

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini akan dijelaskan tentang inflasi, disagregasi inflasi dan peta pembagian wilayah survey biaya hidup dan inflasi di Jawa Timur yang dapat dilihat pada sub bab 2.1, 2.2, dan 2.3. Kemudian mengenai data spasial dan model data spasial pada sub bab 2.4 dan 2.5. Selanjutnya dijelaskan mengenai konsep dasar deret waktu, kestasioneran deret waktu, dan deret waktu multivariat yang dapat dilihat pada sub bab 2.6 dan 2.7.

Langkah awal dalam menganalisis data deret waktu adalah melakukan pengujian stasioneritas terhadap data yang diamati, dalam hal ini stasioneritas dilakukan pada model deret waktu multivariat melalui uji Augmented Dickey Fuller (ADF) dan MACF yang dijelaskan pada sub-sub bab 2.8.1. Setelah pengujian stasioneritas dilakukan dan data dianggap stasioner maka selanjutnya mengidentifikasi model GSTAR dengan menentukan orde waktu pada model GSTAR yang dijelaskan pada sub-sub bab 2.8.2, 2.8.3, dan 2.8.4.

GSTAR merupakan metode yang digunakan untuk meramalkan data deret waktu dan lokasi. Hal ini menandakan lokasi juga berperan penting dalam analisis GSTAR, oleh karena itu diperlukan adanya bobot lokasi yang digunakan untuk menggambarkan keterkaitan lokasi pada suatu data deret waktu. Bobot lokasi pada model GSTAR yang dapat digunakan dalam penelitian ini adalah bobot biner yang dijelaskan pada sub-sub bab 2.8.5. Setelah mendapatkan bobot lokasi, langkah selanjutnya adalah melakukan pendugaan atau mengestimasi parameter model GSTAR menggunakan metode *least square* yang dapat dilihat pada sub-sub bab 2.8.6. Selanjutnya untuk mengetahui model GSTAR yang sesuai dan model GSTAR terbaik untuk melakukan peramalan maka perlu dilakukan diagnosis model GSTAR yang dijelaskan pada sub-sub bab 2.8.7.

2.1 Inflasi

Inflasi adalah suatu keadaan meningkatnya harga-harga secara umum dan terus-menerus (kontinu), akibat tidak seimbangnya arus barang dan arus uang. Inflasi dapat disebabkan oleh berbagai faktor, antara lain, konsumsi masyarakat yang meningkat, berlebihnya likuiditas di pasar yang memicu konsumsi atau bahkan spekulasi, atau adanya ketidaklancaran distribusi barang. Kenaikan harga dari satu atau dua barang saja tidak dapat disebut inflasi kecuali bila kenaikan itu meluas (atau mengakibatkan kenaikan) kepada barang lainnya. Kebalikan dari inflasi disebut deflasi (Kadir, dkk, 2008).

Boediono (1985) mengklasifikasikan inflasi berdasarkan parah tidaknya inflasi menjadi:

1. Inflasi ringan, yaitu inflasi yang mencapai kurang dari 10%
2. Inflasi sedang, yaitu inflasi berkisar antara 10% - 30% setahun
3. Inflasi berat, yaitu inflasi berkisar antara 30% - 100% setahun
4. Hiperinflasi, yaitu inflasi yang mencapai lebih dari 100% setahun

Inflasi yang ringan akan berpengaruh positif terhadap perekonomian yang lebih baik, yaitu meningkatkan pendapatan nasional dan membuat orang bersemangat untuk bekerja, menabung dan mengadakan investasi. Sebaliknya, semakin besar atau semakin tinggi laju inflasi hingga inflasi tersebut tak terkendali (hiperinflasi) maka keadaan perekonomian menjadi tidak stabil. Akibatnya orang menjadi tidak bersemangat untuk bekerja, menabung, atau mengadakan investasi dan produksi karena harga meningkat dengan cepat (Kadir, dkk, 2008).

Inflasi juga dapat menguntungkan produsen apabila pendapatan yang diperoleh lebih tinggi daripada kenaikan biaya produksi, sehingga produsen akan terdorong untuk melipatgandakan produksinya. Namun, apabila inflasi menyebabkan naiknya biaya produksi hingga merugikan produsen, maka produsen akan menghentikan produksinya untuk sementara waktu bahkan dimungkinkan akan bangkrut.

Dengan demikian, inflasi juga dapat mengakibatkan berkurangnya investasi di suatu negara, mendorong kenaikan suku bunga, mendorong penanaman modal yang bersifat spekulatif, kegagalan pelaksanaan pembangunan, ketidakstabilan ekonomi, defisit neraca pembayaran, dan merosotnya tingkat kehidupan dan kesejahteraan masyarakat (Kadir, dkk, 2008).

Sebaliknya, deflasi dapat menyebabkan menurunnya perediaan uang di masyarakat dan akan menyebabkan depresi besar dan juga mengakibatkan pasar investasi (saham) akan mengalami ketidakstabilan. Hal ini dikarenakan harga barang mengalami penurunan, sehingga konsumen memiliki kemampuan untuk menunda belanja mereka lebih lama dengan harapan harga barang akan turun lebih jauh. Akibatnya, perekonomian akan melambat. Deflasi juga mengakibatkan banyak pekerja mengalami PHK karena pemilik bisnis tidak sanggup membayar gaji karyawannya. Dengan demikian pendapatan yang diterima masyarakat menjadi sedikit dan jumlah uang yang beredar di masyarakat semakin berkurang (Kadir, dkk, 2008).

Dari sisi investasi, deflasi juga mengakibatkan tidak stabilnya investasi di sektor riil maupun di lantai bursa. Hal ini berakibat langsung terhadap melemahnya perekonomian dikarenakan tidak ada lagi aktivitas bisnis yang berjalan. Suku bunga pun menjadi nol persen yang diikuti juga dengan turunnya suku bunga pinjaman di bank. (Kadir, dkk, 2008).

Demand pull inflation disebabkan oleh tingginya permintaan barang dan jasa relatif terhadap ketersediaannya. Sementara, faktor ekspektasi inflasi dipengaruhi oleh perilaku masyarakat dan pelaku ekonomi dalam menggunakan ekspektasi angka inflasi dalam keputusan kegiatan ekonominya. Ekspektasi inflasi bisa lebih cenderung bersifat adaptif atau *forward looking*. Hal ini tercermin dari perilaku pembentukan harga di tingkat produsen dan pedagang terutama pada saat menjelang hari-hari besar keagamaan dan penentuan upah minimum regional (UMR). Walaupun secara umum ketersediaan barang diperkirakan mencukupi dalam mendukung kenaikan permintaan, namun harga barang dan jasa pada kondisi hari raya keagamaan meningkat lebih tinggi dari kondisi *supply-demand* tersebut. Dengan demikian, pada saat penentuan UMR, pedagang turut meningkatkan harga barang walaupun kenaikan upah tidak terlalu signifikan dalam mendorong peningkatan permintaan (Kadir, dkk, 2008).

Nilai inflasi umumnya merupakan nilai pertumbuhan Indeks Harga Konsumen (IHK) dalam dimensi waktu bulanan (*month-to-month*), kuartalan (*quarter-to-quarter*), dan tahunan (*year-on-year*). IHK merupakan suatu indeks yang menggambarkan perkembangan harga beberapa jenis barang atau jasa yang terjadi setelah tahun dasar. Sedangkan perhitungan IHK dilakukan berdasarkan survey



harga konsumen di beberapa kota di Jawa Timur. Pencacahan data harga konsumen mencakup jenis barang dan jasa hasil Survey Biaya Hidup (SBH) dengan kualitas atau merk yang banyak dikonsumsi oleh masyarakat di kota yang bersangkutan dan diperoleh dari responden (pedagang eceran) (BPS, 2011).

Indeks Harga Konsumen (IHK) merupakan hasil perbandingan nilai konsumsi pada bulan berjalan dengan nilai konsumsi dasar hasil SBH. Angka indeks ini sebagai dasar perhitungan inflasi. Formula indeks yang digunakan untuk menghitung IHK masing-masing kota menggunakan formula Laspeyres berikut ini:

$$\frac{\sum P_{ti} Q_{0i}}{\sum P_{(t-1)i} Q_{0i}} \quad (2.1)$$

di mana:

- IHK_t = Indeks harga konsumen periode ke-t
- P_{ti} = Harga jenis barang i pada periode ke-t
- $P_{(t-1)i}$ = Harga jenis barang i pada periode ke-(t-1)
- $P_{(t-1)i} Q_{0i}$ = Nilai konsumsi jenis barang i pada periode ke-(t-1)
- $P_{0i} Q_{0i}$ = Nilai konsumsi jenis barang i pada periode ke-(t-1)
- K = Banyaknya jenis barang paket komoditas kota yang bersangkutan

Sedangkan formula perhitungan inflasi adalah sebagai berikut :

$$\frac{I_t - I_{t-1}}{I_{t-1}} \quad (2.2)$$

di mana:

- LI_t = Laju inflasi periode ke-t
- I_t = IHK periode ke-t
- I_{t-1} = IHK periode ke-t-1

2.2 Disagregasi Inflasi

Disagregasi inflasi merupakan pengelompokan berdasarkan tiga kategori inflasi di antaranya inflasi inti (*core inflation*), yaitu inflasi yang cenderung menetap atau persisten didalam pergerakan inflasi dan dipengaruhi oleh faktor fundamental, misalnya interaksi permintaan dan penawaran, nilai tukar, ekspor-impor, dll; inflasi

komponen bergejolak (inflasi *volatile food*), yaitu inflasi komponen harga yang bergejolak yang berasal dari bahan makanan; dan inflasi komponen harga yang diatur pemerintah (inflasi *administered price*), yaitu inflasi komponen harga yang berasal dari kebijakan pemerintah seperti BBM, tarif listrik, dll (Printaningrum, Agustus 2011. *Personal Communication*).

Kadir, dkk, (2008) menyebutkan bahwa di Indonesia, disagegasi inflasi IHK tersebut dikelompokkan menjadi:

1. Inflasi Inti (*Core Inflation*)

Inflasi inti yaitu komponen inflasi yang cenderung menetap atau persisten (*persistent component*) di dalam pergerakan inflasi dan dipengaruhi oleh faktor fundamental, seperti:

- a. Interaksi permintaan-penawaran
- b. Lingkungan eksternal: nilai tukar, harga komoditas internasional, inflasi mitra dagang
- c. Ekspektasi Inflasi dari pedagang dan konsumen

Formula perhitungan inflasi kelompok inflasi inti (*core inflation*) adalah sebagai berikut :

$$(2.3)$$

di mana:

$LI_{CI(t)}$ = Laju inflasi kelompok *Core Inflation* periode ke-t

$I_{CI(t)}$ = IHK kelompok *Core Inflation* periode ke-t

$I_{CI(t-1)}$ = IHK kelompok *Core Inflation* periode ke-t-1

2. Inflasi Non Inti

Inflasi non inti yaitu komponen inflasi yang cenderung tinggi volatilitasnya karena dipengaruhi oleh selain faktor fundamental. Komponen inflasi non inti terdiri dari :

a. Inflasi Komponen Bergejolak (*Volatile food*)

Inflasi yang dominan dipengaruhi oleh *shocks* (kejutan) dalam kelompok bahan makanan seperti panen, gangguan alam, atau faktor perkembangan harga komoditas pangan domestik maupun perkembangan harga komoditas pangan internasional.

Formula perhitungan inflasi kelompok komponen bergejolak (*Volatile Food*) adalah sebagai berikut :

(2.4)

di mana:

$LI_{VF(t)}$ = Laju inflasi kelompok *Volatile Food* periode ke-t

$I_{VF(t)}$ = IHK kelompok *Volatile Food* periode ke-t

$I_{VF(t-1)}$ = IHK kelompok *Volatile Food* periode ke-t-1

**b. Inflasi Komponen Harga yang diatur Pemerintah
(Administered Prices)**

Inflasi yang dominan dipengaruhi oleh *shocks* (kejutan) berupa kebijakan harga Pemerintah, seperti harga BBM bersubsidi, tarif listrik, tarif angkutan, dll.

Formula perhitungan inflasi kelompok inflasi inti (core inflation) adalah sebagai berikut:

(2.5)

di mana:

$LI_{AP(t)}$ = Laju inflasi kelompok *Administered Price* periode ke-t

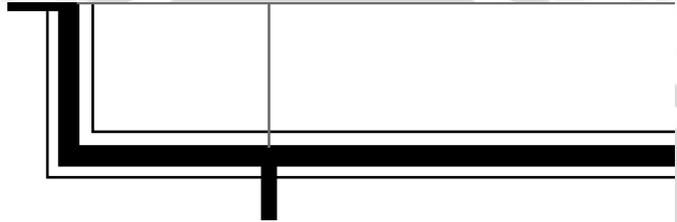
$I_{AP(t)}$ = IHK kelompok *Administered Price* periode ke-t

$I_{AP(t-1)}$ = IHK kelompok *Administered Price* periode ke-t-1

(Kadir, dkk, 2008)

2.3 Peta Provinsi Jawa Timur

Peta Provinsi Jawa Timur berdasarkan pembagian wilayah survey biaya hidup dan inflasi ditampilkan dalam pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Peta Profinsi Jawa Timur (Sumber : BPS Surabaya)

2.4 Data Spasial

Data spasial merupakan data pengukuran yang memuat suatu informasi lokasi. Data spasial memiliki sistem koordinat tertentu sebagai dasar referensinya sehingga menurut Budiyanto (2009) informasi geografis dalam data berisi empat komponen pokok yaitu:

1. Komponen posisi geografis

Komponen ini berupa sistem koordinat geografis berbasis pada model matematis yang dapat ditransformasikan pada sistem yang lain. Koordinat geografis menunjukkan lokasi fenomena yang sering digambarkan dengan koordinat kartesius, *easting-northing*, ataupun *latitude-longitude*.

2. Komponen spasial

Komponen spasial merupakan suatu hubungan topologis antar komponen dari entitas data spasial seperti hubungan antara titik dengan titik, titik dengan garis, titik dengan area, garis dengan garis, garis dengan area, dan area dengan area yang lainnya. Hubungan ini menjelaskan posisi relatif suatu fenomena, kaitan sebab akibat fenomena, arah, keterkaitan, dan lain-lain.

3. Komponen atribut

Komponen atribut merupakan data deskriptif dari sebuah obyek data spasial. Komponen atribut ini dapat berupa data tabular, data deskriptif (seperti laporan dan sensus), gambar, grafik, bahkan foto atau data video. Atribut memberikan penjelasan mengenai kualitas dan kuantitas fenomena.

4. Komponen waktu

Komponen waktu merupakan informasi fenomena antar waktu dari data spasial tersebut. Fenomena dijelaskan dengan perbandingan fenomena yang sama dalam waktu yang berbeda, dari satu waktu ke waktu yang lainnya. Komponen ini memberikan penjelasan mengenai berbagai kemungkinan perubahan dan perkembangan kualitas ataupun kuantitas data spasial.

Pemetaan adalah suatu proses penyajian informasi muka bumi yang fakta (dunia nyata), baik bentuk permukaan buminya maupun sumbu alamnya, berdasarkan skala peta, sistem proyeksi peta, serta simbol-simbol dari unsur muka bumi yang disajikan. Kemajuan di bidang teknologi khususnya di bidang komputer mengakibatkan suatu peta bukan hanya dalam bentuk nyata (pada selembar kertas, *real maps*, atau *hardcopy*), tetapi juga dapat disimpan dalam bentuk

digital, sehingga dapat disajikan pada layar monitor yang dikenal dengan peta maya (*Virtualmaps atau softcopy*).

2.5 Model Data Spasial

Anselin (1988) menjelaskan hukum pertama geografi yang dikemukakan oleh Tobler, menyatakan bahwa segala sesuatu saling berhubungan satu dengan yang lainnya, tetapi sesuatu yang dekat lebih mempunyai pengaruh daripada sesuatu yang jauh. Hukum tersebut merupakan dasar pengkajian permasalahan berdasarkan efek lokasi atau metode spasial.

Pemodelan spasial yang mengakomodir pengaruh waktu dan lokasi diantaranya *Space-Time Autoregressive (STAR)*, *Generalized Space-Time Autoregressive (GSTAR)*, *Spatial Autoregressive Model (SAR)*, *Spatial Error Model (SEM)*, *Conditional Autoregressive Model (CAR)*, dan *Spatial Autoregressive Moving Average (SARMA)*.

2.6 Konsep Dasar Deret Waktu

Deret waktu adalah suatu pengamatan yang disusun berdasarkan urutan waktu kejadian dengan interval waktu yang sama dan diasumsikan saling bebas satu sama lain. Jadi model deret waktu adalah suatu model di mana observasi yang satu dengan yang lain saling berkorelasi (Box dan Jenkins, 1976).

Makridakis dkk (1999) menjelaskan bahwa data deret waktu yang dikumpulkan secara periodik berdasarkan urutan waktu (harian, mingguan, bulanan, kuartalan dan tahunan) dapat dianalisis menggunakan metode analisis deret waktu. Analisis data deret waktu tidak hanya dapat dilakukan untuk satu variabel (*Univariate*) tetapi juga bisa untuk beberapa variabel (*Multivariate*).

2.7 Kestasioneran Deret Waktu

Model stasioner merupakan model di mana ragam dan rata-rata suatu data deret waktu tidak berubah dengan pergeseran waktu atau dengan kata lain mempunyai ragam dan rata-rata yang konstan sepanjang waktu.

Terdapat 2 jenis kestasioneran yaitu *strictly stationary* (kestasioneran kuat) dan *weakly stationary* (kestasioneran lemah). Suatu data mempunyai sifat *strictly stationary* apabila mempunyai rata-rata μ , varian σ^2 dan kovarian yang tidak tergantung terhadap waktu pengamatan. Sedangkan suatu data mempunyai sifat *weakly*

stationary apabila hanya nilai rata-rata μ dan kovarian yang tidak tergantung terhadap waktu pengamatan, atau dapat ditulis sebagai berikut (Cryer, 1986):

1. $E\{Z_t\} = \mu$
2. $\text{Var}\{Z_t\} = E[Z_t - \mu]^2 = \sigma^2$
3. $\text{Cov}\{Z_t, Z_{t+k}\} = E\{[Z_t - \mu][Z_{t+k} - \mu]\} = \dots$ untuk setiap t dan k .

Kestasioneran pada rata-rata dapat dilakukan melalui pengujian terhadap ada tidaknya akar unit (*unit root*) dalam variabel dengan uji *Augmented Dickey Fuller* (ADF). Untuk memudahkan pengertian mengenai *Dickey-Fuller test* dalam uji *unit root*, misalnya model *Autoregressive* (1)/AR(1):

(2.6)

Jika persamaan tersebut dikurangi pada sisi kanan dan kiri, maka persamaannya menjadi:

(2.7)

di mana
 dari persamaan (2.6) dapat dibuat hipotesis:
 (data tidak stasioner)
 (data stasioner)

Statistik uji yang digunakan adalah:

(2.8)

di mana $\hat{\alpha}$ = nilai duga parameter *autoregressive* (AR)
 $\hat{\sigma}$ = *standard error*

Keterangan :
 $\hat{\alpha}$: sisaan
 $\hat{\sigma}$: standart deviasi
 n : banyak pengamatan

berdasarkan Tabel *Dickey-Fuller* dengan kriteria uji:

- Jika $\rho = 1$ maka H_0 diterima yang berarti deret data tidak stasioner
 - Jika $\rho < 1$ maka H_0 ditolak yang berarti deret data stasioner.
- Pada $\rho = 1$, jika p -value kurang dari α maka H_0 ditolak, artinya deret stasioner, sedangkan penerimaan H_0 menunjukkan bahwa deret tidak stasioner, sehingga perlu dilakukan *differencing* (Harris dan Sollis, 2003).

Menurut Hanke, dkk., (2003), apabila data tidak stasioner pada rata-rata perlu dikonversikan menjadi deret stasioner melalui *differencing* (pembedaan), yaitu deret asli diganti dengan deret selisih. Jumlah *differencing* yang dilakukan untuk mencapai stasioner dinotasikan sebagai d . Bentuk pembedaan pertama ($d = 1$) adalah sebagai berikut :

$$\nabla Z_t = Z_t - Z_{t-1} \quad (2.9)$$

Sedangkan bentuk pembedaan kedua ($d = 2$) adalah sebagai berikut:

$$\nabla^2 Z_t = \nabla Z_t - \nabla Z_{t-1} \quad (2.10)$$

di mana:

- Z_t : pengamatan pada periodewaktu ke-t
- Z_{t-1} : pengamatan pada periode waktu ke-t-1
- ∇Z_t : data hasil pembedaan pertama pada periode waktu ke-t
- ∇Z_{t-1} : data hasil pembedaan pertama pada periode waktu ke-t-1
- $\nabla^2 Z_t$: data hasil pembedaan kedua pada periode waktu ke-t

Proses pembedaan dilakukan sampai data hasil pembedaan menunjukkan kondisi stasioner pada rata-rata dan autokorelasi sampel menghilang agak cepat (menurun secara eksponensial).

2.8 Data Deret Waktu Multivariat

Data deret waktu multivariat merupakan data deret waktu yang terdiri dari beberapa variabel. Identifikasi model multivariat ini hampir sama dengan identifikasi model deret waktu univariat. Dalam melakukan identifikasi pada model deret waktu multivariat didasar-

kan pada struktur matriks fungsi korelasi (MACF) dan matriks fungsi korelasi parsial (MPACF) (Wei, 2006).

2.8.1 Stasioneritas Model Deret Waktu Multivariat

Kestasioneran data pada model deret waktu multivariat dapat dilihat melalui plot MACF. Plot MACF yang turun secara lambat mengindikasikan data belum stasioner pada rata-rata sehingga perlu dikonversikan menjadi deret stasioner melalui *differencing* (pembedaan).

2.8.2 Matrix Autocorrelation Function (MACF)

Suatu *vector times series* sebanyak n pengamatan Z_1, Z_2, \dots, Z_n matriks korelasi dirumuskan sebagai berikut (Wei, 2006) :

$$(2.11)$$

di mana adalah korelasi silang untuk komponen deret ke- i dan ke- j yaitu :

$$(2.12)$$

Dengan dan adalah rata-rata dari deret komponen yang bersesuaian.

Wei (2006) mengatakan bahwa untuk menjelaskan korelasi sampel, menggunakan simbol yang dinotasikan dengan (+), (-), dan (.) pada matriks sampel ke (i,j). Simbol (+) menyatakan lebih dari 2 kali kesalahan standar dan menunjukkan adanya korelasi positif. Simbol (-) menyatakan kurang dari -2 kali kesalahan standar dan menunjukkan adanya korelasi negatif. Dan simbol (.) menyatakan berada diantara ± 2 kali *standard error* dan menunjukkan tidak adanya korelasi positif.

2.8.3 Matrix Partial Autocorrelation Function (MPACF)

Penentuan orde model GSTAR dapat dilakukan dengan memeriksa skema matriks korelasi silang (MACF) dan skema matriks korelasi silang parsial (MPACF).

Fungsi MPACF (*Matrix Partial Autocorrelation Function*) digunakan untuk mengidentifikasi orde *autoregressive* (AR). Korelasi antara Z_t dengan Z_{t+k} dapat diketahui dependensi linear pada variabel $Z_{t+1}, Z_{t+2}, \dots, Z_{t+k-1}$. Persamaan *Matrix Partial Autocorrelation Function* (MPACF) yaitu :

(2.13)

Nilai korelasi silang maupun korelasi silang parsial dari lag-lag yang berada diluar batas (nyata), dipilih sebagai orde model GSTAR.

2.8.4 Model GSTAR (*Generalized Space-Time Autoregressive*)

Lopuhaa (2002) menyatakan jika $\{Z_t; t = 0, \pm 1, \pm 2, \dots\}$ merupakan suatu deret waktu multivariat dari N komponen maka model *Space Time Autoregressive* (STAR) dengan orde waktu p dan orde spasial $\lambda_1, \dots, \lambda_p$ atau STAR ($p_{\lambda_1, \dots, \lambda_p}$) adalah

(2.14)

Dengan :

- λ_s : orde spasial dari bentuk *autoregressive* orde ke-s
- ϕ_{sk} : parameter STAR pada lag waktu s dan lag spasial k
- $W^{(k)}$: matriks bobot berukuran (NxN) pada lag spasial k=0,1,..., λ_s
- e_t : vektor *residual* berukuran (Nx1)
- Z_t : vektor acak berukuran (Nx1) pada waktu t

Model STAR($p_{\lambda_1, \dots, \lambda_p}$) berasal dari model autoregresif orde p (AR(p)) dari Box-Jenkins dan model spasial. Dalam model STAR pengaruh tetangga terdekat pada suatu spasial lag tertentu melalui penggunaan bobot. Spasial lag (k) adalah lag dari suatu lokasi ke semua tetangga di sekitarnya pada jarak yang sama.

Model GSTAR merupakan model yang lebih dinamis sebagai generalisasi dari model STAR. Perbedaan utama model GSTAR (p_1) dengan model STAR($p_{\lambda_1, \dots, \lambda_p}$) terletak pada parameter ϕ_{sk} . Pada

model STAR($p_{\lambda_1, \dots, \lambda_p}$) nilai parameter ϕ_{sk} diasumsikan sama untuk semua lokasi, sedangkan pada model GSTAR($p_{\lambda_1, \dots, \lambda_p}$) nilai parameter ϕ_{sk} pada spasial lag yang sama antar lokasi bisa sama ataupun berlainan.

Model GSTAR ($p_{\lambda_1, \dots, \lambda_p}$) dengan orde waktu p dan orde spasial λ_s adalah sebagai berikut :

(2.15)

di mana,

- Φ_{sk} : $\text{diag}(\phi_{sk}^{(1)}, \dots, \phi_{sk}^{(N)})$
- λ_s : orde spasial dari bentuk *autoregressive* orde ke- s
- $\mathbf{W}^{(k)}$: matriks bobot berukuran $(N \times N)$ pada lag spasial $k=0, 1, \dots, \lambda_s$
- \mathbf{e}_t : vektor *residual* berukuran $(N \times 1)$
- \mathbf{Z}_t : vektor acak beberapa lokasi berukuran $(N \times 1)$ pada waktu t

2.8.5 Bobot Lokasi Biner (*Binary*)

Lesage (1999) menjelaskan bahwa hubungan antara dua kota yang secara geografis bertetangga didefinisikan sebagai $w_{ij} = 1$, sedangkan jika tidak bertetangga maka didefinisikan sebagai $w_{ij} = 0$. Berikut ini adalah matriks untuk 7 lokasi, di antaranya (1) Surabaya, (2) Malang, (3) Kediri, (4) Jember, (5) Sumenep, (6) Probolinggo, (7) Madiun.

Kemudian matriks diatas distandarisasi dalam bentuk w_{ij}^* untuk mendapatkan $\sum_{i \neq j} w_{ij}^{(k)}$, sehingga matriks w_{ij}^* adalah sebagai berikut

2.8.6 Pendugaan Parameter pada Model GSTAR

Model GSTAR merupakan model linier dan parameter *autoregressive* dari model GSTAR dapat diduga menggunakan metode *least square* (Borovkova et al., 2008). Misalkan model dengan orde *autoregressive*, $p=1$ dan orde spasial $\lambda_p=1$ atau model GSTAR(1₁),

$$(2.16)$$

di mana $Z(t)$ menyatakan observasi pada waktu $t=1,2,\dots,T$ di lokasi $i=1,2,\dots,N$ dengan parameter *autoregressive* ϕ_{0i} dan spasial ϕ_{1i} di mana w_{ij} menyatakan bobot lokasi i terhadap lokasi j . Model GSTAR(1₁) dinyatakan dalam persamaan sebagai berikut :

$$Z_t = AZ_{t-1} + e_t \quad (2.17)$$

dengan $A = \Phi_0 + \Phi_1 W$ dengan Φ_0 dan Φ_1 merupakan matriks diagonal atas parameter autoregresi untuk waktu dan lokasi, dan W merupakan matriks pembobot.

Persamaan untuk lokasi ke- i dapat ditulis sebagai $Y_i = X_i \beta_i + u_i$ dengan $\beta_i = (\Phi_0 \ \Phi_1)^t$.

Di mana

untuk $t=0,1,2,\dots$,

Sehingga model untuk semua lokasi secara simultan mengikuti model linier $Y = X\beta + u$ dengan $Y = (Y_1, \dots, Y_N)$, $X = \text{diag}(X_1, \dots, X_N)$, $\beta = (\beta_1, \dots, \beta_N)$ dan $u = (U_1, \dots, U_N)$. Selain dapat diestimasi secara simultan, juga dapat diestimasi secara parsial pada masing-masing lokasi namun tetap bergantung pada nilai $Z(t)$ di lokasi yang lain.

Untuk mengestimasi parameter model GSTAR(1₁) di 7 lokasi secara parsial maka persamaan (2.14) dijabarkan dalam bentuk matriks berikut (Wutsqa, dkk, 2010) :

di mana

$$\begin{aligned}
 V_1(t-1) &= w_{12}Z_2(t-1) + w_{13}Z_3(t-1) + w_{14}Z_4(t-1) + \dots + w_{17}Z_7(t-1) \\
 V_2(t-1) &= w_{21}Z_1(t-1) + w_{23}Z_3(t-1) + w_{24}Z_4(t-1) + \dots + w_{27}Z_7(t-1) \\
 V_3(t-1) &= w_{31}Z_1(t-1) + w_{32}Z_2(t-1) + w_{34}Z_4(t-1) + \dots + w_{37}Z_7(t-1) \\
 V_4(t-1) &= w_{41}Z_1(t-1) + w_{42}Z_2(t-1) + w_{43}Z_3(t-1) + \dots + w_{47}Z_7(t-1) \\
 V_5(t-1) &= w_{51}Z_1(t-1) + w_{52}Z_2(t-1) + w_{53}Z_3(t-1) + \dots + w_{57}Z_7(t-1) \\
 V_6(t-1) &= w_{61}Z_1(t-1) + w_{62}Z_2(t-1) + w_{63}Z_3(t-1) + \dots + w_{67}Z_7(t-1) \\
 V_7(t-1) &= w_{71}Z_1(t-1) + w_{72}Z_2(t-1) + w_{73}Z_3(t-1) + \dots + w_{76}Z_7(t-1)
 \end{aligned}$$

Untuk menduga parameter model GSTAR(1₁) di 7 lokasi secara simultan maka persamaan $\mathbf{Y}_i = \mathbf{X}_i\boldsymbol{\beta}_i + \mathbf{e}_i$, dijabarkan dalam bentuk matriks berikut,

$$\begin{array}{ccc}
 \mathbf{Y} & \mathbf{X} & \boldsymbol{\beta} \quad \mathbf{e} \\
 \mathbf{Y}_{(N \times 1)} & \mathbf{X}_{(N \times p)} & \boldsymbol{\beta}_{(p \times 1)} \quad \mathbf{e}_{(N \times 1)}
 \end{array}$$

Pada model *Generalized Space Time Autoregressive* (GSTAR) tersebut, Y dan e adalah vektor acak berukuran Nx1. Vektor Y adalah vektor variabel respon dan e adalah vektor acak dari residual. Vektor $\boldsymbol{\beta}$ adalah vector koefisien GSTAR berukuran px1 dan merupakan parameter yang tidak diketahui, sedangkan X adalah matriks variabel prediktor yang berukuran Nx_p. Berdasarkan matriks tersebut, nilai

dugaan untuk $\beta = (\phi_{10}, \phi_{20}, \dots, \phi_{70}, \phi_{11}, \phi_{21}, \dots, \phi_{71})$ dapat dihitung menggunakan metode *least square* dengan proses berikut (Myers and Milton, 1991),

Dalam menduga $\beta = (\phi_{10}, \phi_{20}, \dots, \phi_{70}, \phi_{11}, \phi_{21}, \dots, \phi_{71})$ maka diharapkan residual memiliki nilai yang minimum, sehingga berdasarkan syarat minimum fungsi diperoleh sebagai berikut (pressini, *et al*, 1988),

Sehingga didapatkan persamaan normal berikut,

(2.18)

2.8.7 Diagnosis model GSTAR

Diagnosis model GSTAR bertujuan untuk menentukan model GSTAR yang sesuai yaitu terpenuhinya asumsi kenormalan residual dan *white noise*. Model GSTAR dapat dikatakan baik apabila residual dari model memenuhi asumsi normalitas dan *white noise*.

a. Uji normalitas residual

Residual yang dihasilkan oleh model GSTAR dikatakan mengikuti distribusi normal jika plot yang dihasilkan membentuk pola garis lurus di mana kelengkungan menunjukkan penyimpangan kenormalan. Untuk mendeteksi kenormalan residual dapat menggunakan uji Kolmogorov-Smirnov, yaitu dengan cara menstandarisasikan sampel kemudian membandingkannya dengan distribusi normal (Chakravarti, Laha, dan Roy, 1967). Hipotesis yang diuji dalam Kolmogorov-Smirnov adalah

H_0 = residual menyebar normal
 H_1 = residual tidak menyebar normal
 Statistik uji :

$$D_n = \text{Maks}/F_n(x) - F_0(x) \quad (2.19)$$

di mana,

D_n : Jarak tengah maksimum antara fungsi sebaran empiris $F_n(x)$ dengan fungsi sebaran normal $F_0(x)$.
 $F_0(x)$: Sebaran kumulatif normal
 $F_n(x)$: Sebaran kumulatif sampel
 $D_n(\alpha)$: Titik kritis dari uji Kolmogorov-Smirnov
 Residual dikatakan menyebar normal apabila $D_n < D_n(\alpha)$ (Daniel, 1995).

b. Uji *white noise*

Selain *residual* yang dihasilkan oleh model GSTAR menyebar normal, *residual* juga diasumsikan bersifat *white noise*, artinya *residual* dari masing-masing data saling bebas. Plot MACF selain digunakan untuk menguji kestasioneran juga dapat digunakan untuk mendeteksi *white noise residual* (Wei, 2006).

H_0 = residual bersifat *white noise*
 H_1 = residual tidak bersifat *white noise*

Statistik uji :

$$(2.20)$$

di mana,

n : banyaknya residual
 r_{ij} : korelasi antara variabel i dan variabel j pada lag ke- s
 m : banyak lokasi

Setelah melakukan pengujian asumsi residual dari model GSTAR, selanjutnya melakukan pemilihan model terbaik. Metode yang digunakan untuk pemilihan model terbaik menggunakan *Akaike's Information Criterion* (AIC), sedangkan ketepatan pemo-

delan GSTAR menggunakan *Mean Absolute Deviation (MAD)* dan *Root Mean Square Error (RMSE)*.

a. *Akaike's Information Criterion (AIC)*

Wei (2008) menjelaskan bahwa AIC adalah salah satu kriteria pemilihan model yang mempertimbangkan banyaknya parameter dalam model. AIC dirumuskan menjadi :

$$(2.21)$$

di mana,

: matriks taksiran kovarian *residual* dari model VAR(p)

T : jumlah *residual*

K : merupakan jumlah variabel.

b. *Mean Absolute Deviation (MAD)*

Hasil ramalan yang optimal apabila menghasilkan kesalahan yang minimum. Levy and Lemeshow (1991) menjelaskan bahwa untuk mengukur ketepatan nilai prediksi dapat dilihat melalui nilai MAD atau RMSE. Simpangan rata-rata multak atau *mean absolute deviation (MAD)* merupakan metode alternatif dalam mengevaluasi suatu teknik peramalan. Apabila kesalahan atau residual sangat kecil maka nilai MAD akan bertambah kecil, sedangkan apabila kesalahan atau residual besar maka nilai MAD juga akan bertambah besar. Untuk mendapatkan residual yang minimum dapat dilihat dari nilai MAD yang terkecil.

$$(2.22)$$

di mana,

Zt : pengamatan pada waktu ke-i

: nilai ramalan pada waktu ke-i

n : jumlah pengamatan

c. *Root Mean Square Error* (RMSE)

RMSE merupakan ukuran perbedaan antara nilai prediksi dari model dengan nilai observasi sebenarnya. Semakin kecil nilai RMSE, semakin akurat hasil peramalan. Untuk mendapatkan nilai RMSE dapat digunakan rumus berikut :

—

(2.23)

di mana,

- Zt : pengamatan pada waktu ke-i
- : nilai ramalan pada waktu ke-i
- n : jumlah pengamatan

