



Model dan Aplikasi Space Time Autoregressive (STAR) Terhadap Penyebaran Covid 19 di Kabupaten Luwu Timur

Maya Sari Wahyuni¹

¹Jurusan Matematika FMIPA, Universitas Negeri Makassar

Received: 20 Maret 2025
Revised: 27 Maret 2025
Accepted: 04 April 2025

Abstrak

Model Space Time Autoregressive (STAR) merupakan data deret waktu yang mempunyai keterkaitan antar lokasi (space time). Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mendapatkan model STAR yang sesuai dengan data penyebaran kasus Covid-19 di Kabupaten Luwu Timur serta memperoleh data hasil ramalan untuk beberapa bulan kedepan. Data yang digunakan adalah data bulanan penyebaran kasus Covid-19 di sebelas lokasi yaitu Kecamatan Angkona, Kecamatan Burau, Kecamatan Kalaena, Kecamatan Malili, Kecamatan Mangkutana, Kecamatan Nuha, Kecamatan Tomoni, Kecamatan Tomoni Timur, Kecamatan Towuti, Kecamatan Wasuponda dan Kecamatan Wotu periode Mei 2020 sampai Maret 2022. Pendugaan parameter model STAR menggunakan metode kuadrat terkecil (MKT). Model data yang digunakan untuk menghitung penyebaran kasus Covid-19 di Kabupaten Luwu Timur adalah Model STAR (21). Pembobot yang digunakan merupakan bobot lokasi seragam. Hasil pengecekan parameter penduga dengan menggunakan bobot lokasi seragam diperoleh beberapa model. Hal ini dilihat dari adanya pengaruh yang nyata terhadap lokasi yang berdekatan. Hasil ramalan menggunakan model STAR (21) terhadap penyebaran kasus Covid-19 di Kabupaten Luwu Timur akan terlihat lima bulan kedepan yaitu bulan April sampai Agustus 2022.

Keywords: Deret Waktu, Autoregressive, Space Time, Model STAR

(*) Corresponding Author: Maya.sari.wahyuni@unm.ac.id

How to Cite: Wahyuni, M. S. (2025). Model dan Aplikasi Space Time Autoregressive (STAR) Terhadap Penyebaran Covid 19 di Kabupaten Luwu Timur. *Jurnal Ilmiah Wahana Pendidikan*, 11(4.C), 224-249. Retrieved from <https://jurnal.peneliti.net/index.php/JIWP/article/view/11784>.

PENDAHULUAN

Peramalan merupakan prediksi nilai-nilai sebuah variabel kepada nilai yang diketahui dari variabel tersebut atau variabel yang berhubungan. Dalam melakukan peramalan senantiasa berupaya menyelesaikan dengan model pendekatan-pendekatan yang sesuai perilaku aktual data dan pengalaman, peramalan diperlukan untuk memberikan informasi sebagai dasar untuk membuat suatu keputusan dalam berbagai kegiatan, sehingga ramalan yang tepat akan memberikan manfaat lebih bagi yang memerlukan hasil ramalan (Montgomery et al, 2008) (Santoso, 2009).

Dalam kehidupan sehari-hari seringkali ditemukan masalah yang berkaitan dengan waktu, contohnya masalah curah hujan, produksi minyak bumi, fluktuasi nilai tukar rupiah perhari dan lain-lain. Data yang berkaitan dengan waktu dinamakan data deret waktu atau time series. Salah satu model yang digunakan dalam model deret waktu adalah model-model univariat yang disebut dengan model Autoregresi dan disingkat dengan AR. Model AR menyatakan suatu observasi waktu sekarang dipengaruhi oleh observasi waktu sebelumnya (Suryamah et al, 2013).

Model autoregresi merupakan model yang menganggap bahwa data runtun waktu memiliki variansi yang konstan. Variansi merupakan variabel dalam statistik yang menggambarkan seberapa jauh perubahan data terhadap nilai rata-ratanya (Suhartini, 2007). Pada jenis model deret waktu berkala penduga masa depan dilakukan berdasarkan nilai masa lalu dari suatu dari suatu variabel atau kesalahan masa lalu. Sedangkan model regresi mengasumsikan bahwa faktor yang diramalkan menunjukkan hubungan sebab-akibat dengan satu atau lebih variabel bebas (variabel independen).

Salah satu metode peramalan yang saat ini sedang berkembang dan umum digunakan untuk memperkirakan suatu data deret waktu jangka pendek adalah model ARIMA (Autoregressive integrated Moving Average). Metode ARIMA atau metode Box-Jenkins merupakan metode yang sangat tepat untuk mengatasi kerumitan deret waktu dan situasi peramalan lainnya. Metode ARIMA dapat dipergunakan untuk memperkirakan data histori dengan kondisi yang sulit dimengerti pengaruhnya terhadap data secara teknis dan sangat akurat untuk peramalan dalam periode jangka pendek. (Purnomo dalam S. Assauri, 1984). Dengan banyaknya penelitian yang dilakukan terkait ARIMA terdapat kelemahan yang dimiliki ARIMA itu sendiri. Salah satu kekurangan yang dimiliki ARIMA, yaitu tidak dapat mengetahui pengaruh variabel-variabel lain terhadap variabel dependent yang diamati dimasa yang akan datang berdasarkan informasi variabel dependent dari lag sebelumnya.

Seiring waktu, perkembangan data deret waktu mengalami perubahan. Data deret waktu berkembang menjadi data lokasi waktu (space time). Metode peramalan yang dapat menggabungkan kedua unsur tersebut disebut model space time (Talungke, 2015).

Model Space Time adalah salah satu model yang menggabungkan unsur dependensi waktu dan lokasi pada data deret waktu multivariat. Ketergantungan waktu dan lokasi pada suatu data deret waktu peubah ganda adalah model ruang waktu. Model ruang waktu (space time) ini pertama kali diperkenalkan oleh Pfeifer dan Deutsch (Rahman, 2013). Salah satu model yang menggunakan unsur waktu dan lokasi yaitu model Space Time Autoregressive (STAR).

Model STAR merupakan gabungan model autoregressive orde , AR (p) dari model Box-Jenkins dan model spasial (Ilham, 2017). Menurut Winarno (2009) dalam aspek spasial penting untuk dikaji karena antara satu wilayah dengan wilayah yang lain mempunyai perbedaan karakteristik. Model yang dapat mengakomodir keterkaitan antara variabel time series suatu wilayah dengan variabel time series yang sama di wilayah lain adalah model STAR. Penelitian sebelumnya terkait STAR dan ARIMA yaitu Retnaningrum tentang “Penerapan model STAR dan ARIMA untuk memperkenalkan data curah hujan di Kabupaten Jember” ini membandingkan model STAR dan ARIMA, hasil dari penelitiannya menjelaskan bahwa model STAR memiliki ketepatan ramalan yang lebih baik dibanding ARIMA.

Pada tanggal 2 Maret 2020 Indonesia mengkonfirmasi bahwa Covid-19 telah mewabah di Indonesia ada dua warga Indonesia positif terjangkit virus Covid-19. Kasus pertama diduga berawal dari pertemuan dengan warga negara Jepang (Prasetya, 2020). Penyebaran virus Covid-19 yang semakin cepat seiring berjalannya waktu pada tanggal 22 Juli 2020 pemerintah mengumumkan terdapat

91.751 pasien positif Covid-19, 50.255 pasien dinyatakan sembuh dan 4.459 pasien meninggal dunia (Covid-19, 2020) dan pada tanggal 19 Januari 2021 kasus positif Covid-19 bertambah menjadi 927.380 pasien, pasien sembuh 753.984 pasien, dan pasien meninggal 26.590 pasien (Anwar, 2021).

Coronavirus Disease 2019 (Covid-19) adalah penyakit sindrom pernafasan yang disebabkan oleh salah satu jenis corona virus SARS-CoV-2. Covid-19 dapat menimbulkan gejala ringan, sedang, dan berat. Gejala klinis utama yang muncul yaitu demam, batuk, dan kesulitan bernafas (Yuliana, 2020). Berdasarkan informasi yang dipublikasikan oleh World Health Organization (WHO) pada tanggal 11 Maret 2020 menyampaikan bahwa penyakit Coronavirus Disease 2019 (Covid-19) yang pertama kali dari Wuhan China, pada 31 Desember 2019. Jumlah kasus Covid-19 di luar China telah meningkat 13 kali lipat, dan jumlah negara yang terkena dampak telah meningkat tiga kali lipat, lebih dari 118.000 kasus di 114 negara dan 4.291 orang telah kehilangan nyawanya. Dari 118.000 kasus yang dilaporkan secara global di 114 negara, lebih dari 90% kasus hanya ada di empat negara dan dua diantaranya Cina dan Republik Korea (WHO, 2020).

Pada mulanya transmisi virus ini belum dapat ditentukan apakah dapat melalui antara manusia-manusia. Jumlah kasus terus bertambah seiring dengan waktu. Selain itu, terdapat kasus 15 petugas medis terinfeksi oleh salah satu pasien. Salah satu pasien tersebut dicurigai kasus “super spreader”. Akhirnya dikonfirmasi bahwa transmisi pneumonia ini dapat menular dari manusia ke manusia. Sampai saat ini virus ini dengan cepat menyebar masih misterius dan penelitian masih terus berlanjut (Yuliana, 2020).

Saat ini ada sebanyak 65 negara terinfeksi virus corona. Menurut data WHO per tanggal 2 Maret 2020 jumlah penderita 90.308 terinfeksi Covid-19. Di Indonesia pun sampai saat ini terinfeksi 2 orang. Angka kematian mencapai 3.087 atau 2.3% dengan angka kesembuhan 45.726 orang. Terbukti pasien konfirmasi Covid-19 di Indonesia berawal dari suatu acara di Jakarta dimana penderita kontak dengan seorang warga negara asing (WNA) asal Jepang yang tinggal di Malaysia. Setelah pertemuan tersebut penderita mengeluhkan demam, batuk dan sesak napas (Yuliana, 2020).

Kabupaten Luwu Timur adalah salah satu Daerah Tingkat II di provinsi Sulawesi Selatan, Indonesia. Kabupaten ini berasal dari pemekaran Kabupaten Luwu Utara yang disahkan dengan UU Nomor 7 Tahun 2003 pada tanggal 25 Februari 2003. Malili adalah ibu kota dari Kabupaten Luwu Timur yang terletak di ujung utara Teluk Bone. Kabupaten ini memiliki luas wilayah 6.944,98 km² dengan jumlah penduduk tahun 2017, berjumlah 243.064 jiwa. Kabupaten ini terdiri atas 11 Kecamatan yakni Kecamatan Malili, kecamatan Angkona, Tomoni, Tomoni Timur, Kalena, Towuti, Nuha, Wasponda, Wotu, Burau dan Mangkutana. (Wikipedia, 2021).

METODE PENELITIAN

Jenis penelitian ini adalah penelitian terapan, yaitu penelitian yang diarahkan untuk mendapatkan informasi yang dapat memecahkan permasalahan dengan terlebih dahulu menyusun konsep-konsep sesuai dengan penelitian ini dengan tujuan dapat mengetahui hasil ramalan model STAR terbaik pada penyebaran Covid-19 di kabupaten Luwu Timur. Data yang digunakan adalah data

sekunder yang diperoleh dari Dinas Kesehatan Kabupaten Luwu Timur berupa data jumlah penyebaran Covid-19 dari tahun 2020-2022.

Adapun langkah-langkah yang dilakukan dalam penelitian ini sebagai berikut.

1. Mengumpulkan literatur yang membahas tentang deret waktu, ARIMA dan STAR, baik dalam bentuk buku, jurnal maupun skripsi.
2. Mengumpulkan data penyebaran Covid-19 Tahun 2021 dari Dinas Kesehatan Kabupaten Luwu Timur.
3. Melakukan analisis deskriptif terhadap data penyebaran Covid-19.
4. Melakukan uji stasioner terhadap data yang ada. Jika data tersebut tidak stasioner dalam rata-rata (mean) maka dilakukan differencing agar data tersebut stasioner dalam rata-rata. Apabila data tidak stasioner dalam varian maka dilakukan transformasi Box-Cox agar data tersebut stasioner dalam varian.
5. Menentukan estimasi parameter model STAR yang telah ditentukan dengan menggunakan metode kuadrat terkecil.
6. Mendapatkan model STAR.
7. Meramalkan data terhadap jumlah penyebaran Covid-19 di Kabupaten Luwu Timur dengan menggunakan model STAR terbaik.

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Peta Administratif Kabupaten Luwu Timur dan Data Penyebaran Kasus Covid-19

Kabupaten Luwu Timur merupakan salah satu kabupaten di provinsi Sulawesi selatan dengan posisi astronomis yang terletak antara 2°03'00'' – 3°03'25'' Lintang Selatan dan 119°28'56'' – 121°47'27'' Bujur Timur dan tercatat memiliki luas wilayah sekitar 6.944,88 km². Wilayah administrasi luwu timur terdiri dari 11 kecamatan (BPS Kabupaten Luwu Timur, 2021).

Data dalam penelitian ini adalah data jumlah penyebaran Covid-19 pada 11 Kecamatan di Kabupaten Luwu Timur pada Mei 2020-Maret 2022. Sehingga dalam penelitian ini, banyaknya penyebaran Covid-19 pada masing-masing lokasi disebut sebagai peubah. Oleh karena itu, terdapat 11 peubah untuk 11 kecamatan di Kabupaten Luwu Timur. Berikut penyebaran Covid-19 di Kabupaten Luwu Timur.

Z_1 = Banyaknya penyebaran kasus Covid-19 Kecamatan Angkona

Z_2 = Banyaknya penyebaran kasus Covid-19 Kecamatan Burau

Z_3 = Banyaknya penyebaran kasus Covid-19 Kecamatan Kalaena

Z_4 = Banyaknya penyebaran kasus Covid-19 Kecamatan Malili

Z_5 = Banyaknya penyebaran kasus Covid-19 Kecamatan Mangkutana

Z_6 = Banyaknya penyebaran kasus Covid-19 Kecamatan Nuha

Z_7 = Banyaknya penyebaran kasus Covid-19 Kecamatan Tomoni

Z_8 = Banyaknya penyebaran kasus Covid-19 Kecamatan Tomoni Timur

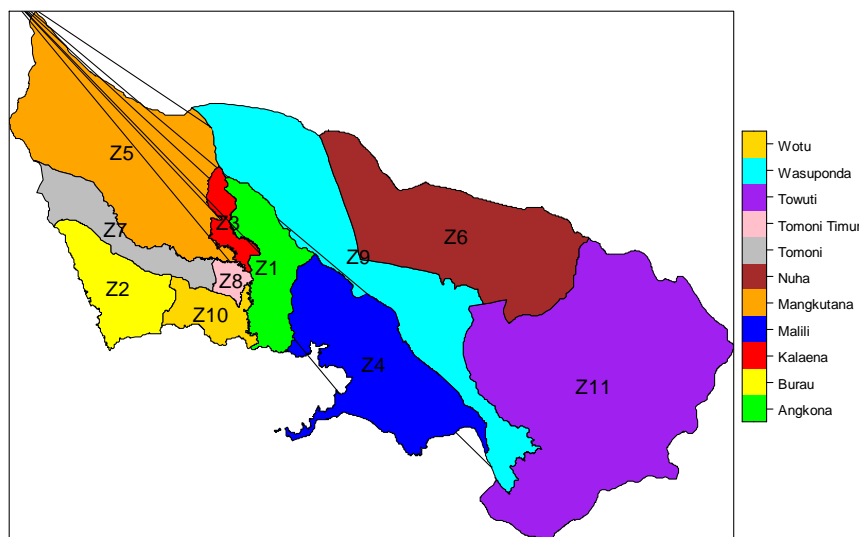
Z_9 = Banyaknya penyebaran kasus Covid-19 Kecamatan Wasuponda

Z_{10} = Banyaknya penyebaran kasus Covid-19 Kecamatan Wotu

Z_{11} = Banyaknya penyebaran kasus Covid-19 Kecamatan Towuti

Dari peubah-peubah di atas untuk setiap wilayahnya berdasarkan data yang diperoleh dari BPS Luwu Timur. Penentuan peubah untuk setiap wilayah perlu dilakukan untuk memudahkan dalam melakukan pembentukan model data pada

setiap lokasi. Data dari setiap lokasi dapat diwakili oleh setiap peubah pada masing-masing kecamatan yang diamati. Setiap peubah mewakili 23 data banyaknya penyebaran kasus Covid-19 di Kabupaten Luwu Timur yang dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1 Peta Pembagian Peubah untuk Setiap Kecamatan

2. Deskripsi Data

Statistika deskriptif bertujuan menggambarkan data secara umum penyebaran kasus Covid-19 di Kabupaten Luwu Timur dari Mei 2020 sampai Maret 2022. Dapat dilihat pada Tabel 1 hasil deskripsi data penyebaran kasus Covid-19 pada setiap lokasi.

Tabel 1 Deskripsi Data Banyaknya Penyebaran Covid-19

Lokasi	Rata-Rata	Simpangan Baku	Maksimum	Minimum
Angkona (Z1)	8,043	13,390900	61	0
Burau (Z2)	8,826	11,280120	38	0
Kalaena (Z3)	4.783	8,201754	27	0
Malili (Z4)	39.91	43,824975	177	0
Mangkutana (Z5)	11.48	15,447476	49	0
Nuha (Z6)	120,8	88,853790	318	2
Tomoni (Z7)	14,7	20,894616	70	0
Tomoni Timur (Z8)	6,261	9,507018	31	0
Wasuponda (Z9)	34.78	31,455534	115	2
Wotu (Z10)	19	26,778553	107	0
Towuti (Z11)	67	60,579024	240	1

Berdasarkan Tabel 1 dapat diketahui bahwa dari semua kecamatan yang berada di Kabupaten Luwu Timur, Kec. Nuha merupakan daerah dengan penyebaran kasus covid-19 tertinggi sebanyak 318 kasus dengan rata-rata

keseluruhan sebanyak 120-121 orang. Sedangkan, penyebaran Covid-19 terendah sebanyak 0 kasus di beberapa kecamatan antara lain; Angkona, Burau, Kalaena, Malili, Mangkutana, Tomoni, Tomoni Timur dan Wotu sehingga dapat dikatakan terdapat beberapa waktu dimana penyebaran Covid-19 tidak terjadi. Selain itu, ketergantungan antara lokasi dan waktu perlu diperhitungkan. Lokasi-lokasi dalam penelitian ini berhubungan, sebagaimana ditunjukkan oleh nilai korelasi pada Tabel 2.

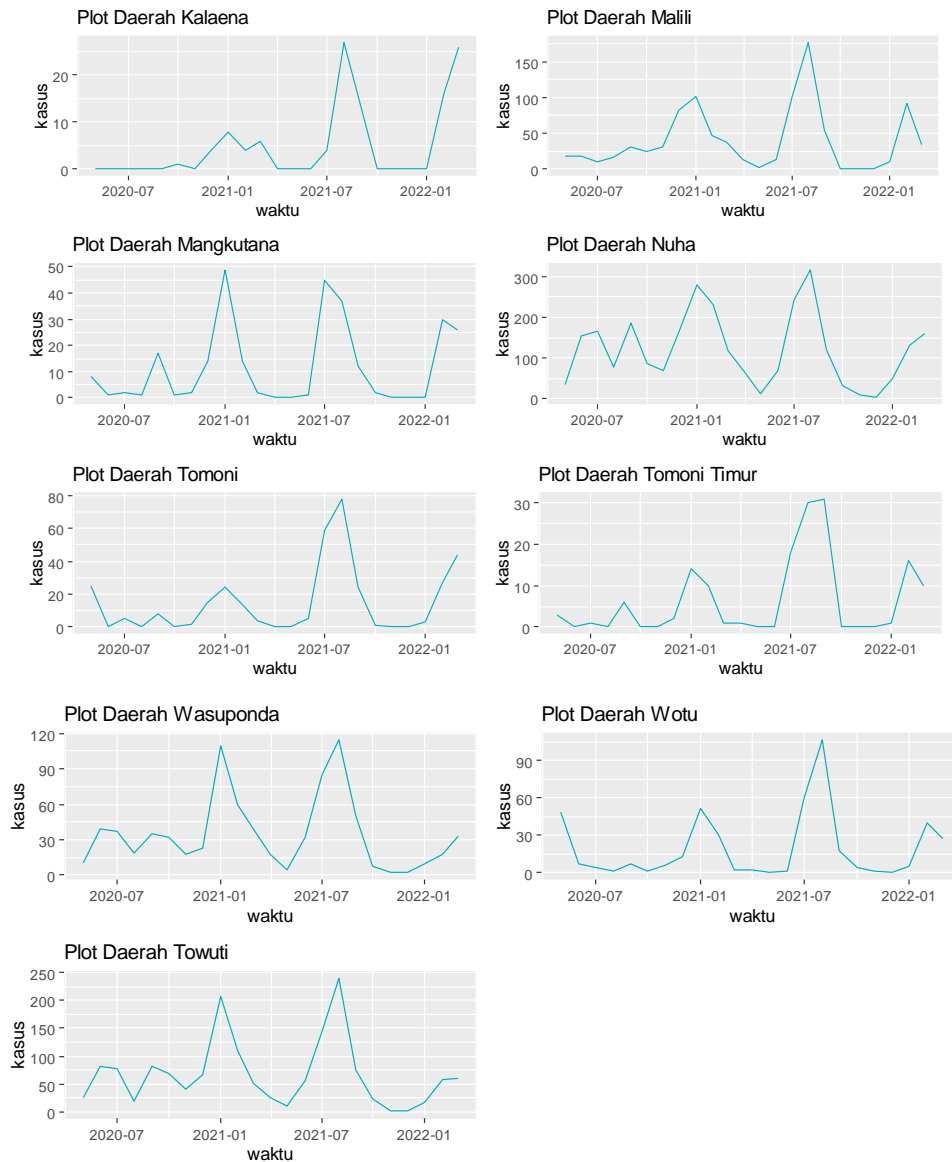
Tabel 2 Korelasi antar Kecamatan

Series	Z ₁	Z ₂	Z ₃	Z ₄	Z ₅	Z ₆	Z ₇	Z ₈	Z ₉	Z ₁₀	Z ₁₁
Z ₁	1	0,72 8	0,63 4	0,81 3	0,63 6	0,73 3	0,79 8	0,79 3	0,79 3	0,83 1	0,8 24
Z ₂		1	0,54 1	0,85 6	0,89 7	0,81 2	0,79 4	0,72 6	0,86 1	0,89 6	0,8 76
Z ₃			1	0,69 7	0,63 0	0,55 2	0,78 8	0,76 3	0,51 9	0,66 9	0,5 47
Z ₄				1	0,84 4	0,82 5	0,84 5	0,79 3	0,81 7	0,87 6	0,8 67
Z ₅					1	0,80 5	0,82 4	0,73 1	0,79 1	0,82 0	0,8 11
Z ₆						1	0,69 9	0,65 2	0,91 1	0,71 4	0,9 35
Z ₇							1	0,81 1	0,71 4	0,92 4	0,7 35
Z ₈								1	0,71 0	0,76 4	0,7 01
Z ₉									1	0,76 2	0,9 77
Z ₁₀										1	0,8 05
Z ₁₁											1

Berdasarkan Tabel 2 setiap peubah memiliki hubungan korelasi positif antar kecamatan baik itu antara peubah (Z₁) dengan peubah (Z₂), peubah (Z₁) dengan peubah (Z₃) dan seterusnya. Korelasi antar lokasi ii mengindikasikan bahwa setiap lokasi memiliki hubungan atau keterkaitan antar lokasi dari masing-masing wilayah. Korelasi dengan nilai tertinggi adalah korelasi antara peubah (Z₇) dan peubah (Z₁₀) sebesar 0,924. Sedangkan, korelasi terendah yaitu antara peubah (Z₃) dan peubah (Z₉) sebesar 0,519.

Berikut deskripsi data secara statistik dari data penyebaran kasus Covid-19 di Kabupaten Luwu Timur selama periode Mei 2020 sampai Maret 2022.





Gambar 2. Plot Data Deret Waktu sebelas lokasi di Kabupaten Luwu Timur

Gambar 2 memperlihatkan pola data banyaknya kasus Covid-19 di setiap Kecamatan di Kabupaten Luwu Timur selama Mei 2020 sampai Maret 2022 sesuai runtun waktu pada masing-masing wilayah. Pola data pada setiap wilayah terlihat berbeda-beda dan terjadi fluktuasi pada waktu-waktu tertentu. Pada plot data untuk setiap kecamatan pada bulan September sampai Desember tahun 2021 mengalami penurunan jumlah kasus Covid-19 namun, pada awal tahun yaitu bulan Januari 2022 mengalami kenaikan yang tinggi. Ada beberapa wilayah yang mengalami puncak penyebaran kasus Covid-19 pada bulan agustus 2020 antar lain kec. Angkona, kec. Kalaena, kec. Malili, kec. Nuha, kec. Tomoni, kec. Wasuponda, kec. Wotu, dan kec. Towuti. Sedangkan, kec. Burau dan kec. Mangkutana mengalami puncak penyebaran pada bulan Januari 2021 dan puncak penyebaran kec. Tomoni Timur terjadi pada bulan September 2021. Dari Gambar 2 juga terlihat bahwa secara visual pola data relatif fluktuatif secara tidak konstan, sehingga untuk

mengetahui kondisi kestasioneran data maka perlu dilakukan identifikasi terhadap kestasioneran data.

3. Kestasioneran Data

Dalam membangun sebuah model, hal yang perlu diperhatikan dari model tersebut adalah memastikan bahwa data yang ada didalam model tersebut telah stasioner. Data deret waktu dikatakan stasioner apabila tidak ada perubahan kecenderungan dalam rata-rata dan perubahan variansi. Dengan kata lain, data deret waktu yang stasioner adalah relatif tidak terjadi kenaikan ataupun penurunan nilai secara tajam pada data. Memeriksa kestasioneran data dapat dilakukan dengan hanya memeriksa atau memperhatikan grafik runtun waktunya. Apabila data yang diperiksa tidak stasioner dalam rata-rata maka perlu dilakukan yang namanya *differencing* dan apabila data tidak stasioner dalam varian maka perlu dilakukan yang namanya transformasi.

Diagram ACF dan PACF juga merupakan salah satu cara untuk mengidentifikasi apakah data tersebut telah stasioner ataupun belum stasioner. Jika diagram ACF cenderung turun melambat atau turun secara linear, maka dapat disimpulkan bahwa data belum stasioner dalam rata-rata. Setelah dilakukan identifikasi menggunakan diagram ACF dan PACF, data banyaknya kasus Covid-19 untuk ke sebelas lokasi turun dengan tajam atau turun secara eksponensial.

Salah satu uji kestasioneran data secara formal adalah dengan menggunakan *unit root test* atau biasa dikenal dengan *Augment Dickey-Fuller test* dengan memperhatikan nilai *p-value* (Daraputri dalam Sedighi, 2000). Data dikatakan stasioner apabila nilai *p-value* < 0,05 dan begitu pun sebaliknya, data tidak stasioner apabila nilai *p-value* ≥ 0,05. Berikutnya hasil uji *unit root test* untuk setiap lokasi.

Tabel 3 Uji ADF untuk Kestasioneran Data

Lokasi	Dickey-Fuller	P-Value	Alternatif Hypothesis
Angkona (Z ₁)	3,4878	0,0656	Tidak Stasioner
Burau (Z ₂)	-3,7576	0,0387	Stasioner
Kalaena (Z ₃)	-3,6391	0,0472	Stasioner
Malili (Z ₄)	-3,8400	0,0329	Stasioner
Mangkutana (Z ₅)	-3,7342	0,0404	Stasioner
Nuha (Z ₆)	-4,1602	0,0177	Stasioner
Tomoni (Z ₇)	-4,0245	0,0224	Stasioner
Tomoni Timur (Z ₈)	-3,5739	0,0536	Tidak Stasioner
Wasuponda (Z ₉)	-3,5104	0,0624	Tidak Stasioner
Wotu (Z ₁₀)	-3,7596	0,0386	Stasioner
Towuti (Z ₁₁)	-3,5302	0,0597	Tidak Stasioner

Dari Tabel 3 diperoleh hasil identifikasi kestasioneran terhadap 11 lokasi yang ada di Kabupaten Luwu Timur, berdasarkan uji *unit root test* terdapat 4 lokasi yang tidak stasioner. Dari 4 lokasi ini, masing-masing nilai *p-value* > 0,05, sehingga data tersebut tidak stasioner. Berbeda dengan hasil uji *root unit test* pada 6 lokasi lainnya yang memiliki nilai *p-value* < 0,05 sehingga hal ini memenuhi sifat kestasioneran data.

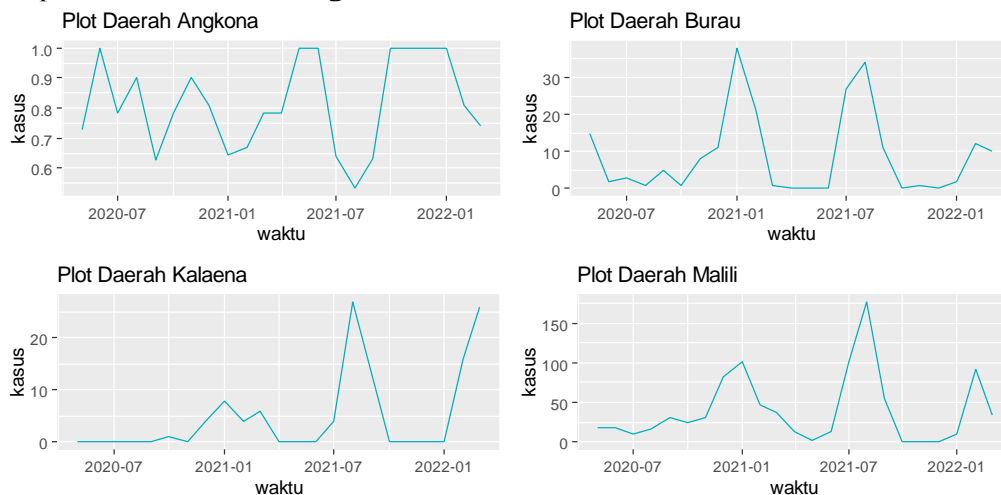
Untuk membentuk suatu model yang relevan, sifat kestasioneran data sangatlah penting, sehingga apabila terdapat data yang tidak stasioner maka perlu distasionerkan baik dalam rata-rata maupun dalam varian. Untuk menstasionerkan data banyaknya penyebaran kasus Covid-19 di Kabupaten Luwu Timur pada 4 lokasi yang tidak stasioner maka dilakukan *differencing* apabila data tersebut tidak stasioner dalam rata-rata dan apabila data tidak stasioner dalam varian maka dilakukan *transformasi*. Perhatikan tabel hasil uji ADF untuk data kasus Covid-19 pada 4 lokasi yang tidak stasioner.

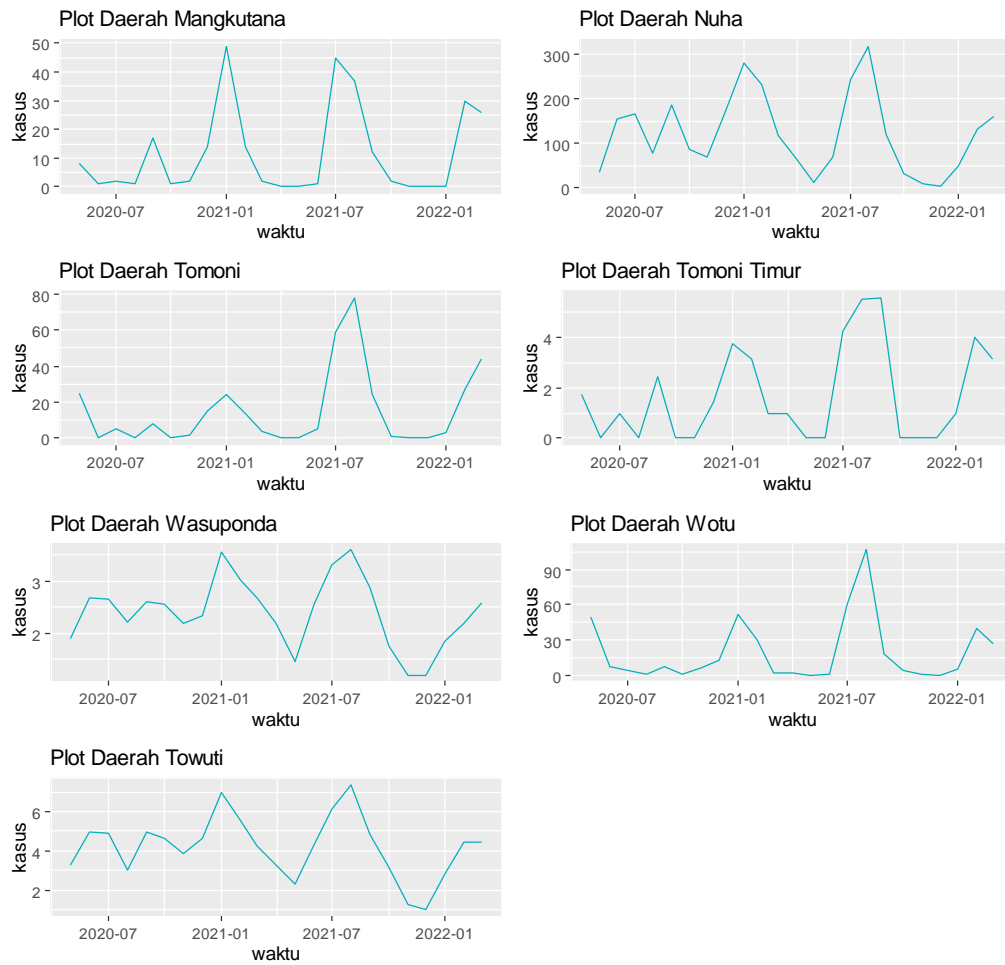
Tabel 4 Uji ADF untuk Kestasioneran Data Hasil Transformasi

Lokasi	Dickey-Fuller	P-Value	Alternatif Hypothesis
Angkona (Z ₁)	-3,7801	0,0371	Stasioner
Tomoni Timur (Z ₈)	-3,6546	0,0461	Stasioner
Wasuponda (Z ₉)	-3,7671	0,0381	Stasioner
Towuti (Z ₁₁)	-3,7673	0,0381	Stasioner

Tabel 4 Menunjukkan bahwa semua data telah stasioner baik dalam rata-rata maupun stasioner dalam varian. Hal ini dapat dilihat dari nilai $p - value < 0.05$ untuk setiap lokasi.

Hasil *differencing* ataupun *transformasi* data dari 11 lokasi tersebut dilakukan *plotting* deret waktu. Hal ini memperkuat secara formal bahwa telah stasioner dalam rata-rata maupun varian. Grafik deret waktu untuk 11 lokasi memperlihatkan bahwa sudah tidak ada perubahan kecenderungan dalam rata-rata dan perubahan kecenderungan dalam varian.





Gambar 3 Plot Data Deret Waktu Kelima Lokasi Hasil Transformasi

Gambar 3 Menunjukkan grafik deret waktu untuk kesebelas wilayah yang merupakan hasil *differencing* ataupun *transformasi* data jumlah penyebaran kasus Covid-19 di Kabupaten Luwu Timur.

4. Pengujian Asumsi Galat

Asumsi galat yang harus dipenuhi dalam pengujian ini adalah berdistribusi normal. Pengujian dilakukan terhadap model STAR yang telah terbentuk dengan bobot lokasi seragam. Hasil pengujian dalam Shapiro-Wilk dengan memperhatikan taraf nyata $\alpha = 0.05$. Hasil uji Shapiro-Wilk dapat dilihat pada Tabel 5.

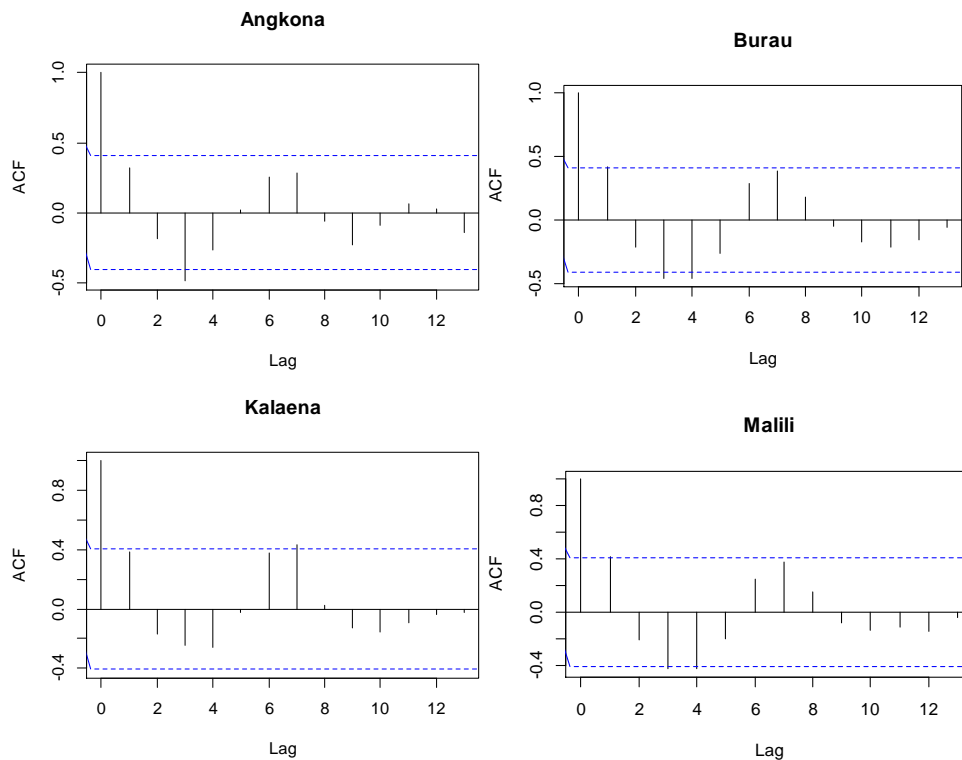
Tabel 5 Hasil Uji Shapiro-Wilk (Uji Normalitas)

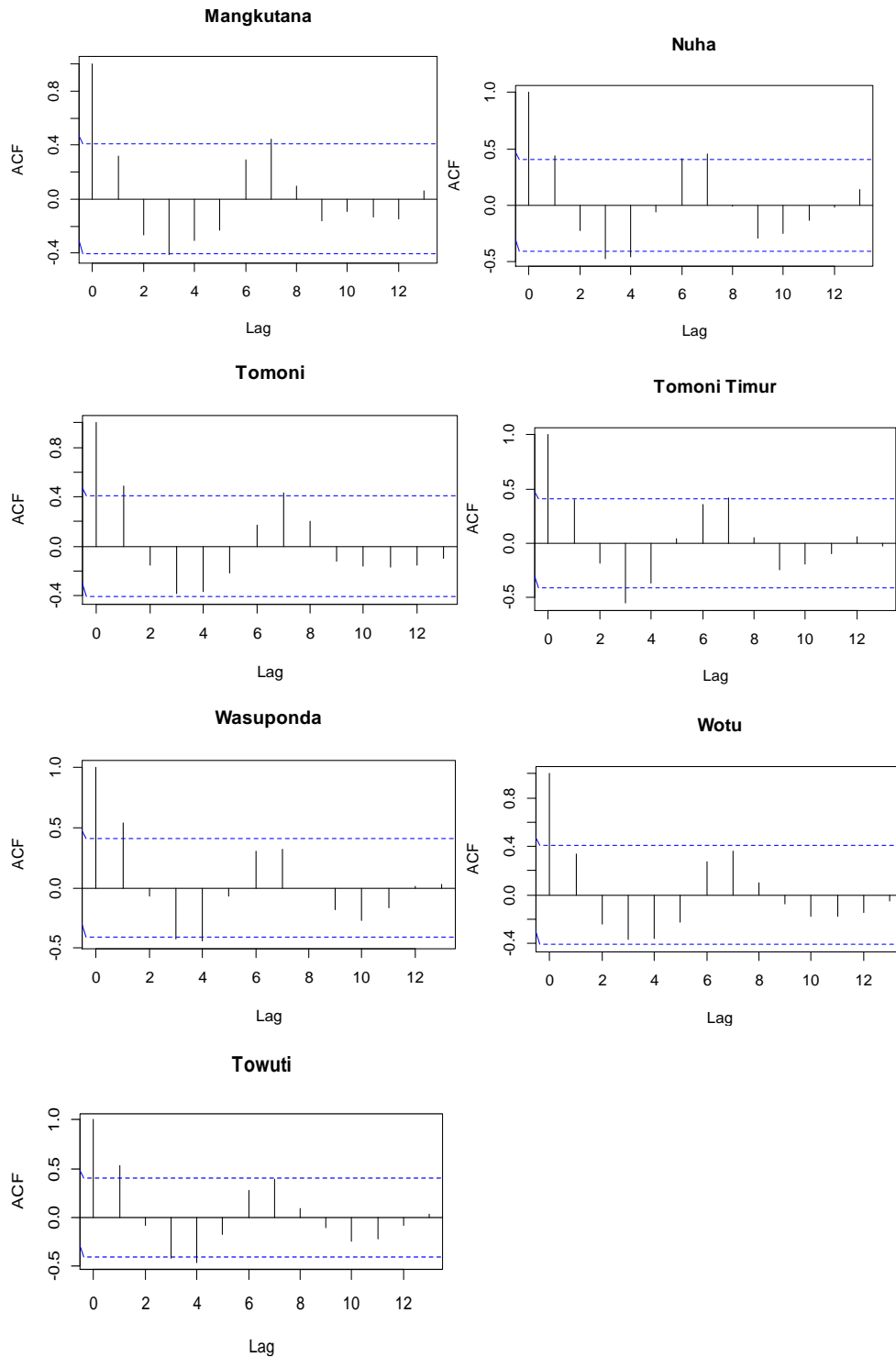
Lokasi	<i>P-value</i>	Hypotesis
Angkona (Z_1)	0,0592	Normal
Burau (Z_2)	0,0579	Normal
Kalaena (Z_3)	0,0576	Normal
Malili (Z_4)	0,0512	Normal
Mangkutana (Z_5)	0,0526	Normal
Nuha (Z_6)	0,6529	Normal

Tomoni (Z_7)	0,1815	Normal
Tomoni Timur (Z_8)	0,0547	Normal
Wasuponda (Z_9)	0,0557	Normal
Wotu (Z_{10})	0,0972	Normal
Towuti (Z_{11})	0,7424	Normal

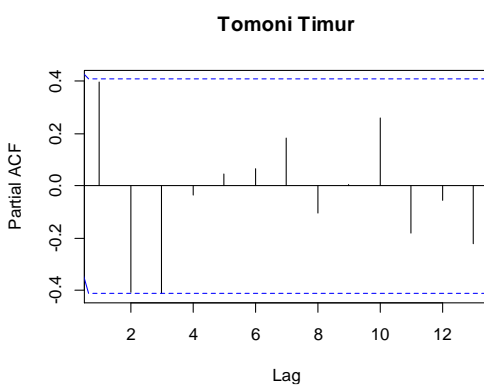
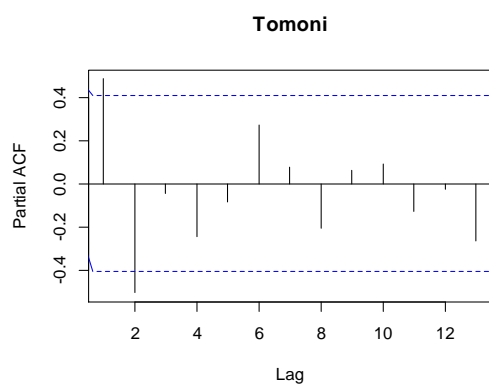
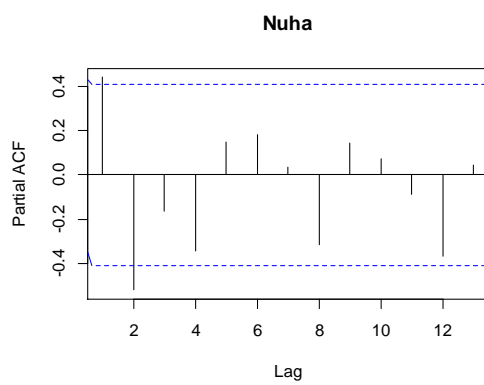
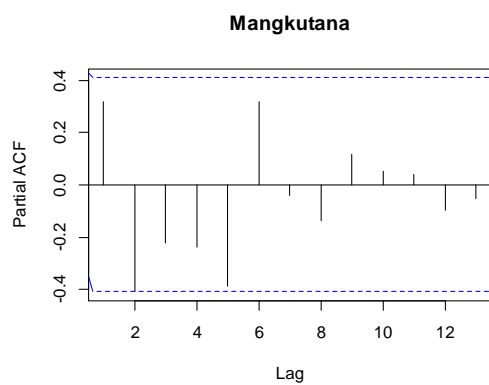
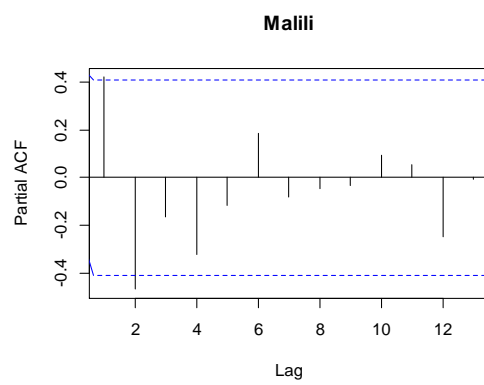
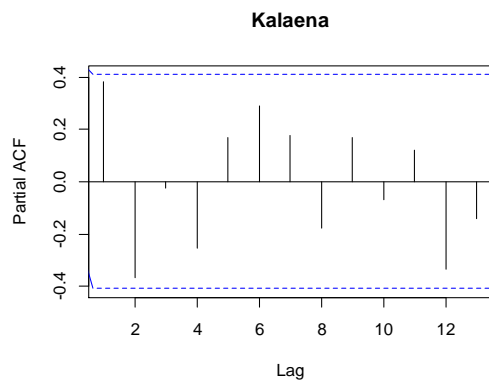
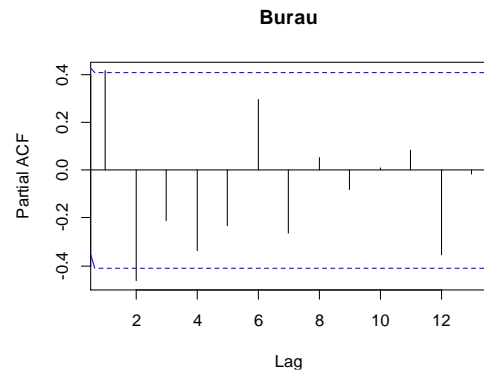
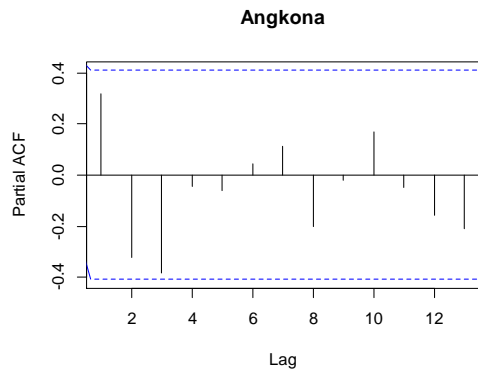
5. Ordo Model STAR

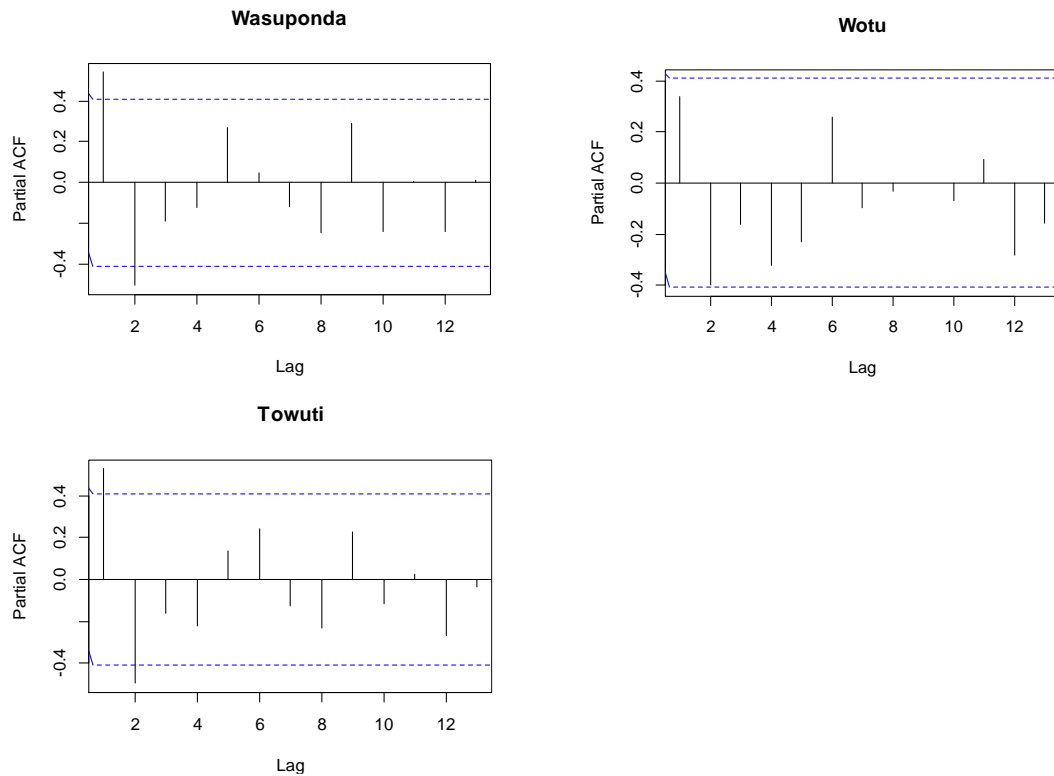
Ordo yang akan ditentukan dalam penelitian ini adalah ordo spasial dan ordo waktu. Ordo spasial dipilih ordo 1, karena ordo yang lebih tinggi akan sulit untuk diinterpretasikan. Sementara untuk ordo waktu pada STAR dapat diturunkan dari ordo pada AR. Tahapan penting pada pemodelan AR adalah menentukan ordo model. Ordo model tidak lain adalah pada lag berapa masih terdapat pengaruh yang nyata dari salah satu peubah (series) terhadap peubah lainnya. Ordo pada model ini dapat diidentifikasi pada diagram ACF dan PACF yaitu pada lag berapa masih terdapat pengaruh nyata (*cut of lag*) dari salah satu peubah terhadap peubah lainnya. Model yang baik adalah model yang mampu memberikan tingkat galat yang paling kecil. Dalam hal ini, diwakilkan dengan nilai-nilai stastistik yang paling kecil.





Gambar 4 Diagram ACF untuk Sebelas Peubah





Gambar 5 Diagram PACF untuk Sebelas Peubah

Pada Gambar 4 dan Gambar 5 yang merupakan diagram ACF dan PACF dari penyebaran Covid-19 di 11 Kecamatan yang ada di Kabupaten Luwu Timur. Penentuan ordo AR diperoleh dari lag yang terpotong pada setiap lokasi. Lag 2 adalah lag yang terpotong pada garis selang kepercayaan yang juga merupakan batas signifikan autokorelasi diagram ACF dan PACF, sehingga ordo AR pada data yaitu AR(2). Jadi, ordo untuk model STAR yang diperoleh adalah ordo 2 untuk lag waktu dan ordo 1 untuk lag spasial sehingga dapat ditulis dengan STAR (2₁).

6. Bobot Lokasi

Teori bobot lokasi seragam menyatakan bahwa apabila lokasi berdekatan maka akan diberikan nilai 1 adapun sebaliknya adapun jika lokasi tersebut tidak berdekatan akan diberikan nilai 0, hal ini dianggap bahwa untuk lokasi yang berdekatan memiliki pengaruh yang nyata. Perhatikan Tabel berikut.

Tabel 6 Bobot Lokasi Seragam

Relasi	Z ₁	Z ₂	Z ₃	Z ₄	Z ₅	Z ₆	Z ₇	Z ₈	Z ₉	Z ₁₀	Z ₁₁
Z ₁	0	0	1	1	0	0	0	1	1	1	0
Z ₂	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0
Z ₃	1	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0
Z ₄	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Z ₅	0	0	1	0	0	0	1	1	1	0	0
Z ₆	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
Z ₇	0	1	0	0	1	0	0	1	0	1	0
Z ₈	1	0	1	0	1	0	1	0	0	1	0

$$W = \begin{bmatrix} 0 & \frac{1}{n_1} & \frac{1}{n_1} & \frac{1}{n_1} & \frac{1}{n_1} & \frac{1}{n_1} & \frac{1}{n_1} & \frac{1}{n_1} & \frac{1}{n_1} & \frac{1}{n_1} & \frac{1}{n_1} \\ \frac{1}{n_2} & 0 & \frac{1}{n_2} & \frac{1}{n_2} & \frac{1}{n_2} & \frac{1}{n_2} & \frac{1}{n_2} & \frac{1}{n_2} & \frac{1}{n_2} & \frac{1}{n_2} & \frac{1}{n_2} \\ \frac{1}{n_3} & \frac{1}{n_3} & 0 & \frac{1}{n_3} & \frac{1}{n_3} & \frac{1}{n_3} & \frac{1}{n_3} & \frac{1}{n_3} & \frac{1}{n_3} & \frac{1}{n_3} & \frac{1}{n_3} \\ \frac{1}{n_4} & \frac{1}{n_4} & \frac{1}{n_4} & 0 & \frac{1}{n_4} & \frac{1}{n_4} & \frac{1}{n_4} & \frac{1}{n_4} & \frac{1}{n_4} & \frac{1}{n_4} & \frac{1}{n_4} \\ \frac{1}{n_5} & \frac{1}{n_5} & \frac{1}{n_5} & \frac{1}{n_5} & 0 & \frac{1}{n_5} & \frac{1}{n_5} & \frac{1}{n_5} & \frac{1}{n_5} & \frac{1}{n_5} & \frac{1}{n_5} \\ \frac{1}{n_6} & \frac{1}{n_6} & \frac{1}{n_6} & \frac{1}{n_6} & \frac{1}{n_6} & 0 & \frac{1}{n_6} & \frac{1}{n_6} & \frac{1}{n_6} & \frac{1}{n_6} & \frac{1}{n_6} \\ \frac{1}{n_7} & \frac{1}{n_7} & \frac{1}{n_7} & \frac{1}{n_7} & \frac{1}{n_7} & \frac{1}{n_7} & 0 & \frac{1}{n_7} & \frac{1}{n_7} & \frac{1}{n_7} & \frac{1}{n_7} \\ \frac{1}{n_8} & \frac{1}{n_8} & \frac{1}{n_8} & \frac{1}{n_8} & \frac{1}{n_8} & \frac{1}{n_8} & \frac{1}{n_8} & 0 & \frac{1}{n_8} & \frac{1}{n_8} & \frac{1}{n_8} \\ \frac{1}{n_9} & \frac{1}{n_9} & \frac{1}{n_9} & \frac{1}{n_9} & \frac{1}{n_9} & \frac{1}{n_9} & \frac{1}{n_9} & \frac{1}{n_9} & 0 & \frac{1}{n_9} & \frac{1}{n_9} \\ \frac{1}{n_{10}} & \frac{1}{n_{10}} & \frac{1}{n_{10}} & \frac{1}{n_{10}} & \frac{1}{n_{10}} & \frac{1}{n_{10}} & \frac{1}{n_{10}} & \frac{1}{n_{10}} & \frac{1}{n_{10}} & 0 & \frac{1}{n_{10}} \\ \frac{1}{n_{11}} & \frac{1}{n_{11}} & \frac{1}{n_{11}} & \frac{1}{n_{11}} & \frac{1}{n_{11}} & \frac{1}{n_{11}} & \frac{1}{n_{11}} & \frac{1}{n_{11}} & \frac{1}{n_{11}} & \frac{1}{n_{11}} & 0 \end{bmatrix}$$

Maka diperoleh matriks pembobot dengan memperhatikan Tabel 6.

$$W = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0,2 & 0,2 & 0 & 0 & 0 & 0,2 & 0,2 & 0,2 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0,5 & 0 & 0 & 0,5 & 0 \\ 0,25 & 0 & 0 & 0 & 0,25 & 0 & 0 & 0,25 & 0,25 & 0 & 0 \\ 0,5 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0,5 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0,25 & 0 & 0 & 0 & 0,25 & 0,25 & 0,25 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0,0 & 0 & 0 & 0,5 & 0 & 0,5 \\ 0 & 0,25 & 0 & 0 & 0,25 & 0 & 0 & 0,25 & 0 & 0,25 & 0 \\ 0,2 & 0 & 0,2 & 0 & 0,2 & 0 & 0,2 & 0 & 0 & 0,2 & 0 \\ 0,167 & 0 & 0,167 & 0,167 & 0,167 & 0,167 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0,167 \\ 0,25 & 0,25 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0,25 & 0,25 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0,5 & 0 & 0 & 0,5 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

7. Penaksiran Parameter Model STAR

Metode Kuadrat Terkecil (MKT) adalah salah satu cara dalam penaksiran parameter model STAR dengan meminimumkan jumlah kuadrat simpangannya (Retnaningrum dalam Ruchjana 2001). Jika jumlah pengamatan $Z_{11}(23), t = 0,1,2,3, \dots, 23$, untuk lokasi $i = 1,2, \dots, 11$ dengan,

$$Z_{11}(23) = \sum_{j=1}^{11} w_{ij}Z_j(23)$$

Maka model untuk lokasi ke- $i, i = 1,2,3, \dots, 11$ dapat ditulis dalam bentuk linear:

$$Y_i = X_i\beta_i + u_i, \text{ dimana } i = 1,2,3, \dots, 11$$

Estimasi dengan metode kuadrat terkecil adalah sebagai berikut:

$$\beta_i = [X^T X]^{-1} X^T Y$$

Berdasarkan penjabaran dari model diatas maka diperoleh model linear $Y_i = X_i\beta_i + u_i$, dengan

$$Y = \begin{bmatrix} Z_1(t) \\ Z_2(t) \\ Z_3(t) \\ \vdots \\ Z_{11}(t) \end{bmatrix}, \text{ dimana } Z_1(t) = \begin{bmatrix} Z_1(1) \\ Z_1(2) \\ Z_1(3) \\ \vdots \\ Z_1(t) \end{bmatrix}, Z_2(t) = \begin{bmatrix} Z_2(1) \\ Z_2(2) \\ Z_2(3) \\ \vdots \\ Z_2(t) \end{bmatrix}, \dots, Z_{11}(t) =$$

$$\begin{bmatrix} Z_{11}(1) \\ Z_{11}(2) \\ Z_{11}(3) \\ \vdots \\ Z_{11}(t) \end{bmatrix}$$

$$X = \begin{bmatrix} Z_1(t-1) & 0 & 0 & \dots & 0 & V_1(t-1) & 0 & 0 & \dots \\ 0 & Z_2(t-1) & 0 & \dots & 0 & 0 & V_2(t-1) & 0 & \dots \\ 0 & 0 & Z_3(t-1) & \dots & 0 & 0 & 0 & V_3(t-1) & \dots \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \ddots \\ 0 & 0 & 0 & \dots & Z_{11}(t-1) & 0 & 0 & 0 & \dots \end{bmatrix}$$

Serta koefisien parameter $\phi = \beta = \begin{bmatrix} \phi_{10(i)} \\ \phi_{20(i)} \\ \phi_{11(i)} \\ \phi_{21(i)} \end{bmatrix}$

Dimana $\phi_{10(i)} = \begin{bmatrix} \phi_{10(1)} \\ \phi_{10(2)} \\ \phi_{10(3)} \\ \vdots \\ \phi_{10(11)} \end{bmatrix}, \phi_{20(i)} = \begin{bmatrix} \phi_{20(1)} \\ \phi_{20(2)} \\ \phi_{20(3)} \\ \vdots \\ \phi_{20(11)} \end{bmatrix}, \phi_{11(i)} =$

$$\begin{bmatrix} \phi_{11(1)} \\ \phi_{11(2)} \\ \phi_{11(3)} \\ \vdots \\ \phi_{11(11)} \end{bmatrix}, \phi_{21(i)} = \begin{bmatrix} \phi_{21(1)} \\ \phi_{21(2)} \\ \phi_{21(3)} \\ \vdots \\ \phi_{21(11)} \end{bmatrix},$$

$$\text{sehingga } \beta = \begin{bmatrix} \phi_{10(1)} \\ \vdots \\ \phi_{10(11)} \\ \phi_{20(1)} \\ \vdots \\ \phi_{20(11)} \\ \phi_{11(1)} \\ \vdots \\ \phi_{11(11)} \\ \phi_{21(1)} \\ \vdots \\ \phi_{21(11)} \end{bmatrix}$$

Untuk matriks pembobot seragam pada nilai matriks bobot seragam diatas dapat dilakukan penaksiran parameter untuk model STAR (2₁) seperti dijelaskan diatas yaitu sebagai berikut:

$$\beta_i = [X^T X]^{-1} X^T Y$$

Pendugaan parameter dengan menghitung nilai β pada model regresi linear pada Metode Kuadrat Terkecil (MKT) itu dengan menghitung X^T dan $[X^T X]^{-1}$ penggunaan data runtun waktu dan hasil penentuan bobot lokasi normalisasi korelasi silang untuk setiap lokasi digunakan pada matriks X. Pendugaan parameter yang diperoleh dari Metode Kuadrat Terkecil (MKT) tersebut sebanyak 44 parameter mengikuti ordo spasial dan waktu. Parameter tersebut akan menentukan seberapa besar pengaruh terhadap waktu dan pengaruh terhadap lokasi yang lainnya dalam model.

Dari lampiran diperoleh parameter-parameter hasil perhitungan untuk bobot lokasi normalisasi korelasi silang dengan Metode Kuadrat Terkecil seperti berikut.

$$\begin{bmatrix}
 \phi_{10}(Z_1) \\
 \phi_{10}(Z_2) \\
 \phi_{10}(Z_3) \\
 \phi_{10}(Z_4) \\
 \phi_{10}(Z_5) \\
 \phi_{10}(Z_6) \\
 \phi_{10}(Z_7) \\
 \phi_{10}(Z_8) \\
 \phi_{10}(Z_9) \\
 \phi_{10}(Z_{10}) \\
 \phi_{10}(Z_{11}) \\
 \phi_{20}(Z_1) \\
 \phi_{20}(Z_2) \\
 \phi_{20}(Z_3) \\
 \phi_{20}(Z_4) \\
 \phi_{20}(Z_5) \\
 \phi_{20}(Z_6) \\
 \phi_{20}(Z_7) \\
 \phi_{20}(Z_8) \\
 \phi_{20}(Z_9) \\
 \phi_{20}(Z_{10}) \\
 \phi_{20}(Z_{11}) \\
 \phi_{11}(Z_1) \\
 \phi_{11}(Z_2) \\
 \phi_{11}(Z_3) \\
 \phi_{11}(Z_4) \\
 \phi_{11}(Z_5) \\
 \phi_{11}(Z_6) \\
 \phi_{11}(Z_7) \\
 \phi_{11}(Z_8) \\
 \phi_{11}(Z_9) \\
 \phi_{11}(Z_{10}) \\
 \phi_{11}(Z_{11}) \\
 \phi_{21}(Z_1) \\
 \phi_{21}(Z_2) \\
 \phi_{21}(Z_3) \\
 \phi_{21}(Z_4) \\
 \phi_{21}(Z_5) \\
 \phi_{21}(Z_6) \\
 \phi_{21}(Z_7) \\
 \phi_{21}(Z_8) \\
 \phi_{21}(Z_9) \\
 \phi_{21}(Z_{10}) \\
 \phi_{21}(Z_{11})
 \end{bmatrix}
 =
 \begin{bmatrix}
 1.0388 \\
 0.7702 \\
 0.3465 \\
 0.531 \\
 0.3369 \\
 0.1234 \\
 1.1122 \\
 -0.003 \\
 1.2055 \\
 -2.1014 \\
 1.4176 \\
 -0.1403 \\
 -0.0964 \\
 -0.2105 \\
 -0.537 \\
 -0.3492 \\
 -0.6997 \\
 -0.5138 \\
 0.1185 \\
 0.0722 \\
 -0.1688 \\
 0.2146 \\
 0.0001 \\
 0.0016 \\
 1.2088 \\
 25.5416 \\
 1.0106 \\
 53.7706 \\
 -0.2639 \\
 0.1372 \\
 -0.0022 \\
 9.6931 \\
 -0.0176 \\
 0.0057 \\
 -0.0844 \\
 -0.3848 \\
 -0.64 \\
 -0.0119 \\
 4.1974 \\
 0.1902 \\
 -0.0414 \\
 -0.0213 \\
 -1.0029 \\
 -0.0272
 \end{bmatrix}$$

$H_0: \phi_{ij} = 0$, Parameter tidak berpengaruh nyata,

$H_0: \phi_{ij} \neq 0$, Parameter berpengaruh nyata.

$$t \text{ hitung} : t = \frac{\phi_{ij}}{Se\phi_{ij}}$$

ϕ_{ij} = Parameter untuk lokasi ke $-i$ dan ke $-j$, $i=j$

$Se\phi_{ij}$ = Standar error parameter ϕ_{ij}

Berdasarkan pengujian untuk parameter dengan menggunakan bobot lokasi seragam ada beberapa parameter yang tidak nyata. Hal ini disebabkan karena nilai $p\text{-value} > 0.05$, misalkan untuk peubah setiap lokasi. Parameter tersebut mengindikasikan bahwa tidak ada pengaruh secara nyata sehingga model pada daerah kecamatan tersebut tidak dapat dibentuk. Oleh karena itu dapat disimpulkan bahwa pada lokasi tersebut jumlah penyebaran Covid-19 tidak diperngaruhi oleh waktu sebelumnya atau lokasi lain.

Berdasarkan $p\text{-value}$ dari masing-masing parameter yang ditunjukkan Tabel 7 terdapat parameter yang nyata serta parameter-parameter yang tidak nyata, sehingga untuk membentuk model dengan bobot lokasi seragam tidak dapat dilakukan untuk parameter yang tidak nyata tersebut.

Tabel 7 Parameter Penduga dengan Bobot Lokasi Seragam

Parameter	Nilai Pendugaan	$t\text{-value}$	$p\text{-value}$
$\phi_{10}(Z_1)$	1,0388	12,2634	$9,3 \times 10^{-8}$ *
$\phi_{10}(Z_2)$	0,7702	1,6902	0,1191
$\phi_{10}(Z_3)$	0,3465	2,1779	0,0521
$\phi_{10}(Z_4)$	0,5310	6,6097	$3,8 \times 10^{-5}$ *
$\phi_{10}(Z_5)$	0,3369	1,0899	0,2991
$\phi_{10}(Z_6)$	0,1234	0,8207	0,4293
$\phi_{10}(Z_7)$	1,1122	1,6402	0,1292
$\phi_{10}(Z_8)$	-0,0030	-0,0081	0,9937
$\phi_{10}(Z_9)$	1,2055	9,6994	1×10^{-6} *
$\phi_{10}(Z_{10})$	-2,1014	-2,4191	0,0341*
$\phi_{10}(Z_{11})$	1,4176	6,1958	0,0001*
$\phi_{20}(Z_1)$	-0,1403	-1,4936	0,1634
$\phi_{20}(Z_2)$	-0,0964	-0,2061	0,8405
$\phi_{20}(Z_3)$	-0,2105	-1,5883	0,1405
$\phi_{20}(Z_4)$	-0,5370	-6,0985	0,0001*
$\phi_{20}(Z_5)$	-0,3492	-1,1194	0,2868
$\phi_{20}(Z_6)$	-0,6997	-4,4433	0,0010*
$\phi_{20}(Z_7)$	-0,5138	-0,7369	0,4766
$\phi_{20}(Z_8)$	0,1185	0,5003	0,6267
$\phi_{20}(Z_9)$	0,0722	0,5740	0,5775
$\phi_{20}(Z_{10})$	-0,1688	-0,1579	0,8774

$\phi_{20}(Z_{11})$	0,2146	0,8466	0,4152
$\phi_{11}(Z_1)$	$8,7 \times 10^{-5}$	3,8363	0,0028*
$\phi_{11}(Z_2)$	0,0016	0,0148	0,9885
$\phi_{11}(Z_3)$	1,2088	5,4728	0,0002*
$\phi_{11}(Z_4)$	25,5416	0,0311	0,9758
$\phi_{11}(Z_5)$	1,0106	0,5049	0,6236
$\phi_{11}(Z_6)$	53,7706	0,0765	0,9404
$\phi_{11}(Z_7)$	-0,2639	-0,1984	0,8464
$\phi_{11}(Z_8)$	0,1372	23,2436	$1,06 \times 10^{-10}$ *
$\phi_{11}(Z_9)$	-0,0022	-16,0650	$5,52 \times 10^{-9}$ *
$\phi_{11}(Z_{10})$	9,6931	1,0025	0,3376
$\phi_{11}(Z_{11})$	-0,0176	-46,7081	$5,3 \times 10^{-14}$ *
$\phi_{21}(Z_1)$	0,0057	257,7597	$3,76 \times 10^{-22}$ *
$\phi_{21}(Z_2)$	-0,0844	-0,7235	0,4845
$\phi_{21}(Z_3)$	-0,3848	-1,0470	0,3176
$\phi_{21}(Z_4)$	-0,6400	-0,0007	0,9994
$\phi_{21}(Z_5)$	-0,0119	-0,0086	0,9933
$\phi_{21}(Z_6)$	4,1974	0,0055	0,9957
$\phi_{21}(Z_7)$	0,1902	0,1379	0,8928
$\phi_{21}(Z_8)$	-0,0414	-5,1922	0,0003*
$\phi_{21}(Z_9)$	-0,0213	-	$1,36 \times 10^{-19}$ *
$\phi_{21}(Z_{10})$	-1,0029	-0,0773	0,9398
$\phi_{21}(Z_{11})$	-0,0272	-67,5078	$9,35 \times 10^{-16}$ *

*adalah parameter yang signifikan

Parameter-parameter yang nyata adalah parameter yang memiliki nilai *p-value* < 0.05 yaitu parameter $\phi_{10}(Z_1)$, $\phi_{10}(Z_4)$, $\phi_{10}(Z_9)$, $\phi_{10}(Z_{10})$, $\phi_{10}(Z_{11})$, $\phi_{20}(Z_4)$, $\phi_{20}(Z_6)$, $\phi_{11}(Z_1)$, $\phi_{11}(Z_3)$, $\phi_{11}(Z_8)$, $\phi_{11}(Z_9)$, $\phi_{11}(Z_{11})$, $\phi_{21}(Z_1)$, $\phi_{21}(Z_9)$, dan $\phi_{21}(Z_{11})$. Parameter-parameter ini diduga memiliki pengaruh nyata terhadap waktu-waktu sebelumnya atau lokasi yang lainnya. Ke-15 parameter ini selanjutnya dimasukkan dalam model umum untuk membentuk model STAR(2₁) dengan bobot lokasi seragam.

Dengan $Z_i(t)$ menyatakan deret waktu banyaknya kasus Covid-19 pada setiap lokasi ke-*i* dan diwaktu ke-*t* atau model STAR(2₁) secara ringkas dapat ditulis dalam bentuk:

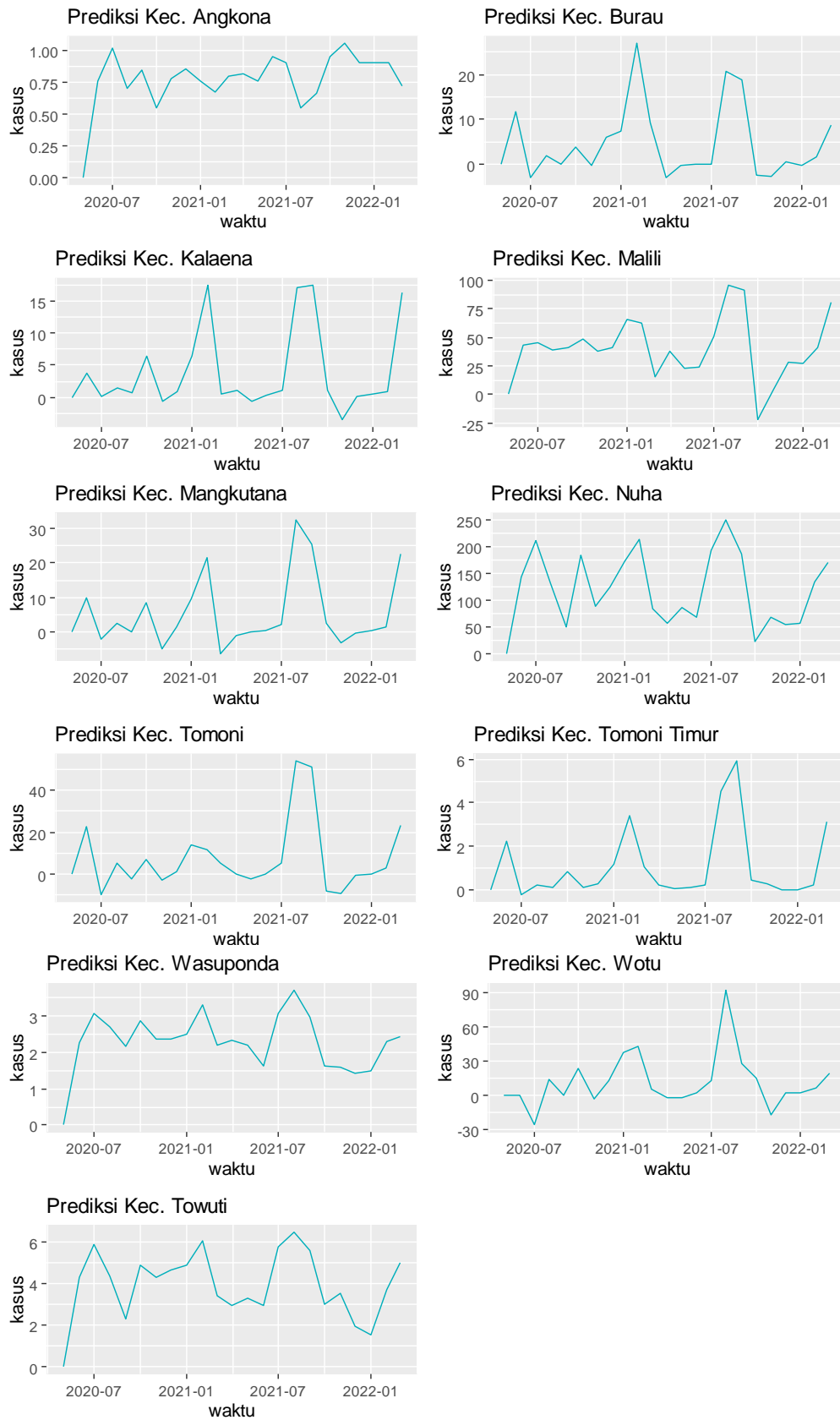
$$Z_1(t) = 1,04Z_1(t-1) - 0,14Z_1(t-2) + 1,7 \times 10^{-5}(Z_4(t-1) + Z_5(t-1) + Z_8(t-1) + Z_9(t-1) + Z_{10}(t-1)) + 0,0011(Z_4(t-2) + Z_5(t-2) + Z_8(t-2) + Z_9(t-2) + Z_{10}(t-2))$$

$$Z_2(t) = 0,77Z_2(t-1) - 0,10Z_2(t-2) + 8,2 \times 10^{-4}(Z_7(t-1) + Z_{10}(t-1)) - 0,042(Z_7(t-2) + Z_{10}(t-2))$$

$$Z_3(t) = 0,35Z_3(t-1) - 0,21Z_3(t-2) + 0,3(Z_1(t-1) + Z_5(t-1) + Z_8(t-1) + Z_9(t-1)) - 0,096(Z_1(t-2) + Z_5(t-2) + Z_8(t-2) + Z_9(t-2))$$

$$\begin{aligned}
 Z_4(t) &= 0,53Z_4(t-1) - 0,54Z_4(t-2) + 12,77(Z_1(t-1) + Z_9(t-1)) - \\
 &\quad 0,32(Z_1(t-2) + Z_9(t-2)) \\
 Z_5(t) &= 0,34Z_5(t-1) - 0,35Z_5(t-2) + 0,25(Z_3(t-1) + Z_7(t-1) + \\
 &\quad Z_8(t-1) + Z_9(t-1)) - 0,003(Z_1(t-2) + Z_7(t-2) + Z_8(t-2) + \\
 &\quad Z_9(t-2)) \\
 Z_6(t) &= 0,12Z_6(t-1) - 0,7Z_6(t-2) + 26,89(Z_9(t-1) + Z_{11}(t-1)) + \\
 &\quad 2,099(Z_9(t-2) + Z_{11}(t-2)) \\
 Z_7(t) &= 1,11Z_7(t-1) - 0,51Z_7(t-2) - 0,07(Z_2(t-1) + Z_5(t-1) + \\
 &\quad Z_8(t-1) + Z_{10}(t-1)) + 0,048(Z_2(t-2) + Z_5(t-2) + Z_8(t-2) + \\
 &\quad Z_{10}(t-2)) \\
 Z_8(t) &= -0,003Z_8(t-1) + 0,12Z_8(t-2) + 0,03(Z_1(t-1) + Z_3(t-1) + \\
 &\quad Z_5(t-1) + Z_7(t-1) + Z_{10}(t-1)) - 0,008(Z_1(t-2) + Z_3(t-2) + \\
 &\quad Z_5(t-2) + Z_7(t-2) + Z_{10}(t-2)) \\
 Z_9(t) &= 1,21Z_9(t-1) + 0,07Z_9(t-2) - 3,7 \times 10^{-5}(Z_1(t-1) + Z_3(t-1) + \\
 &\quad Z_4(t-1) + Z_5(t-1) + Z_6(t-1) + Z_{11}(t-1)) - 0,004(Z_1(t-2) + \\
 &\quad Z_3(t-2) + Z_4(t-2) + Z_5(t-2) + Z_6(t-2) + Z_{11}(t-2)) \\
 Z_{10}(t) &= -2,10Z_{10}(t-1) - 0,17Z_{10}(t-2) + 2,42(Z_1(t-1) + Z_2(t-1) + \\
 &\quad Z_7(t-1) + Z_8(t-1)) - 0,25(Z_1(t-2) + Z_2(t-2) + Z_7(t-2) + \\
 &\quad Z_8(t-2)) \\
 Z_{11}(t) &= 1,42Z_{11}(t-1) + 0,21Z_{11}(t-2) - 8,8 \times 10^{-3}(Z_6(t-1) + Z_9(t- \\
 &\quad 1)) - 0,014(Z_6(t-2) + Z_9(t-2))
 \end{aligned}$$

Model yang diperoleh selanjutnya dilakukan peramalan secara umum tanpa memperhatikan parameter-parameter yang signifikan. Semua parameter tersebut digunakan dalam setiap lokasi untuk melihat pola data hasil ramalan, sehingga dapat dibandingkan polanya dengan data sebenarnya. Fluktuasi data pada grafik hasil ramalan menggunakan bobot lokasi seragam tidak jauh dari fluktuasi yang tergambar pada grafik data asli banyaknya kasus Covid-19. Hal ini disimpulkan bahwa memang terdapat pengaruh waktu-waktu sebelumnya dan pengaruh setiap lokasi terhadap lokasi lainnya. Grafik hasil ramalan data banyaknya kasus Covid-19 di Kabupaten Luwu Timur untuk kesebelas lokasi dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6 Grafik hasil Prediksi Model dengan Bobot Lokasi Seragam

Sehingga diperoleh model STAR(2₁) untuk lokasi seragam adalah sebagai berikut:

$$Z_1(t) = 1,04Z_1(t - 1) + 1,7 \times 10^{-5}(Z_4(t - 1) + Z_5(t - 1) + Z_8(t - 1) + Z_9(t - 1) + Z_{10}(t - 1)) + 0,0011(Z_4(t - 2) + Z_5(t - 2) + Z_8(t - 2) + Z_9(t - 2) + Z_{10}(t - 2))$$

$$Z_3(t) = 0,3(Z_1(t - 1) + Z_5(t - 1) + Z_8(t - 1) + Z_9(t - 1))$$

$$Z_4(t) = 0,53Z_4(t - 1) - 0,54Z_4(t - 2)$$

$$Z_6(t) = -0,7Z_6(t - 2)$$

$$Z_8(t) = 0,03(Z_1(t - 1) + Z_3(t - 1) + Z_5(t - 1) + Z_7(t - 1) + Z_{10}(t - 1))$$

$$Z_9(t) = 1,21Z_9(t - 1) - 3,7 \times 10^{-5}(Z_1(t - 1) + Z_3(t - 1) + Z_4(t - 1) + Z_5(t - 1) + Z_6(t - 1) + Z_{11}(t - 1)) - 0,004(Z_1(t - 2) + Z_3(t - 2) + Z_4(t - 2) + Z_5(t - 2) + Z_6(t - 2) + Z_{11}(t - 2))$$

$$Z_{10}(t) = -2,10Z_{10}(t - 1)$$

$$Z_{11}(t) = 1,42Z_{11}(t - 1) - 8,8 \times 10^{-3}(Z_6(t - 1) + Z_9(t - 1)) - 0,014(Z_6(t - 2) + Z_9(t - 2))$$

8. Ramalan Jumlah Kasus Covid-19

Untuk mengetahui kondisi data banyaknya kasus covid-19 di sebelas lokasi pengamatan di Kabupaten Luwu Timur yang sebenarnya dengan data hasil ramalan menggunakan model STAR(2₁) dengan bobot lokasi seragam maka perlu dilakukan peramalan. Hasil ramalan pada dasarnya tidak harus pasti akan terjadi melainkan mencari jawaban sedekat mungkin terhadap kejadian yang akan terjadi.

Hasil peramalan perkembangan kasus Covid-19 lokasi di Kabupaten Luwu Timur dari bulan April sampai Agustus 2022 ditunjukkan pada Tabel 8.

Tabel 8 Hasil Ramalan Model STAR(2₁)

Lokasi	Bulan - Tahun					
	Maret 2022	April 2022	Mei 2022	Juni 2022	Juli 2022	Agustus 2022
Angkona	6	6	7	7	8	8
Burau	10	0	0	0	0	0
Kalaena	26	23	15	16	20	20
Malili	35	-30	-35	-2	18	11
Mangkutana	26	0	0	0	0	0
Nuha	160	-93	-112	65	78	-46
Tomoni	44	0	0	0	0	0
Tomoni Timur	10	4	-1	4	-6	15
Wasuponda	33	38	45	54	65	78
Wotu	27	-57	119	-250	526	-1106
Towuti	60	81	113	161	229	321

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut.

1. Data penyebaran Covid-19 di Kabupaten Luwu Timur dianalisis menggunakan model *Space Time Autoregressive* (STAR) dengan pembobot lokasi seragam yang terdiri dari melakukan statistika deskriptif, uji stasioneritas data, identifikasi orde deret waktu, menentukan orde spasial, menghitung pembobot lokasi dengan menggunakan pembobot lokasi seragam, estimasi parameter model, uji diagnostik model yang diperoleh, dan terakhir peramalan.

2. Model STAR (2₁) dapat digunakan untuk melakukan peramalan penyebaran kasus Covid-19 di Kabupaten Luwu Timur, dimana orde *time* 2 dan orde *space* 1. Model yang terbentuk untuk lokasi Angkona (Z₁), Kalena (Z₃), Malili (Z₄), Nuha (Z₆), Tomoni Timur (Z₈), Wasuponda (Z₉), Wotu (Z₁₀), Towuti (Z₁₁):

$$Z_1(t) = 1,04Z_1(t-1) + 1,7 \times 10^{-5}(Z_4(t-1) + Z_5(t-1) + Z_8(t-1) + Z_9(t-1) + Z_{10}(t-1)) + 0,0011(Z_4(t-2) + Z_5(t-2) + Z_8(t-2) + Z_9(t-2) + Z_{10}(t-2))$$

$$Z_3(t) = 0,3(Z_1(t-1) + Z_5(t-1) + Z_8(t-1) + Z_9(t-1))$$

$$Z_4(t) = 0,53Z_4(t-1) - 0,54Z_4(t-2)$$

$$Z_6(t) = -0,7Z_6(t-2)$$

$$Z_8(t) = 0,03(Z_1(t-1) + Z_3(t-1) + Z_5(t-1) + Z_7(t-1) + Z_{10}(t-1))$$

1))

$$Z_9(t) = 1,21Z_9(t-1) - 3,7 \times 10^{-5}(Z_1(t-1) + Z_3(t-1) + Z_4(t-1) + Z_5(t-1) + Z_6(t-1) + Z_{11}(t-1)) - 0,004(Z_1(t-2) + Z_3(t-2) + Z_4(t-2) + Z_5(t-2) + Z_6(t-2) + Z_{11}(t-2))$$

$$Z_{10}(t) = -2,10Z_{10}(t-1)$$

$$Z_{11}(t) = 1,42Z_{11}(t-1) - 8,8 \times 10^{-3}(Z_6(t-1) + Z_9(t-1)) -$$

$$0,014(Z_6(t-2) + Z_9(t-2))$$

3. Peramalan menggunakan model STAR (2₁) untuk setiap lokasi menghasilkan ramalan penyebaran kasus Covid-19 yang mengalami kenaikan dan penurunan kasus dari bulan ke bulan. Adapun lokasi yang tidak bisa dilakukan peramalan antara lain; Bura (Z₂), Mangkutana (Z₅), dan Tomoni (Z₇) karena setiap lokasi tidak memiliki parameter yang nyata untuk membentuk model.

DAFTAR PUSTAKA

- Anwar F, "Kasus Corona di Indonesia 19 Januari 2021 Tambah 10.365, Total 927.380," detikHealth, Selasa Januari 2021. [Online]. Available: <http://health.detik.com>. [Accessed Rabu Januari 2021].
- Daraputri S. 2015. Penerapan Model Generalized Space Time Pada Harga Gula Pasir di Pulau Jawa. *SKRIPSI*. Institut Pertanian Bogor.
- Ilham, 2017. Pemodelan Generalized Space Time Autoregressive (GSTAR) Penderita Penyakit ISPA di Kabupaten Jeneponto. *SKRIPSI*. Universitas Negeri Makassar.
- Montgomery, Douglass C, Chery LJennings, Murat Kulahci. 2008. *Introduction to Time Series Analysis and Forecasting*. New Jersey (US): John Wiley & Sons, Inc.
- Prasetya, Andhika, "2 WNI Terdeteksi Virus corona sejak Minggu 1 Maret," detikNews, 02 03 2020. [Online]. Available:

<http://m.detik.com/news/berita/d-4921/2-wni-terdeteksi-positif-corona-sejak-minggu-1-maret>. [Accessed 23 07 2020].

- Purnomo F. S. 2015. Penggunaan Metode ARIMA (*Autoregressive integrated Moving Average*) untuk Prakiraan Beban Konsumsi Listrik Jangka Pendek (Short Term Forecasting), *SKRIPSI*. Universitas Negeri Semarang
- Rahman, S.P.H. 2013. Metode Analisis harga pangan. Pusat Analisis Sosial Ekonomi dan kebijakan pertanian. Bogor
<http://ketapang.deliserdangkab.go.id/2013/02/26/metode-analisis-harga-pangan.html> [Accessed 30 Mei 2013].
- Retnaningrum, 2015. Penerapan Model STAR (Space Time Autoregressive) dan ARIMA (Autoregressive Integrated Moving Average) untuk Peramalan Data Curah Hujan di Kab Jember. *SKRIPSI*. Universitas Jember.
- Santoso, S. (2009). *Bussiness*. PT. Elex Media Komputindo.
- Suhartini. 2007. Peramalan dengan Model ARCH. *SKRIPSI*. Universitas Sanata Dharma.
- Suryamah E, Ruchjana BN, Joebaedi. 2013. Kajian Matriks Bobot Lokasi Model Space Time Autoregresi (STAR). *Jurnal Matematika Integratif* (vol. 9 No. 2, pp. 119 130) Jurusan Matematika, Fakultas MIPA, Universitas Padjadjaran.
- Talungke Y, Nainggolan N. Hatidja D, 2015. Model Generalized Space Time Autoregresi (GSTAR) dengan analisis data menggunakan software. Program studi Matematika, FMIPA, UNSRAT Manado (Vol. 4 No. 2 September 2015)
- WHO, "WHO Director-General's opening remarks at the media briefing on COVID-19 - 11 March 2020," 11 march 2020. [Online]. Available: <https://www.who.int/dg/speeches/detail/who-director-general-s-opening-remarks-at-the-media-briefing-on-covid-19---11-march-2020>. [Accessed 12 march 2020]
- Yuliana, "Corona Virus Diseases (Covid-19); Sebuah Tinjauan Literatur," *Wellness and Healthy Magazine* , vol. 2, no. 1, pp. 187-192, 2020.