oleh karena itu, kombinasi model ini mampu menggabungkan keunggulan dari masing-masing model *nonlinear regression logistic (NLR)* dan *double eksponensial smoothing (DES)* dalam menangkap karakteristik data dengan pola nonlinear maupun nonlinier.

Menurut Chen [3] Dalam model *hybrid* ini, data deret waktu diasumsikan terdiri dari komponen nonlinear dan linear. Secara umum model data deret waktu yang merupakan kombinasi komponen non linier dan linear secara sistematis ditulis sebagai berikut

$$Y_t = N_t + L_t \quad (2.12)$$

Dengan Y_t merupakan data deret waktu pada waktu ke- t , N_t merupakan komponen nonlinear waktu ke- t dan L_t merupakan komponen linear waktu ke- t . tahap pertama dalam membentuk model *hybrid nonlinear regression logistic-double eksponensial smoothing* adalah membentuk komponen nonlinear. Komponen nonlinear dimodelkan dengan menggunakan model *regression nonlinier logistic* yang mana input data yang digunakan merupakan input data deret waktu (*sampel in*). Hasil prediction dari model *regression non linier logistic* selanjutnya disebut sebagai komponen nonlinier. Kemudian residual dari model *regression logistic* diasumsikan tidak memenuhi asumsi *white noise*. Residual dari model komponen nonlinear menggunakan *regression non linier logistic* dituliskan sebagai

$$\varepsilon_t = Z_t - \hat{N} \quad (2.13)$$

Dengan ε_t merupakan residual model *regression nonlinier logistic* waktu ke- t dan \hat{L}_t merupakan komponen linear waktu ke- t hasil ramalan dari nilai prediksi model *regression nonlinier logistic*. Setelah komponen nonlinear terbentuk, langkah selanjutnya adalah membentuk komponen linear. Komponen linear dimodelkan menggunakan model *double exponetial smoothing* dengan data yang digunakan merupakan residual dari model *regression nonlinier logistic*. Selanjutnya untuk mendapatkan nilai hybrid menurut Chen [3] menggabungkan komponen non linier dengan linier yaitu model *hybrid nonlinear regression logistic - double eksponensial smoothing* dapat dinyatakan sebagai

$$\hat{Z}_t = \hat{N}_t + \hat{L}_t \quad (2.14)$$

Dengan \hat{Z}_t merupakan model peramalan *hybrid nonlinier regression logistic - double eksponensial smoothing*, \hat{N}_t merupakan komponen nonlinear waktu ke- t hasil ramalan dari model *regression logistic* dan \hat{L}_t komponen linear waktu ke- t hasil peramalan $\hat{\varepsilon}_t$ pada persamaan.

Andy Rezky Pratama Syam
Jurnal Matematika, Statistika & Komputasi

2.5 Naïve Method

Metode peramalan *naïve* merupakan metode peramalan berdasarkan pengamatan pola data sebelumnya, sehingga metode ini mengasumsikan bahwa data masa lalu sebagai indikator peramalan terbaik di masa depan. Jika pola data musiman maka metode *naïve* musiman memodelkan data masa depan berdasarkan data musiman di masa lalu [10].

Dalam penelitian ini digunakan 2 jenis metode peramalan *Naïve*, yaitu :

- *Naïve Trend Linear*

Bentuk model *Naïve* apabila data mengandung trend linear adalah :

$$\hat{y}_{t+1} = y_t + (y_t - y_{t-1}) \quad (2.15)$$

- *Naïve Trend Exponensial*

Bentuk model *Naïve* apabila data mengandung trend Exponensial adalah :

$$\hat{y}_{t+1} = y_t \frac{y_t}{y_{t-1}} \quad (2.16)$$

2.6 MAPE (Mean Absolute Percentage Error)

Dalam penelitian ini, penentuan model terbaik menggunakan MAPE. MAPE merupakan gambaran ukuran ketepatan estimasi model maupun ramalan. Nilai MAPE pada data *training* digunakan untuk melihat ketepatan estimasi model sedangkan nilai MAPE pada data *testing* menggambarkan ketepatan ramalan model. MAPE dihitung dengan membagi persentase dari rata-rata harga mutlak residual pada tiap periode dengan nilai aktual. Menurut Wei [9], MAPE dirumuskan sebagai :

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \left| \frac{Z_t - \hat{Z}_t}{Z_t} \right| * 100\% \quad (2.17)$$

dengan Z_t adalah nilai observasi pada waktu ke- t , \hat{Z}_t adalah nilai peramalan pada waktu ke- t dan n adalah banyaknya observasi. Model yang baik memiliki nilai MAPE sesuai kriteria pada Tabel [6].

Tabel 2.1. Kriteria MAPE

Nilai MAPE (%)	Kriteria
< 10	Kemampuan peramalan sangat baik
10-20	Kemampuan peramalan baik
20-50	Kemampuan peramalan cukup
>50	Kemampuan peramalan buruk

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

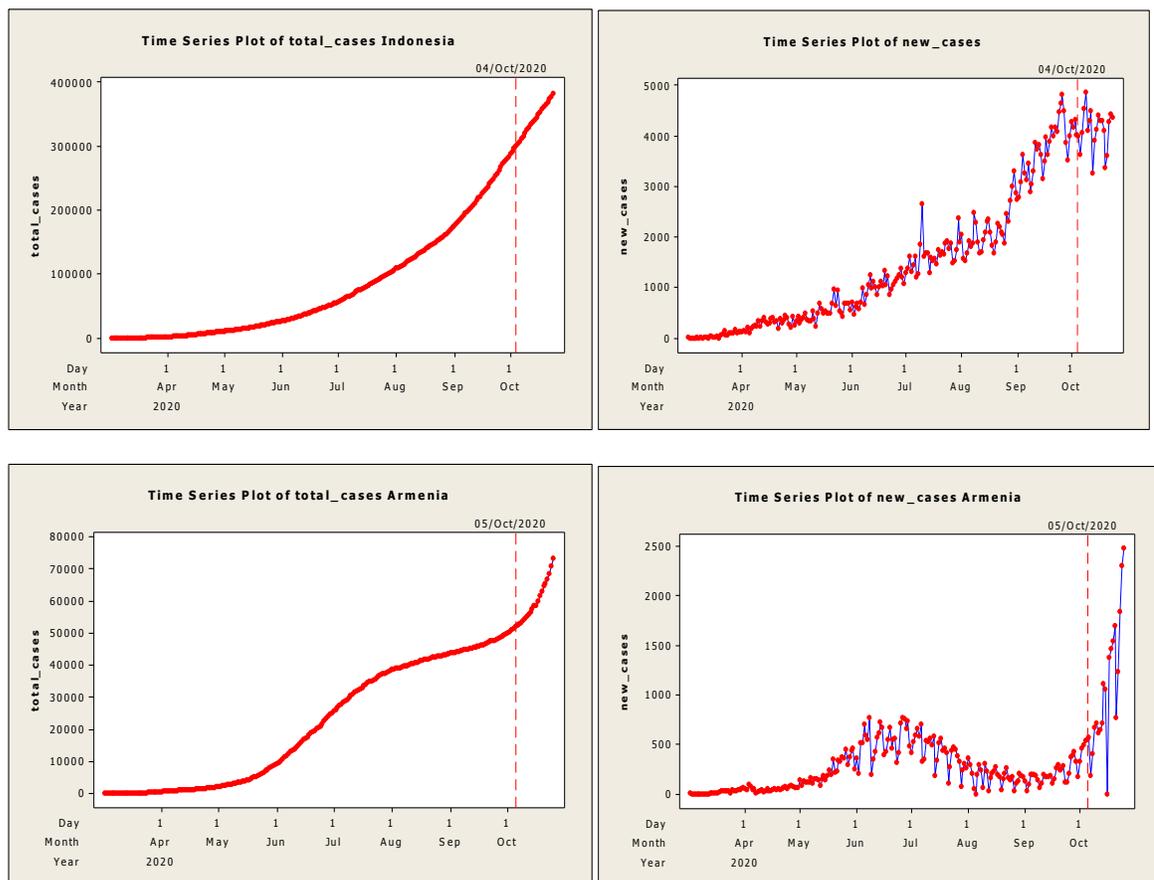
3.1 Deskriptif

Data yang digunakan dalam penelitian ini diambil dari website <https://ourworldindata.org/coronavirus-testing>. Data yang diambil berupa data kumulatif kasus Covid-19 dan data kasus baru Covid-19 di Indonesia. Data yang digunakan adalah data harian. Data dimulai pada tanggal pertama kali munculnya kasus Covid-19 di Indonesia dan di Armenia. Data dibagi menjadi 2 yaitu data *Training* dan data *Testing*. Data *Training* akan digunakan untuk mendapatkan model yang sesuai dengan karakteristik data, dan data *Training* digunakan untuk *forecasting* dan melihat akurasi nya. Rincian data yang digunakan sebagai berikut :

Tabel 3.1 Rincian Data Covid-19 yang digunakan dalam penelitian

Negara	Total Data	Data Training	Data Testing
Indonesia	237	216	21
Armenia	238	217	21

Berdasarkan total data, dapat dilihat plot kasus kumulatif dan kasus baru negara Indonesia dan Armenia per harinya. Adapun *time series* plot nya sebagai berikut :



Gambar 3.1. *Time Series* Plot Kasus Kumulatif Covid-19 dan Kasus Baru Covid-19 di Indonesia dan Armenia

Andy Rezky Pratama Syam
Jurnal Matematika, Statistika & Komputasi

Berdasarkan *Time Series* plot-nya, kasus kumulatif Covid-19 yang terjadi di kedua negara masih cenderung meningkat dan kurva yang terlihat belum melandai. Namun jika dilihat dari plot kasus baru Covid-19 nya, plot negara Indonesia masih terus meningkat dan bertambah setiap harinya, sehingga belum terlihat kasus baru mencapai puncaknya. Sedangkan untuk negara Armenia, terlihat bahwa pada bulan Juni 2020 telah mencapai puncak kasus baru Covid-19 dan cenderung menurun hingga bulan September. Gelombang kedua kasus baru Covid-19 di Armenia dimulai pada pertengahan bulan September dan masih melonjak tajam sampai saat ini. Kasus tertinggi di Indonesia terjadi pada tanggal 9 Oktober 2020 dan kasus tertinggi di Armenia pada tanggal 25 Oktober 2020.

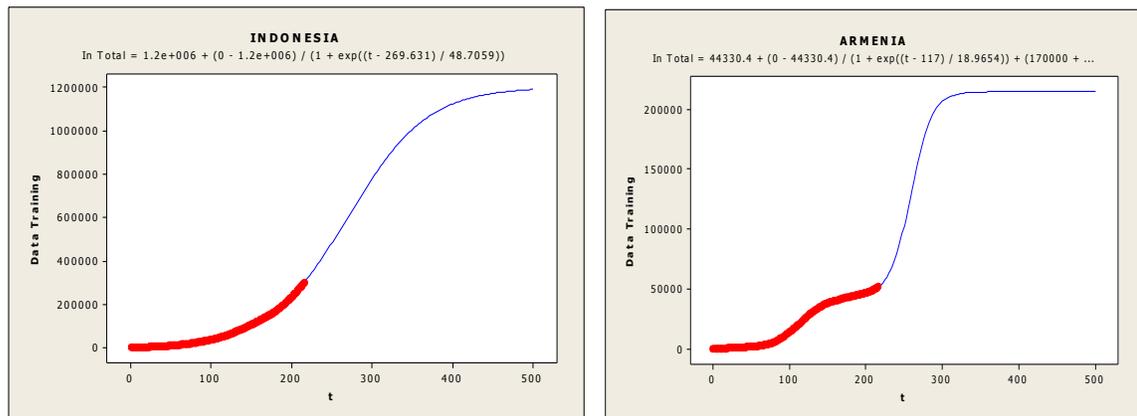
3.2 *Nonlinear Regression with Modified Logistic Growth Model*

Berdasarkan informasi dari *Time Series Plot* kasus kumulatif dan kasus baru Covid-19, akan dilakukan peramalan terhadap kedua negara terkait kapan berakhirnya pandemi covid-19 dan kapan titik puncak penambahan kasus baru covid-19. Sebelumnya, terlebih dahulu dilakukan pencarian model *Nonlinear Regression* yang bersesuaian dengan kurva yang terbentuk pada *time series plot*. Bentuk regresi yang bersesuaian untuk negara Indonesia adalah bentuk *Nonlinear Regression with Logistic Growth Model* sedangkan untuk negara Armenia tidak dapat hanya menerapkan *Regression with Logistic Growth Model*, tetapi terlebih dahulu dilakukan modifikasi terhadap *Logistic Growth Model* nya karena di negara Armenia terdapat dua puncak, sehingga model *Regression with Logistic Growth Model* saja tidak bisa merepresentasikan dengan keadaan sebenarnya di negara Armenia. Pembentukan model menggunakan data Training untuk masing-masing negara. Berdasarkan hasil pembentukan model *Nonlinear Regression* nya, diperoleh model untuk masing masing negara sebagai berikut :

- Indonesia (*Logistic Growth Model*)
In Total = $\Theta_1 + (\Theta_2 - \Theta_1) / (1 + \exp((t - \Theta_3) / \Theta_4))$
In Total = $1200000 + (0 - 1200000) / (1 + \exp((t - 269.631) / 48.7059))$
- Armenia (*Modified Logistic Growth Model*)
In Total = $\Theta_1 + (\Theta_2 - \Theta_1) / (1 + \exp((t - \Theta_3) / \Theta_4)) + (\Theta_5 + (\Theta_6 - \Theta_5) / (1 + \exp((t - 117 - \Theta_7) / \Theta_8)))$
In Total = $4430.3 + (0 - 44330.4) / (1 + \exp((t - 117) / 18.9654)) + (170000 + (0 - 170000) / (1 + \exp((t - 142) / 14.43)))$

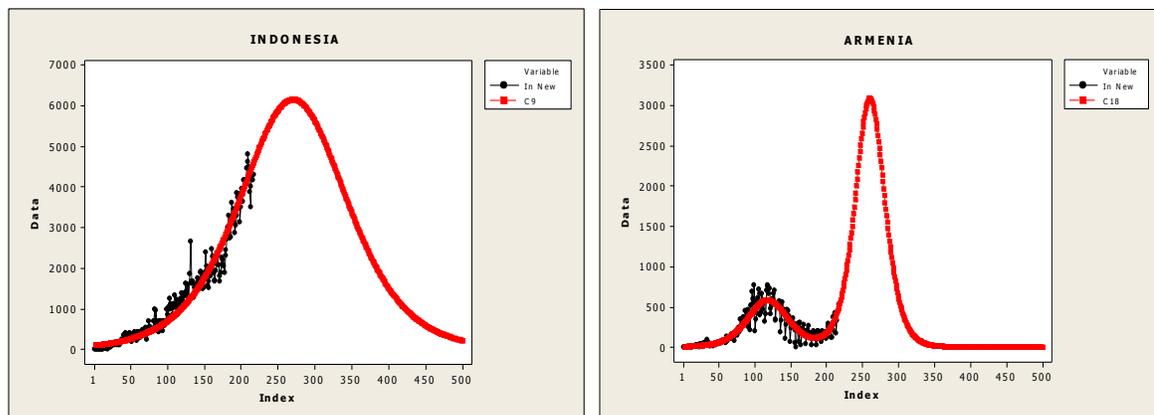
Model tersebut dibangun dengan melihat *time series plot* kasus kumulatif Covid-19 dan kasus baru Covid-19 kedua negara. Dimana *Theta 1* menunjukkan kasus kumulatif tertinggi, *Theta 2* menunjukkan titik terendah atau titik mulai dari kurva, *Theta 3* menunjukkan indeks atau hari ketika puncak kasus baru terjadi, dan *Theta 4*. Begitu pula untuk kasus di Armenia yang memiliki 2 puncak kasus, sehingga menggunakan *Modified Logistic Growth* sehingga *theta* yang digunakan menjadi 2 kali. Berdasarkan model, dapat dilakukan *fitting* antara data *Training* dengan data yang diperoleh dari model yang telah dibuat. Sehingga hasil *time series* plotnya dapat dilihat sebagai berikut :

Andy Rezky Pratama Syam
 Jurnal Matematika, Statistika & Komputasi



Gambar 3.2. Time Series Plot Data Training kasus kumulatif dan Data Prediksi dari Model

Berdasarkan *time series plot* gambar 3.2, terlihat bahwa data *Training* yang disandingkan dengan data yang dihasilkan oleh model yang dibentuk sangat *fit*. Sehingga model yang terbentuk terbukti baik secara visual. Agar lebih jelas, dapat dilihat pada *time series plot* antara data kasus baru dengan data hasil *Differences lag 1* yang dihasilkan model sebagai berikut :



Gambar 3.3. Time Series Plot Data Training kasus baru dan Data Prediksi dari Model

Gambar 3.3 menjelaskan *Time Series Plot* pada model Indonesia dapat mencakup semua dengan baik data *Training* kasus baru, sehingga secara moderat dapat digunakan untuk memprediksi kapan kasus covid-19 mencapai puncaknya dan kapan kasus covid-19 akan berakhir. Sedangkan untuk model negara Armenia, hasil modifikasi model *logistic growth* dapat menjelaskan data *Training* kasus baru dengan baik juga, sehingga dapat digunakan untuk menjawab tujuan dari penelitian.

Selanjutnya akan dilakukan penghitungan MAPE untuk data hasil ramalan di kedua negara menggunakan data *Testing*. Berdasarkan model yang telah dibuat, akan diperoleh hasil prediksi atau ramalan terhadap 1 hari kedepan, 3 hari kedepan, 7 hari kedepan, 14 hari kedepan dan 21 hari kedepan untuk masing-masing negara. Hasil nya sebagai berikut :

Tabel 3.2 Nilai MAPE metode *Non linear Regression with Logistic Growth*

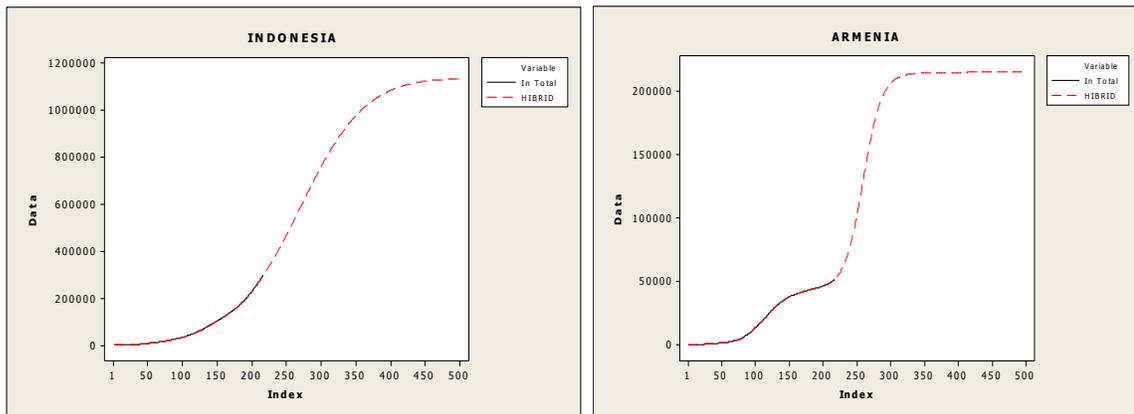
Negara	training	Forecast				
		1	3	7	14	21
Indonesia	27.64	1.50	1.75	2.07	2.73	3.56
Armenia	12.71	0.37	0.66	1.31	2.11	2.19

Andy Rezky Pratama Syam
Jurnal Matematika, Statistika & Komputasi

Tabel 3.2 menunjukkan nilai MAPE untuk setiap hasil forecast yang dilakukan. Berdasarkan tabel tersebut, dapat dikatakan bahwa metode *Nonlinear Regression with Logistic Model* memiliki kemampuan peramalan yang sangat baik karena nilai MAPE nya dibawah 10 persen. Nilai MAPE juga menunjukkan bahwa semakin jauh peramalan yang dilakukan, maka nilai MAPE yang dihasilkan juga akan semakin membesar.

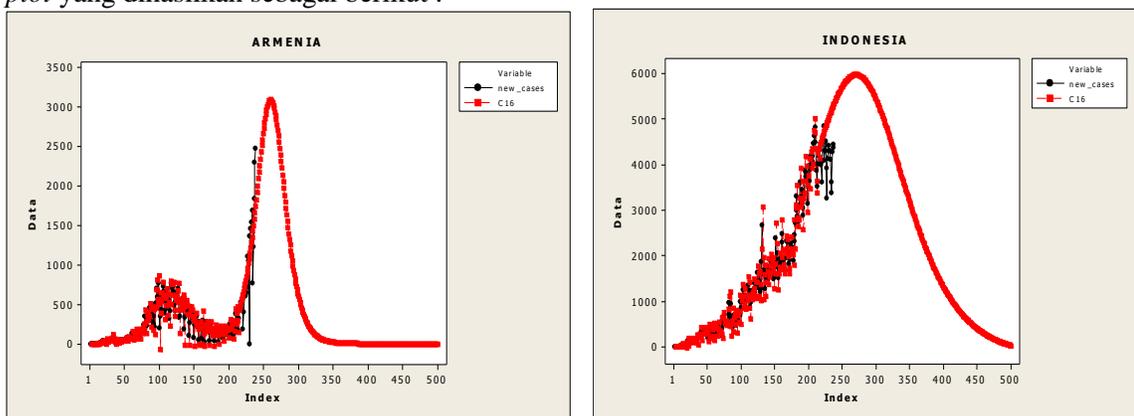
3.3 Metode Hybrid (*Nonlinear Regression with Modified Logistic Growth Model + Double Smoothing Exponensial*)

Tahapan selanjutnya yang dilakukan untuk membuat metode *Hybrid* yaitu dengan memodelkan residual yang dihasilkan pada saat membuat model *Nonlinear Regression*. Pemodelan yang digunakan terhadap residual *Nonlinear Regression* adalah metode *Double Smoothing Exponensial*. Metode *Hybrid* yang digunakan ini, diharapkan dapat meningkatkan akurasi peramalan terhadap data Covid-19 dan juga membuat data semakin konvergen. Berdasarkan hasil pemodelan residual dengan metode *Double Smoothing Exponensial*, dilakukan kembali plotting data Training terhadap hasil pemodelannya. Time Series plot nya sebagai berikut:



Gambar 3.4. Time Series Plot Data total kasus kumulatif dan Data Prediksi dari Model *Hybrid*

Berdasarkan plot gambar 3.4, terlihat bahwa setelah dilakukan penghitungan dengan metode *Hybrid*, data total kasus kumulatif di Indonesia maupun di Armenia secara visual sudah konvergen dan sesuai dengan data prediksi yang dihasilkan dari model. Namun, untuk lebih akuratnya hasil pengamatan, dapat pula dilihat secara visual dari data kasus baru untuk kedua negara dibandingkan dengan data hasil *Differencing* pemodelan secara *Hybrid*. Adapun *time series plot* yang dihasilkan sebagai berikut :



Gambar 3.5. Time Series Plot Data Training kasus baru dan Data Prediksi dari Model *Hybrid*

Andy Rezky Pratama Syam
Jurnal Matematika, Statistika & Komputasi

Gambar 3.5 dapat digunakan untuk menentukan puncak kasus covid-19 di Indonesia dan Armenia, serta dapat meramalkan kapan covid-19 berakhir di kedua negara tersebut. Selanjutnya akan dilakukan penghitungan nilai MAPE untuk setiap negara. Hasil perhitungan MAPE nya sebagai berikut :

Tabel 3.3 Nilai *MAPE* metode *Hybrid*

Negara	<i>Forecast</i>				
	1	3	7	14	21
Indonesia	0.14	0.35	0.60	1.16	1.91
Armenia	0.02	0.33	1.02	1.87	1.99

Nilai MAPE yang dihasilkan metode *Hybrid* memiliki kecenderungan yang sama dengan nilai MAPE pada metode *Nonlinear Regression* yaitu semakin jauh dilakukan peramalan, maka nilai MAPE yang dihasilkan juga semakin besar.

3.4 *Naïve Method*

Metode *Naïve* digunakan dalam penelitian ini sebagai pembandingan kebaikan model dari model *Nonlinear Regression* dan *Hybrid* yang dibuat. Metode *Naïve* tidak dapat digunakan untuk melakukan prediksi atau peramalan terhadap isu mengenai kapan puncak kasus Covid-19 di kedua negara tersebut dan kapan pandemi covid-19 berakhir. Berdasarkan hasil perhitungan MAPE terhadap kedua negara, didapatkan hasil sebagai berikut :

Tabel 3.4 Nilai *MAPE* metode *Naïve Trend Linear*

Negara	<i>training</i>	<i>Forecast</i>				
		1	3	7	14	21
Indonesia	2.68	0.10	0.25	0.33	0.45	0.64
Armenia	1.70	0.02	0.23	0.32	1.09	3.92

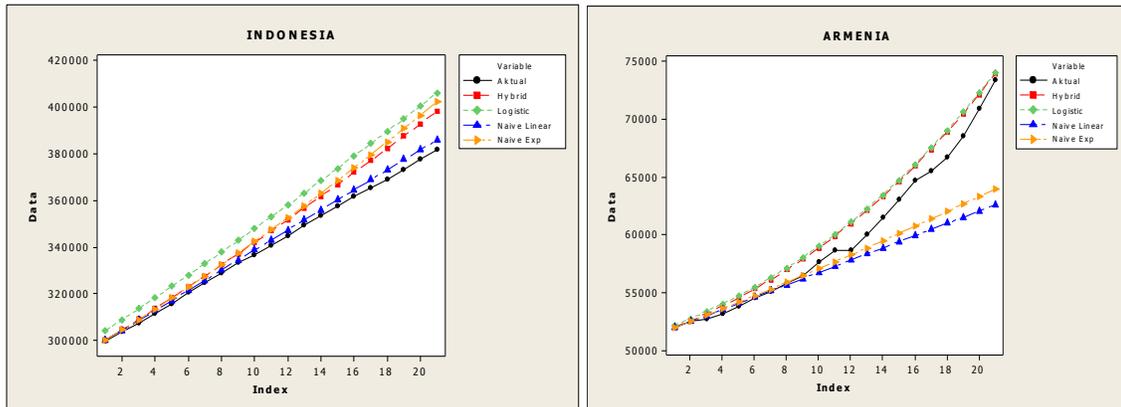
Tabel 3.5 Nilai *MAPE* metode *Naïve Trend Exponensial*

Negara	<i>training</i>	<i>Forecast</i>				
		1	3	7	14	21
Indonesia	3.78	0.12	0.32	0.57	1.24	2.25
Armenia	2.69	0.01	0.24	0.43	0.85	3.25

Tabel 3.4 dan tabel 3.5 menunjukkan nilai MAPE dari metode *Naïve Trend Linear* dan *Naïve Trend Exponensial*. Nilai MAPE yang dihasilkan di kedua negara baik untuk data *training*, peramalan untuk 1 hari kedepan, 3 hari kedepan, 7 hari kedepan, 14 hari kedepan dan 21 hari kedepan menunjukkan nilai dibawah 10 persen, yang artinya kemampuan metode *Naïve Trend Linear* dan *Naïve Trend Exponensial* dalam melakukan peramalan sangat baik.

3.5 Hasil Forecasting

Berdasarkan beberapa metode yang telah dibahas, akan dilakukan penggabungan data hasil forecast dari masing masing metode. Berikut merupakan *Time Series Plot* hasil forecast dari beberapa metode yang telah dibahas.



Gambar 3.6. *Time Series Plot* Data aktual, Hybrid, Logistic, Naïve Linear dan Naïve Exponensial

Gambar 3.6 menunjukkan perbandingan data hasil forecast dari setiap metode dengan data aktual. Di Indonesia, semua hasil forecast mengikuti kurva dari data aktual, sedangkan di Armenia, secara visual metode Hybrid dan Nonlinear Regression lebih mendekati pola dari data aktual.

3.6 Perbandingan Akurasi dan Peramalan

Untuk mengetahui metode terbaik yang dapat digunakan untuk melakukan peramalan, maka akan dilakukan perbandingan nilai MAPE untuk setiap metode di kedua negara. Namun, untuk keperluan prediksi dan peramalan kapan puncak covid-19 di kedua negara dan kapan covid-19 berakhir di kedua negara, hanya bisa dilakukan dengan menggunakan metode *Nonlinear Regression with Logistic Growth Model* dan metode *Hybrid*. Ringkasan perbandingan nilai MAPE dari ke 4 metode yang digunakan dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 3.6 Nilai MAPE setiap metode di Indonesia

Metode	Hasil Forecast Indonesia				
	1	3	7	14	21
<i>NLR Logistic Growth</i>	1.50	1.75	2.07	2.73	3.56
<i>Hybrid (NLR+DES)</i>	0.14	0.35	0.60	1.16	1.91
<i>Naïve Trend Linear</i>	0.10	0.25	0.33	0.45	0.64
<i>Naïve Trend Exponensial</i>	0.12	0.32	0.57	1.24	2.25

Tabel 3.7 Nilai MAPE setiap metode di Armenia

Metode	Hasil Forecast Armenia				
	1	3	7	14	21
<i>NLR Modified Logistic Growth</i>	0.37	0.66	1.31	2.11	2.19
<i>Hybrid (NLR+DES)</i>	0.02	0.33	1.02	1.87	1.99
<i>Naïve Trend Linear</i>	0.02	0.23	0.32	1.09	3.92
<i>Naïve Trend Exponensial</i>	0.01	0.24	0.43	0.85	3.25

Andy Rezky Pratama Syam
Jurnal Matematika, Statistika & Komputasi

Berdasarkan data nilai MAPE yang disajikan pada tabel 3.6 dan tabel 3.7, semua metode yang digunakan dalam melakukan peramalan memiliki nilai MAPE di bawah 10 persen, sehingga dapat dikatakan semua metode yang digunakan memiliki kemampuan yang sangat baik dalam melakukan peramalan. Selain itu, terlihat bahwa nilai MAPE metode *Naïve* (Baik *Naïve Trend Linear* maupun *Naïve Trend Exponensial*) sangat cocok untuk peramalan yang dilakukan dalam jangka yang pendek. Namun, kelemahan dari metode *naïve* ini yaitu ketidakmampuan metode ini untuk melakukan prediksi kapan puncak kasus Covid-19 dan kapan kasus covid-19 berakhir. Sehingga, untuk keperluan menjawab tujuan dari penelitian, dapat digunakan hasil prediksi atau peramalan dari metode *Hybrid Nonlinear Regression With Modified Logistic Growth* dan *Double Exponensial Smoothing*.

Berdasarkan hasil *forecast* menggunakan metode *Hybrid Nonlinear Regression With Modified Logistic Growth* dan *Double Exponensial Smoothing*, puncak kasus Covid-19 di Negara Indonesia di prediksi terjadi pada tanggal 26 November 2020 dengan jumlah kasus mencapai 5968 kasus. Sedangkan untuk Negara Armenia, puncak kasus Covid-19 akan terjadi pada tanggal 15 November 2020 dengan jumlah kasus mencapai 3098 kasus. Kasus di negara Armenia diprediksi lebih dahulu mengalami penurunan kasus dibandingkan Indonesia.

Sedangkan untuk prediksi kapan covid-19 berakhir di kedua negara, dapat pula dilihat dari *time series plot* yang dihasilkan metode *Hybrid*. Berdasarkan *time series plotnya*, covid-19 di kedua negara di prediksi baru akan turun dan konstan di tahun 2021. Untuk negara Indonesia diprediksi akan mulai stabil dan terkontrol pada bulan juli – agustus tahun 2021. Sedangkan untuk negara Armenia, Covid-19 di prediksi akan terkendali dan mendekati 0 kasus pada bulan februari – maret tahun 2021. Pandemi Covid-19 lebih cepat berakhir di negara Armenia di bandingkan Indonesia, dimana Armenia telah pernah melakukan penanggulangan pada saat gelombang 1 covid-19, sedangkan Indonesia masih belum mencapai puncak kasus covid-19 sampai saat ini. Inilah yang mengasumsikan bahwa prediksi covid-19 di Negara Armenia akan lebih cepat berakhir di bandingkan di Indonesia.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan uraian pembahasan sebelumnya, dapat disimpulkan beberapa poin, yaitu :

- Model peramalan terhadap kasus Covid-19 di Indonesia dan Armenia berbeda, dimana untuk kasus covid-19 di Indonesia dapat digunakan metode *Nonlinear Regression with Logistic Growth Model* dan untuk negara Armenia, harus menggunakan *Nonlinear Regression with Modified Logistic Growth Model* karena memiliki 2 puncak kasus.
- Metode *Naïve* sangat baik digunakan untuk melakukan peramalan dalam jangka yang pendek untuk kasus covid-19 di kedua negara karena dapat menghasilkan nilai MAPE yang sangat presisi. Namun metode ini tidak dapat membantu dalam penentuan titik puncak kasus covid-19 dan kapan berakhirnya pandemi covid-19 ini.
- Metode *Hybrid* merupakan metode yang sangat baik untuk mengoptimalkan hasil ramalan. Penerapannya pada kasus Covid-19 di Indonesia dan di Armenia menunjukkan bahwa metode Hybrid menghasilkan nilai MAPE yang lebih baik dibandingkan metode *Nonlinear Regression with Logistic Growth Model* saja ataupun metode *Double Smoothing Exponensial* saja.
- Puncak kasus Covid-19 di Negara Indonesia di prediksi terjadi pada tanggal 26 November 2020 dengan jumlah kasus mencapai 5968 kasus. Sedangkan untuk Negara Armenia, puncak kasus Covid-19 akan terjadi pada tanggal 15 November 2020 dengan jumlah kasus

Andy Rezky Pratama Syam
Jurnal Matematika, Statistika & Komputasi

mencapai 3098 kasus. Kasus di negara Armenia diprediksi lebih dahulu mengalami penurunan kasus dibandingkan Indonesia.

- Covid-19 di kedua negara di prediksi baru akan turun dan konstan di tahun 2021. Untuk negara Indonesia diprediksi akan mulai stabil dan terkontrol pada bulan juli – agustus tahun 2021. Sedangkan untuk negara Armenia, Covid-19 di prediksi akan terkendali dan mendekati 0 kasus pada bulan februari – maret tahun 2021.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Bates, D. M. & Watts, D.G. (2007). *Nonlinear Regression Analysis and Its Applications*. New York: John Wiley & Sons
- [2] Chen, K.Y. and Wang, C.H., 2007. A hybrid SARIMA and support vector machines in forecasting the production values of the machinery industry in Taiwan. *Expert Systems with Applications*, 32(1), pp.254-264
- [3] Faical Ndairou and Ivan Area and Juan J. Nieto and Del_m F.M. Torres, *Mathematical Modeling of COVID-19 Transmission Dynamics with a Case Study of Wuhan, Chaos, Solitons & Fractals* 109 (2020), 109846
- [4] J. E. Hanke, D. W. Wichern, dan A. G. Reitsch, “*Peramalan Bisnis Edisi Ke-7 (terj.)*”, Alih Bahasa: Anantanur, D, Klaten: PT Intan Sejati, 2005
- [5] Neter, J., Kutner, M.H., Nachtsheim, C.J. and Wasserman, W. (1996) *Applied Linear Statistical Models*. 4th Edition, WCB McGraw-Hill, New York
- [6] Purnama, D.I (2020), *Model Hybrid Seasonal Autoregressive Integrated Moving Average (Sarima)-Support Vector Regression (Svr) Dan Penerapannya Pada Harga Gabah Nasional*. Tesis : Universitas Padjadjaran, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan ALam / Statistika Terapan
- [7] S.Makridakis, S. C.Wheelwright dan V. E. McGee, “*Metode dan Aplikasi Peramalan Jilid 1 Edisi Revisi (terj.)*”, Alih Bahasa: Hari Suminto, Jakarta: Binapura Aksara. 1999
- [8] Silvester, Arista. 2019. *Model Regresi Non Linear dan Penerapannya*. Skripsi : Universitas Sanata Dharma Yogyakarta, Fakultas Sains dan Teknologi.
- [9] Wei, W.W.S. 2006. *Time Series Analysis: Univariate and Multivariate Methods*, Second Edition. New York : Pearson Education
- [10] Yudaruddin, Rizky, " *Forecasting untuk Kegiatan Ekonomi dan Bisnis*" RV Pustaka Horizon. 2019