



**PEMODELAN *MULTIVARIATE TIME SERIES*
MENGUNAKAN *MULTI INPUT TRANSFER*
FUNCTION UNTUK MERAMALKAN CURAH HUJAN
DI KOTA SEMARANG**

Tugas Akhir
disusun sebagai salah satu syarat
untuk memperoleh gelar Ahli Madya
Program Studi Statistika Terapan dan Komputasi

oleh
Sigma Kusuma Wardani
4112314004
UNNES
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

**JURUSAN MATEMATIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG**

2017



UNNES
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

PERNYATAAN

Saya menyatakan bahwa tugas akhir ini bebas plagiat, dan apabila di kemudian hari terbukti terdapat plagiat dalam tugas akhir ini, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai ketentuan peraturan perundang-undangan.

Semarang, 8 Agustus 2017



Sigma Kusuma Wardani

4112314004

UNNES
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

PENGESAHAN

Tugas Akhir yang berjudul

Pemodelan *Multivariate Time Series* Menggunakan *Multi Input Transfer Function* untuk Meramalkan Curah Hujan di Kota Semarang

disusun oleh

Sigma Kusuma Wardani

4112314004

telah dipertahankan di hadapan sidang Panitia Ujian Tugas Akhir FMIPA UNNES pada tanggal 8 Agustus 2017.



Panitia:
Prof. Dr. Zaenuri S.E., M.Si., Akt
196412231988031001

Sekretaris

Drs. Arief Agoestanto, M.Si
196807221993031003

Penguji Utama/
Pembimbing II

Drs. Sugiman, M.Si
196401111989011001

Penguji Pendamping/
Pembimbing I

Dr. Scolastika Mariani, M.Si
196502101991022001

MOTTO

- Jangan bimbang dalam menghadapi macam-macam penderitaan. Karena makin dekat cita-cita tercapai, makin berat penderitaan yang harus kita alami.
(Jendral Soedirman)
- Kemenangan sejati bukanlah ketika kita menang melawan orang yang tangguh, tetapi ketika kita mampu melindungi dan mempertahankan sesuatu yang berharga bagi kita.

PERSEMBAHAN

Tugas Akhir ini saya persembahkan untuk:

1. Kedua orang tuaku (Bapak Siswanto dan Ibu Endang Sumiyati, S.Pd), Adik-adikku, beserta keluarga besar tercinta yang senantiasa memberikan dukungan, motivasi dan doa.
2. Sahabat-sahabatku (Rety yang berada di Malaysia, Galuh, Puji, Sujik) yang selalu memberi semangat.
3. Teman-teman Staterkom Angkatan 2014.
4. Almamaterku Universitas Negeri Semarang.

PRAKATA

Puji syukur penulis panjatkan kehadiran Allah Subhanahu Wa Ta'ala, karena atas rahmat, nikmat, dan karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul “Pemodelan *Multivariate Time Series* Menggunakan *Multi Input Transfer Function* untuk Meramalkan Curah Hujan di Kota Semarang”. Tugas akhir ini merupakan salah satu mata kuliah di Program Studi D3 Statistika Terapan dan Komputasi Universitas Negeri Semarang dan salah satu syarat untuk memperoleh gelar Ahli Madya. Pemilihan judul dalam tugas akhir ini dilatarbelakangi oleh rasa ingin tahu penulis tentang metode yang belum pernah diajarkan selama perkuliahan yaitu metode fungsi transfer untuk peramalan.

Penulis menyadari dalam penulisan Tugas Akhir ini tidak lepas dari bantuan, motivasi, dan dukungan dari beberapa pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan rasa hormat dan terima kasih kepada:

1. Prof. Dr. Fathur Rokhman, M.Hum, Rektor Universitas Negeri Semarang.
2. Prof. Dr. Zaenuri, S.E, M.Si, Akt, Dekan FMIPA Universitas Negeri Semarang.
3. Drs. Arief Agoestanto, M.Si, Ketua Jurusan Matematika FMIPA Universitas Negeri Semarang.
4. Dr. Wardono, M.Si, Ketua Prodi D3 Statistika Terapan dan Komputasi FMIPA Universitas Negeri Semarang.
5. Dr. Scolastika Mariani, M.Si, Dosen Pembimbing 1 Tugas Akhir yang telah memberikan bimbingan selama penyusunan Tugas Akhir.

6. Drs. Sugiman, M.Si, Dosen Pembimbing 2 Tugas Akhir yang telah memberikan bimbingan selama penyusunan Tugas Akhir.
7. Perpustakaan Jurusan Matematika FMIPA Universitas Negeri Semarang yang telah menyediakan fasilitas dan literatur untuk penyusunan Tugas Akhir.
8. Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika Kota Semarang khususnya di Stasiun Klimatologi Semarang yang telah menyediakan data untuk penyusunan Tugas Akhir ini.
9. Bapak dan Ibu tercinta serta keluarga yang telah memberikan motivasi dan dorongan semangat dalam mengerjakan Tugas Akhir ini.
10. Sahabat-sahabat seperjuangan Staterkom 2014 dan semua pihak yang telah membantu penulis dalam penyusunan Tugas Akhir ini.

Semoga bantuan, motivasi, dan dukungan yang telah diberikan kepada penulis dapat bermanfaat dan mendapat pahala dari Allah Subhanahu Wa Ta'ala.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan Tugas Akhir ini memiliki banyak kekurangan, oleh karena itu penulis mengharap saran dan kritik yang membangun. Akhir kata, penulis mengharapkan semoga Tugas Akhir ini dapat berguna dan bermanfaat bagi penulis dan pembaca khususnya mahasiswa dan mahasiswi matematika Universitas Negeri Semarang.

Semarang, 8 Agustus 2017

Penulis

ABSTRAK

Wardani, Sigma Kusuma. 2017. *Pemodelan Multivariate Time Series Menggunakan Multi Input Transfer Function untuk Meramalkan Curah Hujan di Kota Semarang*. Tugas Akhir, Jurusan Matematika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Semarang. Pembimbing Utama Dr. Scolastika Mariani, M.Si. dan Pembimbing Pendamping Drs. Sugiman, M.Si.

Kata kunci: peramalan, curah hujan, fungsi transfer

Metode peramalan yang sering digunakan dalam bidang meteorologi adalah runtun waktu. Metode fungsi transfer merupakan salah satu metode peramalan runtun waktu multivariat yang menggabungkan metode runtun waktu ARIMA (*Autoregressive Integrated Moving Average*) dan metode regresi ganda. Model fungsi transfer *multi input* merupakan model fungsi transfer yang variabel *inputnya* dua atau lebih data runtun waktu. Tujuan utama dari tugas akhir ini yakni menganalisis data curah hujan di Kota Semarang dengan deret *input* kelembaban udara dan lama penyinaran menggunakan metode fungsi transfer, sehingga dapat diperoleh model fungsi transfer *multi input* yang akan digunakan untuk meramalkan curah hujan di Kota Semarang untuk periode berikutnya. Adapun langkah-langkah yang dilakukan yakni mengidentifikasi bentuk model, menaksir parameter-parameter model, dan melakukan uji diagnostik model. Model yang diperoleh kemudian digunakan untuk meramalkan curah hujan di Kota Semarang pada Bulan Maret 2017 sampai dengan Desember 2018. Persamaan model fungsi transfer multi input yang diperoleh dan sudah memenuhi asumsi *white noise* yakni $y_t = 0,76335 y_{t-1} + 0,29195 (x_1)_t - 0,22286 (x_1)_{t-1} - 1,71421 (x_2)_t + 3,46817 (x_2)_{t-1} - 3,58695 (x_2)_{t-2} + 1,71606 (x_2)_{t-3} + \alpha_t - 0,54243 \alpha_{t-1}$. Berdasarkan model yang didapat, hasil ramalan curah hujan di Kota Semarang untuk Bulan Maret 2017 sampai dengan Desember 2018 berturut-turut yaitu 11,6180 mm; 15,5543 mm; 16,0516 mm; 13,6466 mm; 13,2662 mm; 12,9536 mm; 12,6937 mm; 12,4749 mm; 12,2879 mm; 12,1257 mm; 11,9827 mm; 11,8548 mm; 11,7386 mm; 11,6316 mm; 11,5316 mm; 11,4373 mm; 11,3474 mm; 11,261 mm; 11,1773 mm; 11,0957 mm; 11,016 mm; 10,9376 mm. Berdasarkan hasil analisis diketahui bahwa pada tahun 2017 terjadi peningkatan curah hujan khususnya pada Bulan April dan Mei. Pada bulan-bulan selanjutnya banyaknya curah hujan terus menerus mengalami penurunan. Sedangkan pada tahun 2018 terjadi penurunan curah hujan dari bulan ke bulan. Jika pada peramalan terdapat data pencilan atau terjadi perubahan pola data, maka disarankan untuk menggunakan model multivariat yang lain seperti model intervensi atau model Filter Kalman, dimana model intervensi memiliki kelebihan dapat mendeteksi nilai-nilai ekstrim, sedangkan model Filter Kalman memiliki kelebihan mampu memperbarui parameter-parameternya dengan memperhitungkan adanya perubahan pola.

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL.....	i
PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN	iii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iv
MOTTO DAN PERSEMBAHAN	v
PRAKATA.....	vi
ABSTRAK	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL.....	xiv
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR LAMPIRAN.....	xvi
BAB	
1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	5
1.3 Pembatasan Masalah	6
1.4 Tujuan Penelitian.....	6
1.5 Manfaat Penelitian.....	6
1.6. Sistematika Penulisan Tugas Akhir.....	7
2. TINJAUAN PUSTAKA.....	9
2.1 Data Runtun Waktu	9

2.2 Peramalan	11
2.3 Metode Runtun Waktu Box-Jenskin (ARIMA)	13
2.4 Model Fungsi Transfer	14
2.4.1 Bentuk Dasar Model Fungsi Transfer.....	15
2.4.2 Tahap Pembentukan Model Fungsi Transfer.....	17
2.4.2.1 Identifikasi Bentuk Model.....	17
2.4.2.1.1 Mempersiapkan Deret <i>Input</i> dan <i>Output</i>	17
2.4.2.1.2 Pemutihan Deret <i>Input</i>	18
2.4.2.1.3 Pemutihan Deret <i>Output</i>	19
2.4.2.1.4 Perhitungan Korelasi-silang (<i>Cross Correlation</i>) dan Autokorelasi untuk Deret <i>Input</i> dan <i>Output</i> yang Telah Diputihkan	19
2.4.2.1.5 Penaksiran Langsung Bobot Respons Impuls	20
2.4.2.1.6 Penetapan (r, s, b) untuk Model Fungsi Transfer yang Menghubungkan Deret <i>Input</i> dan <i>Output</i>	20
2.4.2.1.7 Penaksiran Awal Deret Gangguan (n_t) dan Penghitungan Autokorelasi, Parsial, dan Spektrum Garis.....	21
2.4.2.1.8 Penetapan (p_n, q_n) untuk model ARIMA ($p_n, 0, q_n$) dari Deret Gangguan (n_t).....	22
2.4.2.2 Penaksiran Parameter-parameter Model Fungsi Transfer	22
2.4.2.2.1 Taksiran Awal Nilai Parameter-parameter	22
2.4.2.2.2 Taksiran Akhir Nilai Parameter-parameter	23
2.4.2.3 Uji Diagnostik Model Fungsi Transfer	23

2.4.2.3.1 Penghitungan Autokorelasi untuk Nilai Sisa Model (r, s, b) yang Menghubungkan Deret <i>Input</i> dan <i>Output</i>	23
2.4.2.3.2 Penghitungan Korelasi-Silang antara Nilai Sisa Model (r, s, b) dengan Deret Gangguan yang Telah Diputihkan	24
2.4.2.4 Penggunaan Model Fungsi Transfer untuk Peramalan	25
2.5 Hujan dan Curah Hujan	25
2.6 Kelembaban Udara	27
2.7 Lama Penyinaran	28
2.8 Penelitian Terdahulu yang Relevan	29
2.9 Kerangka Berpikir	30
3. METODE PENELITIAN	35
3.1 Ruang Lingkup Penelitian	35
3.1.1 Populasi	35
3.1.2 Sampel	35
3.2 Variabel	36
3.3 Metode Pengumpulan Data	36
3.4 Metode Analisis Data	37
3.5 Penarikan Kesimpulan	40
4. HASIL DAN PEMBAHASAN	41
4.1 Deskripsi Variabel <i>Input</i> dan <i>Output</i>	41
4.2 Mempersiapkan Deret <i>Input</i> dan <i>Output</i>	42
4.2.1 Identifikasi Deret X_t	42
4.2.2 Identifikasi Deret Y_t	44

4.2.3 Mengidentifikasi Model ARIMA	45
4.3 Pemutihan Deret <i>Input</i> dan <i>Output</i>	49
4.3.1 Pemutihan Deret <i>Input</i>	49
4.3.2 Pemutihan Deret <i>Output</i>	50
4.4 Perhitungan Korelasi-silang (<i>Cross Correlation</i>) dan Autokorelasi untuk Deret <i>Input</i> dan <i>Output</i> yang Telah Diputihkan	52
4.5 Penaksiran Langsung Bobot Respons Impuls	54
4.6 Penetapan (r, s, b) untuk Model Fungsi Transfer yang Menghubungkan Deret <i>Input</i> dan <i>Output</i>	54
4.7 Penaksiran Awal Deret Gangguan (n_t)	56
4.8 Penetapan (p_n, q_n) untuk model ARIMA $(p_n, 0, q_n)$ dari Deret Gangguan atau <i>Noise</i> (n_t)	57
4.9 Penaksiran Parameter-parameter Model Fungsi Transfer	60
4.10 Uji Diagnostik Model Fungsi Transfer	61
4.10.1 Penghitungan Autokorelasi untuk Nilai Sisa Model (r, s, b) yang Menghubungkan Deret <i>Input</i> dan <i>Output</i>	61
4.10.2 Penghitungan Korelasi-Silang antara Nilai Sisa Model (r, s, b) dengan Deret Gangguan yang Telah Diputihkan	62
4.11 Penggunaan Model Fungsi Transfer untuk Peramalan	64
4.12 Pembahasan	65
5. PENUTUP	71
5.1 Simpulan	71
5.2 Saran	73

DAFTAR PUSTAKA	74
LAMPIRAN.....	76



DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1.1 Kejadian Tanah Longsor Tahun 2016 Dibandingkan dengan Rata-rata Jangka Panjang (10 tahun terakhir).....	5
4.1 Deskripsi Variabel <i>Input</i> dan <i>Output</i>	41
4.2 Korelasi Antar Variabel <i>Input</i> dan <i>Output</i>	42
4.3 Estimasi Model ARIMA untuk Kelembaban Udara	45
4.4 Estimasi Model ARIMA untuk Lama Penyinaran	46
4.5 Estimasi Model ARIMA untuk Curah Hujan	48
4.6 Deskripsi Statistik pada Korelasi-silang Masing-masing Deret <i>Input</i> dan <i>Output</i>	53
4.7 Estimasi Penentuan (r, s, b) dengan Korelasi-silang	55
4.8 Estimasi Parameter Deret <i>Noise</i> Gabungan	57
4.9 <i>Autocorrelation Check of Residual</i> Deret <i>Noise</i> Gabungan.....	59
4.10 Estimasi Parameter Variabel <i>Input</i> Model Fungsi Transfer.....	60
4.11 <i>Autocorrelation Check of Residual</i> Model Fungsi Transfer	62
4.12 <i>Crosscorrelation Check of Residuals</i> pada Model Fungsi Transfer	63
4.13 Hasil Peramalan Curah Hujan di Kota Semarang dengan Model Fungsi Transfer <i>Multi Input</i>	64

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1.1 Kejadian Banjir 28 Provinsi di Indonesia	4
2.1 Pola Data Horisontal	10
2.2 Pola Data Musiman	10
2.3 Pola Data Siklis	11
2.4 Pola Data Trend.....	11
2.5 Kerangka Berpikir	34
3.1 Diagram Alir Penelitian	39
4.1 Korelogram Residual Model ARIMA(2,0,2) untuk Kelembaban Udara	46
4.2 Korelogram Residual Model ARIMA(2,0,1) untuk Lama Penyinaran.....	47
4.3 Korelogram Residual Model ARIMA(1,0,1) untuk Curah Hujan	49
4.4 Korelasi-silang Masing-masing Deret <i>Input</i> dengan Deret <i>Output</i>	53
4.5 Plot ACF dan PACF Deret <i>Noise</i> Gabungan	57
4.6 Plot Distribusi untuk Data Curah Hujan dan Hasil Ramalan Curah Hujan	65

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Data Rata-rata Kelembaban Udara, Lama Penyinaran, dan Curah Hujan di Stasiun Klimatologi Semarang.....	76
2. Deskripsi Variabel <i>Input</i> dan <i>Output</i>	80
3. Output Analisis Korelasi Antar Variabel	81
4. Identifikasi Deret X_{1t} atau Kelembaban Udara.....	83
5. Identifikasi Deret X_{2t} atau Lama Penyinaran	86
6. Identifikasi Deret Y_t	89
7. Estimasi Parameter Model ARIMA(2,0,2) untuk Kelembaban Udara	92
8. Estimasi Parameter Model ARIMA(2,0,1) untuk Lama Penyinaran	93
9. Estimasi Parameter Model ARIMA(1,0,1) untuk Curah Hujan.....	94
10. Tabel Deret <i>Input</i> (α_{jt}) dan Deret <i>Output</i> (β_{jt}) yang Diputihkan	95
11. Autokorelasi dari Deret <i>Input</i> yang Telah Diputihkan	99
12. Korelasi Silang Masing-masing Deret <i>Input</i> Terhadap Deret <i>Output</i>	100
13. Pembobot Respons Impuls.....	101
14. Deret <i>Noise</i> Masing-masing Deret <i>Input</i>	102
15. Deret <i>Noise</i> Gabungan	104
16. Estimasi Parameter Deret <i>Noise</i> Gabungan	105
17. Estimasi Parameter Model Fungsi Transfer <i>Multi Input</i>	106
18. Uji Diagnostik Model Fungsi Transfer	107

19. Hasil Ramalan Curah Hujan Bulan Maret 2017 sampai dengan Desember 2018.....	108
20. Sintax SAS	109



BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dalam beberapa tahun terakhir terjadi kemajuan yang pesat dalam bidang peramalan. Peramalan sangat penting dalam kehidupan, untuk mendapatkan suatu perencanaan yang lebih baik agar dapat mengetahui langkah yang harus diambil untuk memperkecil resiko yang tidak diinginkan. Terdapat banyak fenomena yang saat ini hasilnya dapat diramalkan dengan mudah. Peramalan muncul karena adanya waktu senjang (*timelag*) antara kesadaran akan peristiwa atau kebutuhan mendatang dengan peristiwa itu sendiri. Peramalan diperlukan untuk menetapkan suatu peristiwa akan terjadi sehingga tindakan yang tepat dapat dilakukan. Terdapat dua pendekatan untuk melakukan peramalan yaitu pendekatan kualitatif dan pendekatan kuantitatif. Metode peramalan kualitatif digunakan untuk memprediksi kejadian-kejadian di masa yang akan datang dan pendekatan ini digunakan ketika data historis tidak tersedia. Sedangkan metode kuantitatif dapat dibagi menjadi dua tipe yaitu metode regresi (*causal*) dan metode runtun waktu (*time series*).

Peramalan runtun waktu digunakan untuk pendugaan berdasarkan data masa lalu dari suatu variabel yang telah dikumpulkan secara teratur. Metode peramalan runtun waktu bertujuan untuk menemukan pola dalam deret data historis dan mengekstrapolasikan pola tersebut ke masa depan. Berdasarkan

jumlah variabel yang diteliti, data runtun waktu dapat dikelompokkan menjadi dua yaitu runtun waktu *univariate* dan runtun waktu *multivariate*.

Salah satu runtun waktu *univariate* adalah model ARIMA. Model ARIMA (*Autoregressive Integrated Moving Average*) menggabungkan metode penghalusan, metode regresi, dan metode dekomposisi yang digunakan untuk peramalan analisis runtun waktu tunggal atau sering disebut model *univariate*. Dalam kehidupan sehari-hari sering dijumpai data runtun waktu yang terdiri dari banyak variabel saling terkait, maka tidak dapat dilakukan analisis menggunakan model ARIMA, oleh karena itu diperlukan model *multivariate*. Model-model analisis runtun waktu *multivariate* antara lain: model fungsi transfer, model VARMA (*Vector Autoregressive Moving Average*), dan GSTAR (*Generalized Space-Time Autoregressive*). Model-model tersebut merupakan model linear dan memerlukan asumsi stasioneritas data.

Fungsi transfer digunakan pada runtun waktu yang terhubung dengan satu atau lebih runtun waktu lainnya. Fungsi transfer mencampurkan metode runtun waktu (*time series*) dengan metode regresi (*causal*). Konsep fungsi transfer terdiri dari deret *input* yang dilambangkan dengan X_t , deret *output* yang dilambangkan dengan Y_t , dan seluruh pengaruh lain yang disebut dengan gangguan yang dilambangkan dengan N_t . Tujuan pemodelan fungsi transfer adalah untuk menetapkan model sederhana yang menghubungkan deret *output* (Y_t) dengan deret *input* (X_t) dan *noise* (N_t). Peramalan dengan menggunakan fungsi transfer sering dilakukan pada bidang perdagangan, keuangan, kesehatan, dan meteorologi.

Pada kasus peramalan banyak orang yang menggunakan metode berbeda-beda jenis dan menghasilkan hasil ramalan yang berbeda-beda pula. Metode fungsi transfer merupakan salah satu metode yang belum terlalu banyak digunakan dalam peramalan jika dibandingkan dengan metode-metode yang lainnya. Penelitian yang menggunakan fungsi transfer untuk peramalan, salah satunya dilakukan oleh Asrini (2017) yang meramalkan nilai IHSG dengan deret *inputnya* adalah indeks Dow Jones, indeks Nikkei, indeks Hangseng, nilai kurs rupiah terhadap dollar Amerika, dan harga emas dunia.

Dalam bidang meteorologi dan geofisika peramalan sangat dibutuhkan khususnya dalam meramalkan curah hujan. Curah hujan merupakan salah satu unsur klimatologi yang sangat penting. Curah hujan sangat penting dalam berbagai bidang, dalam sektor pertanian curah hujan dapat menentukan ketersediaan air bagi tanaman di suatu daerah. Akan tetapi jika intensitas curah hujan sangat tinggi akan berdampak terjadinya bencana alam berupa banjir dan tanah longsor.

Berdasarkan buletin Pemantauan Ketahanan Pangan Indonesia dengan fokus utama: Musim Hujan, Volume 5 Desember 2016, tingginya curah hujan tahun 2016 yang tidak normal menyebabkan Indonesia mengalami banjir 2,3 kali lipat daripada jumlah rata-rata banjir 10 tahun terakhir dan jumlah kejadian banjir tahun 2016 selalu lebih tinggi daripada jumlah rata-rata 10 tahun terakhir. Jawa Barat, Jawa Timur, dan Jawa Tengah menjadi provinsi yang paling banyak terkena banjir. Dari Bulan September sampai November, ke-3 provinsi tersebut

telah mengalami banjir sebanyak 2,8 kali lipat dibandingkan dengan rata-rata banjir 10 tahun terakhir.



Gambar 1.1 Kejadian Banjir 28 Provinsi di Indonesia

Selain itu, tingginya curah hujan yang tidak normal juga menyebabkan jumlah kejadian tanah longsor terus mengalami kenaikan sampai Bulan November. Antara Bulan September sampai November, di Indonesia telah terjadi tanah longsor sebanyak 4,8 kali lipat dibandingkan dengan rata-rata tanah longsor 10 tahun terakhir. Hingga Bulan November 2016, Jawa Barat mengalami 78 kejadian tanah longsor, Jawa Tengah 241 kejadian, dan Jawa Timur 88 kejadian – secara rata-rata dua kali lipat dibandingkan rata-rata tanah longsor 10 tahun terakhir. Dalam tiga bulan terakhir (September hingga November), jumlah kejadian tanah longsor di Pulau Jawa sangat tinggi yaitu 2,3 kali lebih tinggi di Jawa Barat, 7,6 untuk Jawa Tengah dan 5,3 untuk Jawa Timur. Kota Semarang merupakan satu dari tiga kabupaten/kota yang paling banyak terjadi tanah longsor di Jawa Tengah.

Tabel 1.1 Kejadian Tanah Longsor Tahun 2016 Dibandingkan dengan Rata-rata Jangka Panjang (10 tahun terakhir)

	Jawa Barat		Jawa Tengah		Jawa Timur	
	Rata-rata	2016	Rata-rata	2016	Rata-rata	2016
September	2	15	3	35	2	12
Oktober	4	7	4	38	3	17
November	10	14	8	41	3	17

Sumber: data BNPB

Melihat tingginya curah hujan yang tidak normal pada tahun 2016 maka upaya kesiapsiagaan perlu ditingkatkan untuk mengantisipasi banjir dan tanah longsor di tahun-tahun berikutnya agar kerugian dan kerusakan dapat diminimalisir, salah satu caranya adalah peramalan terhadap cuaca khususnya curah hujan.

Berdasarkan latar belakang tersebut, pada penulisan tugas akhir ini akan diambil studi kasus untuk meramalkan curah hujan di Kota Semarang menggunakan model fungsi transfer. Data yang digunakan adalah rata-rata curah hujan bulanan Kota Semarang sebagai deret *output*, rata-rata kelembaban udara bulanan dan rata-rata lama penyinaran bulanan Kota Semarang sebagai deret *input* pada Bulan Januari 2007 sampai dengan Februari 2017.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut, maka dapat dirumuskan masalah sebagai berikut.

- Bagaimana pemodelan ARIMA untuk deret *input* dan deret *output*?
- Bagaimana model fungsi transfer *multi input* dari deret *input* ke deret *output*?

- c. Bagaimana hasil peramalan curah hujan di Kota Semarang periode Maret 2017 sampai dengan Desember 2018 dengan memanfaatkan model yang diperoleh?

1.3 Pembatasan Masalah

Untuk membatasi ruang lingkup penelitian dan menghindari pembahasan yang terlalu melebar, maka penulis memberikan batasan masalah yaitu penelitian dilakukan terhadap Curah Hujan, Kelembaban Udara, dan Lama Penyinaran periode Januari 2007 sampai dengan Februari 2017 yang diperoleh dari *website* Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika. Peneliti menggunakan *Software* EViews dan SAS untuk menentukan model dan meramalkan Curah Hujan dengan model fungsi transfer.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin dicapai melalui penelitian ini adalah sebagai berikut.

- a. Mendapatkan model ARIMA untuk deret *input* dan deret *output*.
- b. Mendapatkan model fungsi transfer *multi input* dari deret *input* ke deret *output*.
- c. Mendeskripsikan ramalan curah hujan di Kota Semarang periode Maret 2017 sampai dengan Desember 2018.

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat penelitian ini adalah sebagai berikut.

- 1) Bagi Mahasiswa
 - a. Mengaplikasikan ilmu yang telah diperoleh dibangku perkuliahan sehingga menunjang persiapan untuk terjun ke dunia kerja.

- b. Menambah wawasan yang lebih luas tentang model fungsi transfer dan juga tentang *software* EViews dan SAS.
- 2) Bagi Jurusan Matematika
 - a. Dapat dijadikan sebagai bahan studi kasus bagi pembaca dan acuan bagi mahasiswa.
 - b. Sebagai bahan referensi bagi pihak perpustakaan dan bahan bacaan yang dapat menambah ilmu pengetahuan bagi pembaca.
- 3) Bagi Instansi

Hasil dari penelitian ini dapat dijadikan bahan referensi atau acuan pemerintah Kota Semarang dalam menentukan langkah-langkah yang harus disiapkan dalam mengantisipasi banjir, tanah longsor, dan bencana lain yang mungkin terjadi akibat tingginya curah hujan yang tidak normal di tahun-tahun berikutnya agar kerugian dan kerusakan dapat diminimalisir.

1.6 Sistematika Penulisan Tugas Akhir

Secara garis besar penulisan tugas akhir ini dibagi menjadi tiga bagian utama yaitu:

1) Bagian Awal

Bagian awal tugas akhir ini berisi halaman judul, halaman pengesahan, halaman motto dan persembahan, prakata, abstrak, daftar isi, daftar tabel, daftar gambar, dan daftar lampiran.

2) Bagian Isi

Bagian isi tugas akhir terdiri dari lima bab, yaitu

BAB 1 Pendahuluan

Bab ini berisi tentang latar belakang, rumusan dan pembatasan masalah, tujuan dan manfaat penelitian, sistematika penulisan.

BAB 2 Tinjauan Pustaka

Bab ini berisi tentang teori-teori yang berhubungan dengan permasalahan yang dibuat dalam penelitian ini meliputi peramalan, data runtun waktu, ARIMA, fungsi transfer, curah hujan, kelembaban udara, lama penyinaran, penelitian terdahulu yang relevan, dan kerangka berpikir.

BAB 3 Metode Penelitian

Bab ini berisi tentang metode yang digunakan dalam penelitian meliputi ruang lingkup penelitian, variabel penelitian, metode pengumpulan data, dan analisis data.

BAB 4 Hasil dan Pembahasan

Bab ini berisi tentang analisis data dan pembahasan yang berisi pembahasan analisis penentuan model dan hasil peramalan curah hujan di Kota Semarang periode Maret 2017 sampai dengan Desember 2018.

BAB 5 Penutup

Bab ini berisi tentang simpulan dari pembahasan dan saran yang berkaitan dengan simpulan.

3) Bagian Akhir Tugas Akhir

Bagian akhir tugas akhir ini terdiri dari daftar pustaka dan lampiran-lampiran.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

Dalam tinjauan pustaka ini berisi tentang teori-teori yang berhubungan dengan permasalahan yang dibuat dalam penelitian ini meliputi peramalan, data runtun waktu, ARIMA, fungsi transfer, curah hujan, kelembaban udara, lama penyinaran, penelitian terdahulu, dan kerangka berpikir.

2.1 Data Runtun Waktu

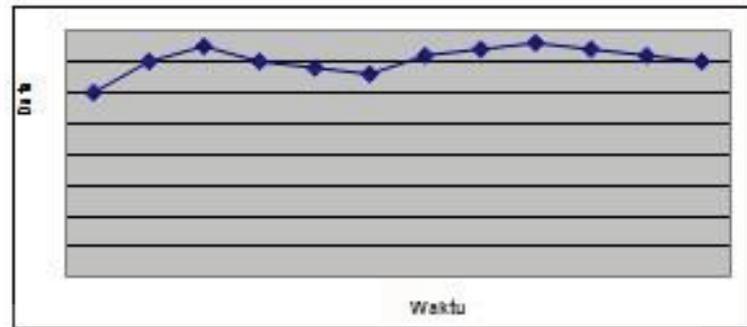
Data runtun waktu adalah jenis data yang dikumpulkan menurut urutan waktu dalam suatu rentang waktu tertentu (Hendikawati, 2015: 5). Ciri-ciri observasi data runtun waktu adalah interval waktu antar indeks waktu t dapat dinyatakan dalam satuan waktu yang sama (identik).

Langkah penting dalam memilih suatu metode runtun waktu yang tepat adalah dengan mempertimbangkan jenis pola data, sehingga metode yang paling tepat dengan pola tersebut dapat diuji. Pola data dapat dibedakan menjadi empat jenis pola data, yaitu (Makridakis dkk, 1999: 10).

4) Pola Horisontal (H)

Terjadi bilamana nilai data berfluktuasi di sekitar nilai rata-rata yang konstan.

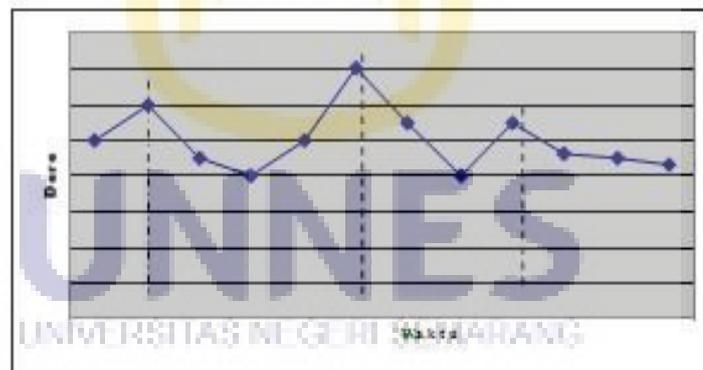
Data seperti itu “stasioner” terhadap nilai rata-ratanya. Suatu produk yang penjualannya tidak meningkat atau menurun selama waktu tertentu termasuk jenis ini. Bentuk pola horisontal dapat dilihat pada gambar



Gambar 2.1 Pola Data Horisontal

5) Pola Musiman (S)

Terjadi bilamana suatu deret dipengaruhi oleh faktor musiman, misalnya kuartal tahunan tertentu, bulanan, atau hari-hari pada minggu tertentu. Penjualan dari produk seperti minuman ringan, es krim, dan bahan bakar pemanas ruangan menunjukkan jenis pola ini. Bentuk pola musiman dapat dilihat pada gambar

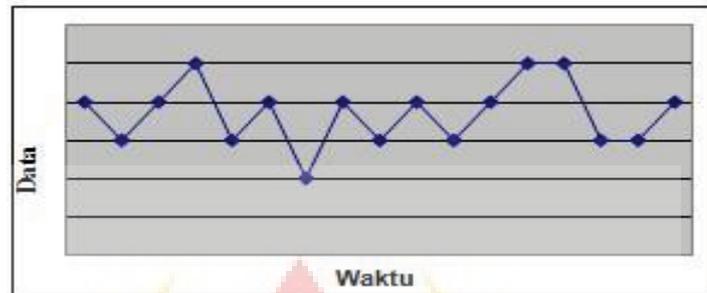


Gambar 2.2 Pola Data Musiman

6) Pola Siklis (C)

Terjadi bilamana datanya dipengaruhi oleh fluktuasi ekonomi jangka panjang seperti yang berhubungan dengan siklus bisnis. Penjualan produk seperti

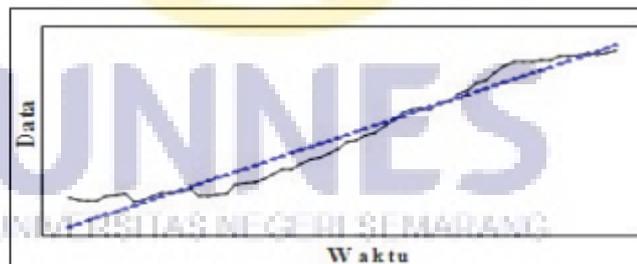
mobil, baja dan peralatan utama lainnya menunjukkan jenis pola ini. Bentuk pola siklis dapat dilihat pada gambar



Gambar 2.3 Pola Data Siklis

7) Pola Trend (T)

Terjadi apabila terdapat kenaikan atau penurunan sekuler jangka panjang dalam data. Penjualan banyak perusahaan, produk bruto nasional (GNP) dan berbagai indikator bisnis atau ekonomi lainnya mengikuti suatu pola trend selama perubahannya sepanjang waktu. Bentuk pola trend dapat dilihat pada gambar.



Gambar 2.4 Pola Data Trend

2.2 Peramalan

Peramalan adalah suatu cara untuk memprediksi apa yang akan terjadi di masa yang akan datang. Peramalan muncul karena adanya waktu senjang (*timelag*) antara kesadaran akan peristiwa atau kebutuhan mendatang dengan

peristiwa itu sendiri. Peramalan diperlukan untuk menetapkan suatu peristiwa akan terjadi sehingga tindakan yang tepat dapat dilakukan. Peramalan merupakan alat bantu yang penting dalam perencanaan yang efektif dan efisien. Terdapat dua pendekatan untuk melakukan peramalan yaitu pendekatan kualitatif dan pendekatan kuantitatif.

Metode peramalan kualitatif adalah metode subyektif (intuitif) yang mendasarkan pada informasi kualitatif untuk memprediksi kejadian-kejadian di masa yang akan datang dan pendekatan ini digunakan ketika data historis tidak tersedia. Sedangkan metode kuantitatif dapat dibagi menjadi dua tipe yaitu metode regresi (*causal*) dan metode runtun waktu (*time series*). Menurut Makridakis dkk, (1999: 15) peramalan *causal* mengasumsikan adanya hubungan sebab dan akibat di antara *input* dengan *output* dari suatu sistem. Pada peramalan *causal*, setiap perubahan dalam *input* akan berakibat pada *output* sistem. Langkah pertama dalam peramalan ini adalah menemukan hubungan sebab dan akibat dengan mengamati *output* sistem dan menghubungkannya dengan *input* yang bersangkutan. Proses seperti itu jika dilakukan dengan benar akan memberikan taksiran tentang jenis dan tingkat hubungan antar *input* dan *output*. Hubungan ini kemudian dapat digunakan untuk meramalkan keadaan sistem yang akan datang, dengan memberikan *input* yang telah diketahui untuk keadaan mendatang.

Metode runtun waktu merupakan metode kuantitatif untuk pendugaan berdasarkan data masa lalu dari suatu variabel yang telah dikumpulkan secara teratur (Hendikawati, 2015: 2). Tujuan metode runtun waktu adalah menemukan pola dalam deret data historis dan mengekstrapolasikan pola tersebut ke masa

depan (Makridakis dkk, 1999: 9). Perhatian utama dari metode ini hanya untuk meramalkan apa yang akan terjadi dan bukan mengetahui mengapa hal itu terjadi. Berdasarkan jumlah variabel yang diteliti, metode runtun waktu dapat dikelompokkan menjadi dua yaitu runtun waktu *univariate* dan runtun waktu *multivariate*. Untuk analisis runtun waktu *univariate* diantaranya adalah ARIMA (*Autoregressive Integrated Moving Average*), sedangkan untuk runtun waktu *multivariate* diantaranya adalah fungsi transfer.

2.3 Metode Runtun Waktu Box-Jenskin (ARIMA)

Metode runtun waktu Box-Jenskin, yang dikenal dengan Model *Autoregressive Integrated Moving Average* (ARIMA), dikembangkan oleh George Box dan Gwilym Jenskin sehingga model ARIMA disebut juga model Box-Jenskin. Metode ARIMA hanya menggunakan satu variabel sebagai dasar untuk melakukan proyeksi sehingga dalam model ini tidak ada istilah variabel bebas yang digunakan untuk memprediksi nilai variabel tergantung. Model ini sepenuhnya hanya menggunakan nilai-nilai sekarang dan nilai masa lampau sebagai dasar untuk menyusun proyeksi. Model pengembangan ARIMA dibagi menjadi tiga model yaitu Model *Autoregressive* (AR), Model *Moving Average* (MA), dan Model *Autoregressive Integrated Moving Average* (ARIMA).

Model ARIMA merupakan kombinasi dari model AR dan model MA sehingga dalam model ini yang menjadi variabel bebas adalah sebelumnya dari variabel dependen (*lag*) dan nilai residual periode sebelumnya. Bentuk dari model ARIMA (p, d, q) adalah sebagai berikut.

(2.1)

$$X_t = \mu' + \phi_1 X_{t-1} + \phi_2 X_{t-2} + \dots + \phi_p X_{t-p} - \theta_1 e_{t-1} - \theta_2 e_{t-2} - \dots - \theta_q e_{t-q} + e_t$$

atau

(2.2)

$$\begin{aligned} (1 - B)^d (1 - \phi_1 B - \phi_2 B^2 - \dots - \phi_p B^p) X_t \\ = \mu' + (1 - \theta_1 B - \theta_2 B^2 - \dots - \theta_q B^q) e_t \end{aligned}$$

dengan

X_t = nilai peramalan pada saat t

X_{t-p} = nilai data pada saat $t - p$

μ' = nilai konstan

ϕ_p = parameter *autoregressive* ke- p

θ_q = parameter *moving average* ke- q

e_t = nilai kesalahan pada saat e_t

2.4 Model Fungsi Transfer

Fungsi transfer merupakan metode pendekatan yang digunakan pada deret waktu yang berhubungan dengan satu atau lebih deret waktu lainnya. Fungsi transfer adalah suatu metode yang mencampurkan pendekatan runtun waktu dengan pendekatan *causal*. Runtun waktu X_t memberikan pengaruhnya kepada deret *output* melalui fungsi transfer, yang mendistribusikan dampak X_t melalui beberapa periode waktu yang akan datang. Tujuan pemodelan fungsi transfer adalah untuk menetapkan model sederhana yang menghubungkan deret *output* (Y_t) dengan deret *input* (X_t) dan *noise* (N_t) (Makridakis dkk, 1999: 443).

2.4.1 Bentuk Dasar Model Fungsi Transfer

Model fungsi transfer memiliki model umum sebagai berikut. (Makridakis dkk, 1999: 448)

(2.3)

$$Y_t = v(B)X_t + N_t$$

dimana

Y_t = deret *output*

X_t = deret *input*

N_t = pengaruh kombinasi dari seluruh faktor yang mempengaruhi Y_t (disebut “gangguan”)

$v(B) = (v_0 + v_1B + v_2B^2 + \dots + v_kB^k)$ dengan k adalah orde fungsi transfer

Deret input dan output harus ditransformasikan dengan tepat untuk mengatasi varian yang nonstasioner, dibedakan untuk mengetahui nilai yang nonstasioner dan mungkin perlu dihilangkan unsur musimannya (*deseasonalized*). Jadi X_t , Y_t dan juga N_t pada persamaan (2.3) adalah nilai yang telah ditransformasikan bukan dalam bentuk data mentah. Orde dari fungsi transfer adalah k , k adalah orde tertinggi untuk proses pembedaan dan kadang menjadi lebih besar, oleh karena itu tidak terlalu dibatasi. Karena alasan-alasan tersebut, model fungsi transfer dapat ditulis sebagai berikut.

(2.4)

$$y_t = \frac{\omega(B)}{\delta(B)} x_{t-b} + \frac{\theta(B)}{\phi(B)} a_t$$

dimana

$$\omega(B) = \omega_0 - \omega_1 B - \omega_2 B^2 - \dots - \omega_s B^s,$$

$$\delta(B) = 1 - \delta_1 B - \delta_2 B^2 - \dots - \delta_r B^r,$$

$$\theta(B) = 1 - \theta_1 B - \theta_2 B^2 - \dots - \theta_q B^q,$$

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

y_t = nilai Y_t yang telah ditransformasikan dan dibedakan

x_t = nilai X_t yang telah ditransformasikan dan dibedakan

a_t = nilai gangguan random

r, s, p, q dan b konstanta

Model fungsi transfer *multi input* merupakan model fungsi transfer yang variabel *input*nya dua atau lebih data runtun waktu. Bentuk model fungsi transfer *multi input* adalah sebagai berikut (Wei, 2006).

(2.5)

$$y_t = \sum_{j=1}^k \frac{\omega_j(B)}{\delta_j(B)} B^{b_j} x_{jt} + \frac{\theta(B)}{\phi(B)} a_t$$

dimana

$$\omega_j(B) = \omega_0 - \omega_1 B - \omega_2 B^2 - \dots - \omega_s B^s,$$

$$\delta_j(B) = 1 - \delta_1 B - \delta_2 B^2 - \dots - \delta_r B^r,$$

$$\theta(B) = 1 - \theta_1 B - \theta_2 B^2 - \dots - \theta_q B^q,$$

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

j = banyaknya deret *input*

y_t = nilai Y_t yang telah ditransformasikan dan dibedakan

x_t = nilai X_t yang telah ditransformasikan dan dibedakan

a_t = nilai gangguan random

r, s, p, q dan b konstanta

2.4.2 Tahap Pembentukan Model Fungsi Transfer

Untuk deret *input* (X_t) dan deret *output* (Y_t) tertentu dalam bentuk data mentah, terdapat empat tahap utama dalam proses pembentukan model fungsi transfer yaitu: identifikasi bentuk model, penaksiran parameter-parameter model fungsi transfer, uji diagnostik model fungsi transfer, dan penggunaan model fungsi transfer untuk peramalan.

2.4.2.1 Identifikasi Bentuk Model

2.4.2.1.1 Mempersiapkan Deret *Input* dan *Output*

Tahap ini bertujuan untuk mengidentifikasi kestasioneran deret *input* dan deret *output*. Apabila data mentah tidak stasioner, maka biasanya data tersebut dibedakan terlebih dahulu untuk menghilangkan ketidakstasioneran. Jadi, di dalam mempersiapkan pemodelan fungsi transfer, perlu mentransformasikan dan/atau membedakan deret-deret *input* dan *output*, terutama apabila terdapat ketidakstasioneran. Transformasi yang biasanya diterapkan adalah dalam bentuk (Makridakis dkk, 1999: 451).

$$X'_t = (X_t + m)^\lambda \quad \text{apabila } \lambda \neq 0$$

dan

$$X'_t = \log(X_t + m) \quad \text{apabila } \lambda = 0$$

dimana m adalah faktor penambah yang konstan.

Hal lain yang berguna untuk dilakukan pada deret *input* dan *output* adalah menghilangkan pengaruh musiman (*deseasonalized*) agar menghasilkan nilai-nilai

(r, s, b) lebih kecil daripada apabila *deseasonalisasi* tidak dilakukan. Namun ini bukan merupakan prasyarat dari fungsi transfer.

2.4.2.1.2 Pemutihan Deret *Input*

Pemutihan (*prewhitening*) merupakan suatu usaha untuk menyederhanakan deret *input* X dengan menghilangkan semua kemungkinan gambaran pola dalam X . Nilai X yang telah diputihkan tersebut diusahakan sedekat mungkin dengan data tanpa gangguan (*white noise*) (Makridakis dkk, 1999: 527). Proses pemutihan ini menggunakan model ARIMA untuk deret *input*. Oleh karena itu, sebelum proses pemutihan, dibangun terlebih dahulu model ARIMA bagi deret *input* x_t . Misalkan jika deret *input* x_t dimodelkan sebagai proses ARIMA $(p_x, 0, q_x)$, maka deret ini memiliki model

(2.6)

$$\phi_x(B)x_t = \theta_x(B)\alpha_t$$

dimana $\phi(B)$ adalah operator *autoregressive*, $\theta_x(B)$ adalah operator *moving average* dan α_t adalah kesalahan random, yaitu *white noise*.

Dengan demikian deret *input* yang telah mengalami pemutihan (α_t) adalah.

(2.7)

$$\alpha_t = \frac{\phi_x(B)}{\theta_x(B)} x_t$$

dengan

α_t = deret *input* yang diputihkan

$\phi_x(B)$ = operator *Autoregressive*

$\theta_x(B)$ = operator *Moving Average*

x_t = deret *input* yang stasioner

2.4.2.1.3 Pemutihan Deret *Output*

Fungsi transfer merupakan proses pemetaan deret *input* x_t terhadap deret *output* y_t . Apabila diterapkan suatu proses transformasi pemutihan terhadap deret *input* x_t , maka transformasi yang sama juga harus diterapkan terhadap deret *output* y_t agar dapat mempertahankan integritas hubungan fungsional. Sehingga deret *output* yang telah diputihkan (β_t) adalah

(2.8)

$$\beta_t = \frac{\phi_x(B)}{\theta_x(B)} y_t$$

dengan

β_t = deret *output* yang diputihkan

$\phi_x(B)$ = operator *Autoregressive*

$\theta_x(B)$ = operator *Moving Average*

y_t = deret *output* yang stasioner

2.4.2.1.4 Perhitungan Korelasi-silang (*Cross Correlation*) dan Autokorelasi untuk Deret *Input* dan *Output* yang Telah Diputihkan

Fungsi korelasi silang adalah untuk mengukur seberapa kuat hubungan antar kedua variabel yang telah diputihkan. Korelasi silang antara X dan Y menentukan tingkat hubungan antar nilai X pada waktu t dengan nilai Y pada waktu $t + k$. Fungsi korelasi antara α_t dan β_t pada lag ke- k adalah.

(2.9)

$$r_{\alpha\beta}(k) = \frac{C_{\alpha\beta}(k)}{S_\alpha S_\beta}, k = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$$

dimana

$r_{\alpha_t\beta_t}(k)$ = korelasi silang antara α_t dan β_t pada lag ke- k

$C_{\alpha_t\beta_t}(k)$ = kovarian antara α_t dan β_t pada lag ke- k

S_α = simpangan baku deret α_t

S_β = simpangan baku deret β_t

2.4.2.1.5 Penaksiran Langsung Bobot Respons Impuls

Dalam proses menentukan sebuah model fungsi transfer, cukup mudah untuk memulai dengan menaksir gugus bobot impuls secara langsung. Untuk mengkonversikan korelasi-silang antara α dan β ke dalam bobot respon impuls digunakan persamaan sebagai berikut.

(2.10)

$$v_k = \frac{r_{\alpha\beta}(k)S_\beta}{S_\alpha}$$

2.4.2.1.6 Penetapan (r, s, b) untuk Model Fungsi Transfer yang Menghubungkan Deret *Input* dan *Output*

Nilai (r, s, b) ditentukan menggunakan korelasi-silang atau dengan pembobot impuls yang diperkirakan secara langsung. Tiga prinsip petunjuk yang membantu dalam menentukan nilai untuk (r, s, b) dengan menggunakan korelasi-silang adalah sebagai berikut.

- Sampai *lag* waktu ke- b , korelasi-silang tidak akan berbeda dari nol secara signifikan.
- Untuk s time *lag* selanjutnya, korelasi-silang tidak akan memperlihatkan adanya pola yang jelas.

- c. Untuk r time lag selanjutnya, korelasi-silang akan memperlihatkan suatu pola yang jelas.

Atau jika menggunakan bobot respons impuls maka nilai (r, s, b) dapat ditentukan dengan cara berikut (Indrawan & Sutijo, 2012).

- a. Nilai b menyatakan y_t tidak dipengaruhi oleh nilai x_t sampai periode $t + b$, besarnya b adalah lag bobot respons impuls yang pertama tidak berbeda dari nol.
- b. Nilai s menyatakan berapa lama y_t secara terus-menerus dipengaruhi oleh nilai-nilai baru dari x_t .
- c. Nilai r menyatakan y_t berkaitan dengan nilai-nilai masalalunya. $r = 0$, jika jumlah bobot respons impuls hanya terdiri dari beberapa lag yang kemudian terpotong, $r = 1$, jika bobot respons impuls menunjukkan suatu pola eksponensial menurun, dan $r = 2$, jika bobot respons impuls menunjukkan suatu pola eksponensial menurun dan pola sinusoidal.

2.4.2.1.7 Penaksiran Awal Deret Gangguan (n_t) dan Penghitungan Autokorelasi, Parsial, dan Spektrum Garis

Taksiran bobot impuls memungkinkan peramal untuk menghitung taksiran awal deret gangguan n_t dari model fungsi transfer.

Karena

$$y_t = v(B)x_t + n_t$$

maka

(2.11)

$$n_t = y_t - v_0x_t - v_1x_{t-1} - v_2x_{t-2} - \dots - v_gx_{t-g}$$

dimana g adalah nilai praktis yang dipilih oleh orang yang meramalkan. Fungsi $v(B)$ mempunyai jumlah suku tak terbatas, akan tetapi 10 atau 15 bobot v saja sudah dianggap memuaskan sebagai analisis pendahuluan dari deret gangguan (*noise series*).

2.4.2.1.8 Penetapan (p_n, q_n) untuk model ARIMA $(p_n, 0, q_n)$ dari Deret Gangguan (n_t)

Untuk mendapatkan model fungsi transfer selengkapnya, perlu dipilih sebuah model ARIMA untuk suatu deret *noise*. Nilai-nilai n_t dianalisis dengan cara ARIMA biasa untuk menemukan apakah terdapat model ARIMA $(p_n, 0, q_n)$ yang tepat untuk menjelaskan. Autokorelasi, autokorelasi parsial dan spektrum garis ditetapkan dan selanjutnya nilai p_n dan q_n untuk *autoregressive* dan proses *moving average* berturut-turut dipilih. Dengan cara ini, fungsi $\phi_n(B)$ dan $\theta_n(B)$ untuk deret gangguan n_t diperoleh, untuk mendapatkan

$$\phi_n(B)n_t = \theta_n(B)n_t$$

2.4.2.2 Penaksiran Parameter-parameter Model Fungsi Transfer

2.4.2.2.1 Taksiran Awal Nilai Parameter-parameter

Pendugaan awal parameter fungsi transfer yaitu $\delta = (\delta_1, \delta_2, \dots, \delta_r)$ dan $\omega = (\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_s)$ dicari dengan memanfaatkan persamaan berikut.

$$v_j = 0 \quad \text{untuk } j < b,$$

$$v_j = \delta_1 v_{j-1} + \dots + \delta_r v_{j-r} + \omega_0 \quad \text{untuk } j = b,$$

$$v_j = \delta_1 v_{j-1} + \dots + \delta_r v_{j-r} - \omega_{j-b} \quad \text{untuk } j = b + 1, \dots, b + s,$$

$$v_j = \delta_1 v_{j-1} + \dots + \delta_r v_{j-r} \quad \text{untuk } j > b + s.$$

Taksiran awal parameter model dilakukan dengan melihat pola korelasi silang antara α_t dan β_t . Sehingga identifikasi awal dari model fungsi transfer adalah

(2.12)

$$y_t = v_0x_t + v_1x_{t-1} + v_2x_{t-2} + \dots + v_gx_{t-g} + n_t$$

dengan

n_t = deret *noise*

v_g = bobot respon impuls

x_t = deret *input* yang stasioner

y_t = deret *output* yang stasioner

2.4.2.2.2 Taksiran Akhir Nilai Parameter-parameter

Taksiran awal parameter merupakan nilai awal pada logaritma pendugaan kuadrat terkecil *nonlinear* untuk membentuk penduga akhir parameter model yang dilakukan secara iteratif. Proses diulang sampai kekonvergenan dicapai. Iterasi akan berhenti jika jumlah kuadrat galatnya mencapai nilai minimum.

2.4.2.3 Uji Diagnostik Model Fungsi Transfer

Tahap pemeriksaan diagnostik ini bertujuan untuk menguji validitas (kasahihan) model fungsi transfer.

2.4.2.3.1 Penghitungan Autokorelasi untuk Nilai Sisa Model (r, s, b) yang Menghubungkan Deret *Input* dan *Output*

Pengujian kelayakan suatu model perlu dilakukan untuk mengetahui kesesuaian model yaitu sudah memenuhi syarat *white noise*. Uji statistik Q Box-Pierce dapat diaplikasikan untuk menguji kebebasan sisaan dan tidak adanya korelasi antara input dan sisaan dengan rumus sebagai berikut.

(2.13)

$$\chi^2_{(df)} = n \sum_{k=1}^m r^2(k)$$

dimana

 n = jumlah pengamatan m = waktu tunda terbesar yang diperhatikan $r(k)$ = autokorelasi untuk waktu tunda k df = derajat bebas ($m - p - q$)

2.4.2.3.2 Penghitungan Korelasi-Silang antara Nilai Sisa Model (r, s, b) dengan Deret Gangguan yang Telah Diputihkan

Bagian penting dari proses diagnostik adalah untuk membuktikan asumsi di dalam proses perkiraan langsung bobot fungsi transfer yaitu bahwa deret *input* (α_t) yang disesuaikan adalah bebas dari komponen *noise* (a_t) random. Dengan menggunakan persamaan (2.13), formula yang sesuai untuk uji keterpautan α_t dan a_t , adalah sebagai berikut.

(2.14)

$$\chi^2_{(m-r-s)} = (99 - n^*) \sum_{k=1}^m r^2_a(k)$$

dimana

 (r, s) = parameter model Fungsi Transfer m = lag maksimum

n^* = nilai maksimum ($s + b + p_n$) dan (p_x), dimana p_x adalah jumlah parameter AR pada model ARIMA dengan deret *input* (x_t).

2.4.2.4 Penggunaan Model Fungsi Transfer untuk Peramalan

Pemodelan fungsi transfer dilakukan dengan cara memasukkan nilai-nilai parameter fungsi transfer dan nilai deret *input* dan *output* yang diperoleh dari langkah-langkah sebelumnya. Peramalan dihitung dengan menggunakan persamaan

(2.15)

$$Y_t = \frac{\omega_s(B)}{\delta_r(B)} x_{t-b} + \frac{\theta_q(B)}{\phi_p(B)} \alpha_t$$

2.5 Hujan dan Curah Hujan

Hujan adalah titik-titik air di udara atau awan yang sudah terlalu berat karena kandungan airnya sudah sangat banyak, sehingga akan jatuh kembali ke permukaan bumi sebagai hujan (presipitasi).

Berdasarkan proses terjadinya, hujan dibedakan menjadi 3, yaitu:

1. Hujan Orografis. Hujan orografis adalah hujan yang terjadi karena gerakan udara yang mengandung uap air terhalang oleh pegunungan sehingga massa udara itu dipaksa naik ke lereng pegunungan. Akibatnya suhu udara tersebut menjadi dingin. Sampai ketinggian tertentu terjadi proses kondensasi dan terbentuk awan. Selanjutnya terjadilah hujan yang disebut hujan orografis.
2. Hujan Konveksi (Zenithal). Hujan konveksi terjadi karena udara yang mengandung uap air bergerak naik secara vertikal (konveksi) karena pemanasan. Udara yang naik itu mengalami penurunan suhu, sehingga pada ketinggian tertentu terjadi proses kondensasi dan pembentukan awan. Setelah awan tersebut tidak mampu lagi menahan kumpulan titik-titik airnya, maka

terjadilah hujan konveksi (zenithal). Hujan konveksi banyak terjadi di daerah tropis yang mempunyai intensitas penyinaran matahari yang selalu tinggi.

3. Hujan Frontal. Hujan frontal adalah hujan yang terjadi karena adanya pertemuan antara massa udara panas dengan massa udara dingin. Pada pertemuan udara panas dan dingin terjadilah bidang front dimana terjadi kondensasi dan pembentukan awan. Udara yang panas selalu berada di atas udara yang dingin. Hujan frontal biasanya terjadi di daerah lintang sedang atau pertengahan.

Alat untuk mengukur hujan biasanya disebut alat penakar hujan. Pengukuran hujan dapat dilakukan dengan alat penakar biasa (*manual raingauge*) dan penakar hujan otomatis (*automatic raingauge*).

1. Alat Penakar Hujan Biasa (*manual raingauge*)

Alat penakar hujan biasa ini berupa sebuah corong dan botol penampung yang berada didalam silinder. Ditempatkan pada lapangan terbuka. Alat ini hanya dapat memberi informasi tentang kedalaman hujan, tetapi kederasan (intensitas) dan durasi hujan tidak dapat diketahui. Pembacaan biasanya dilakukan setiap pagi, dengan kata lain yang diukur adalah kedalaman hujan harian. Curah hujan yang kurang dari 0,1 mm dicatat sebagai 0.

2. Alat Penakar Hujan Otomatis (*automatic raingauge*)

Alat penakar hujan otomatis dapat memberikan informasi kedalaman hujan, kederasan (intensitas) hujan, dan durasi hujan yang terjadi secara kontinyu. Alat penakar hujan otomatis terdiri atas beberapa macam, yaitu alat

penakar hujan jenis pelampung, alat penakar hujan jenis timba jungkit, dan alat penakar hujan jenis timbangan.

Penakar hujan jenis Hellman merupakan suatu instrument/alat untuk mengukur curah hujan. Penakar hujan jenis hellman ini merupakan suatu alat penakar hujan berjenis recording atau dapat mencatat sendiri. Alat ini dipakai di stasiun-stasiun pengamatan udara permukaan. Pengamatan dengan menggunakan alat ini dilakukan setiap hari pada jam-jam tertentu mekipun cuaca dalam keadaan baik/hari sedang cerah. Alat ini mencatat jumlah curah hujan yang terkumpul dalam bentuk garis vertikal yang tercatat pada kertas pias. Alat ini memerlukan perawatan yang cukup intensif untuk menghindari kerusakan-kerusakan yang sering terjadi pada alat ini.

Curah hujan merupakan ketebalan air hujan yang terkumpul pada luasan $1 m^2$. Curah hujan dihitung dengan satuan *mm* (milimeter), yaitu tinggi air yang tertampung pada area seluas $1 m \times 1 m$ alias 1 meter persegi (m^2). Jadi curah hujan $1 mm$ adalah jumlah air yang turun dari langit sebanyak $1 mm \times 1 m \times 1 m = 0,001 m^3 = 1 liter$. Alat untuk mengukur curah hujan adalah fluviometer. Garis khayal di peta yang menghubungkan tempat-tempat yang mendapatkan curah hujan yang sama disebut isohyet.

2.6 Kelembaban Udara

Kelembaban udara/legas udara adalah perbandingan antara massa uap dalam suatu satuan volume dengan massa uap yang jenuh dalam satuan volum itu pada suhu yang sama. Kandungan uap air di udara berubah-ubah bergantung pada suhu. Makin tinggi suhu, makin banyak kandungan uap airnya. Alat pengukur

kelembaban udara adalah higrometer. Kelembaban udara ada 2 jenis sebagai berikut.

1. Kelembaban mutlak (absolut) yaitu bilangan yang menunjukkan jumlah uap air dalam satuan gram pada satu meter kubik udara.
2. Kelembaban relatif (nisbi), yaitu angka dalam persen yang menunjukkan perbandingan antara banyaknya uap air yang benar-benar dikandung udara pada suhu tertentu dan jumlah uap air maksimum yang dapat dikandung udara. Kelembaban relatif dihitung dengan menggunakan rumus berikut.

$$K = \frac{T}{P} \times 100\%$$

Keterangan:

K = kelembapan relatif.

T = uap air yang dikandung udara pada temperatur tertentu.

P = kapasitas kandungan uap air maksimum.

2.7 Lama Penyinaran

Lama penyinaran matahari merupakan salah satu dari beberapa unsur klimatologi, dan didefinisikan sebagai kekuatan matahari yang melebihi 120 W/m^2 . Campbell Stokes Recorder merupakan alat pengukur lama penyinaran matahari yang secara resmi digunakan oleh Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika. Alat ini terdiri dari sebuah bola kaca berdiameter 10 cm yang berfungsi sebagai lensa cembung, dan kertas pias yang diletakkan di bagian fokus bola kaca. Kekuatan insolasi yang melebihi 120 W/m^2 akan meninggalkan jejak terbakar pada kertas pias yang panjang jejaknya berkaitan dengan lama penyinaran matahari. Menurut Hamdi (2014) lama penyinaran

matahari merupakan salah satu indikator yang penting di dalam klimatologi. Sinar matahari akan menggerakkan reaksi fotokimia di atmosfer (misalnya reaksi pembentukan ozon), menghasilkan uap air yang sangat dibutuhkan untuk terjadinya hujan, menjaga agar suhu atmosfer tetap hangat, dan lain sebagainya.

Pengukuran lama penyinaran matahari yang dilakukan oleh Pusat Sains dan Teknologi Atmosfer lebih dititikberatkan pada hubungannya dengan iklim, cuaca, dan polusi udara. Lama penyinaran matahari seringkali dikaitkan dengan musim. Musim penghujan didominasi oleh pendeknya penyinaran matahari harian sedangkan musim kemarau ditandai dengan banyaknya jumlah hari cerah yang berarti lama penyinaran harian yang lebih panjang. Perubahan pola lama penyinaran matahari bisa berdampak terhadap pembentukan uap air dalam rangkaian proses pembentukan awan hujan.

2.8 Penelitian Terdahulu yang Relevan

Penelitian terdahulu yang relevan merupakan hasil penelitian orang lain yang relevan dijadikan titik tolak penelitian ini dalam melakukan pengulangan, revisi, modifikasi, dan sebagainya.

Baru-baru ini, Verma (2016) melakukan penelitian mengenai peramalan FDI (*Foreign Direct Investment*) di India menggunakan metode fungsi transfer. Selain itu, Indrawati dan Sutijo (2012) juga menggunakan metode fungsi transfer melakukan penelitian untuk meramalkan jumlah ketersediaan beras di Jawa Timur, Arumugam dan Anithakumari (2013) yang meramalkan produksi karet di India, Tayyib dan Winahju (2014) yang meramalkan kecepatan angin di perairan Pulau Bawean.

Penelitian menggunakan metode fungsi transfer juga dilakukan oleh Megawati dkk (2015) untuk meramalkan tinggi gelombang di pesisir Semarang menggunakan model fungsi transfer *single input*, Resti dkk (2015) yang meramalkan produksi bawang merah di Jawa Tengah menggunakan model fungsi transfer *multi input*, dan Gnanapragasam & Cooray (2016) juga melakukan penelitian untuk meramalkan jumlah turis manca negara yang berkunjung ke Sri Lanka dengan menggunakan model fungsi transfer *dynamic*.

Penelitian oleh Ma'rufah dkk (2013) menunjukkan bahwa metode fungsi transfer merupakan metode yang lebih baik untuk meramalkan pendapatan operasional bank BRI karena menghasilkan nilai RMSE dan sMAPE yang lebih kecil dibandingkan metode *neural network*. Sedangkan Kannan dan Farook (2013) dalam penelitiannya meramalkan suhu atmosfer, mengatakan bahwa hasil ramalan dengan menggunakan model fungsi transfer memiliki kualitas yang sangat baik karena metode ini menggunakan deret *input* yang mempengaruhi deret *output* dalam proses peramalannya.

2.9 Kerangka Berpikir

Peramalan adalah suatu cara untuk memprediksi apa yang akan terjadi di masa yang akan datang. Peramalan muncul karena adanya waktu senjang (*timelag*) antara kesadaran akan peristiwa atau kebutuhan mendatang dengan peristiwa itu sendiri. Peramalan diperlukan untuk menetapkan suatu peristiwa akan terjadi sehingga tindakan yang tepat dapat dilakukan. Peramalan merupakan alat bantu yang penting dalam perencanaan yang efektif dan efisien. Terdapat dua

pendekatan untuk melakukan peramalan yaitu pendekatan kualitatif dan pendekatan kuantitatif.

1. Metode peramalan kualitatif adalah metode subyektif (intuitif) yang mendasarkan pada informasi kualitatif untuk memprediksi kejadian-kejadian di masa yang akan datang dan pendekatan ini digunakan ketika data historis tidak tersedia.
2. Metode peramalan kuantitatif adalah peramalan yang sangat mengandalkan pada data historis yang dimiliki. Peramalan kuantitatif dapat diterapkan bila terdapat tiga kondisi berikut.
 - a. Tersedia informasi tentang masa lalu.
 - b. Informasi tersebut dapat dikuantitatifkan dalam bentuk data numerik.
 - c. Dapat diasumsikan bahwa beberapa aspek pola masa lalu akan terus berlanjut di masa mendatang.

Metode kuantitatif dapat dibagi menjadi dua tipe yaitu.

1) Metode regresi (*causal*)

Menurut Makridakis dkk, (1999: 15) peramalan *causal* mengasumsikan adanya hubungan sebab dan akibat di antara *input* dengan *output* dari suatu sistem. Pada peramalan *causal*, setiap perubahan dalam *input* akan berakibat pada *output* sistem. Langkah pertama dalam peramalan ini adalah menemukan hubungan sebab dan akibat dengan mengamati *output* sistem dan menghubungkannya dengan *input* yang bersangkutan. Hubungan ini kemudian dapat digunakan untuk

meramalkan keadaan sistem yang akan datang, dengan memberikan *input* yang telah diketahui untuk keadaan mendatang.

2) Metode runtun waktu (*time series*)

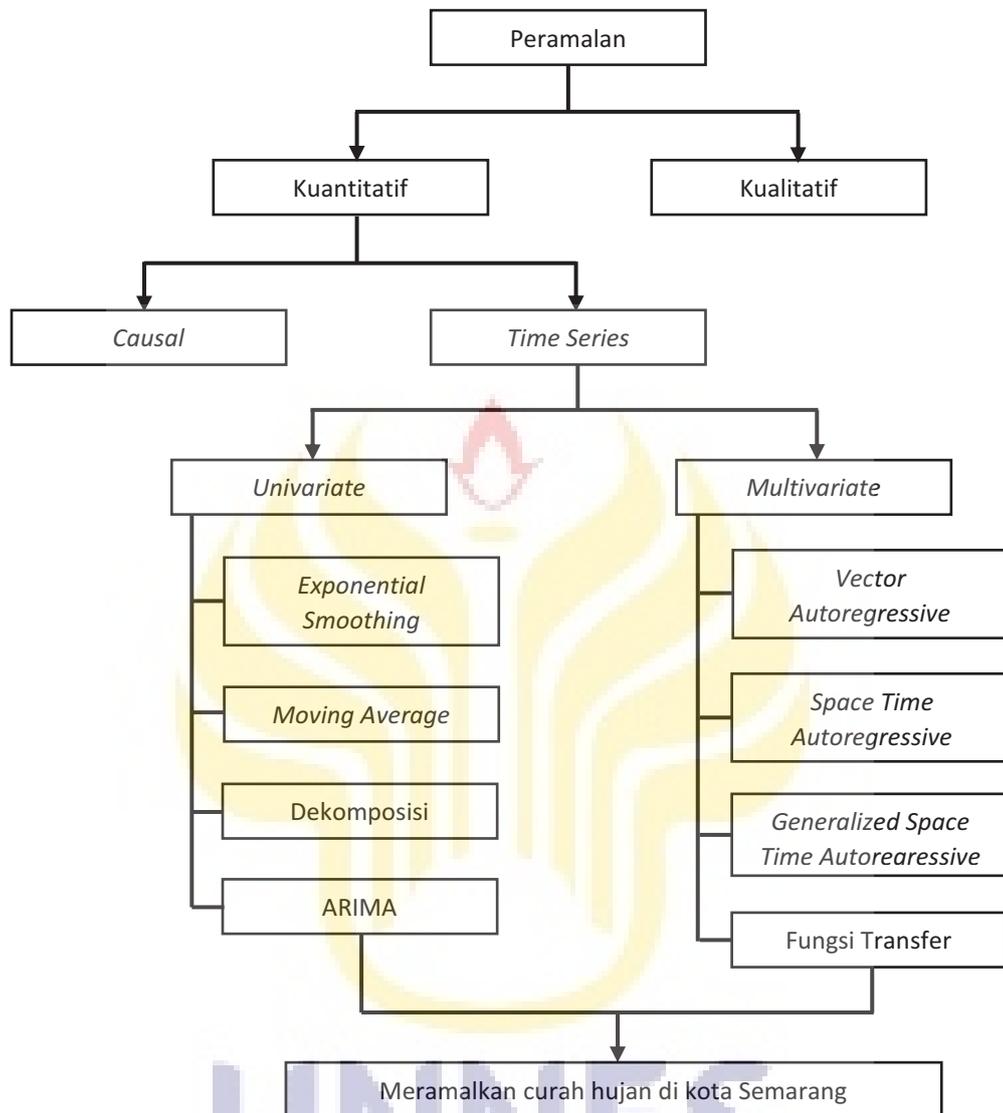
Metode runtun waktu merupakan metode kuantitatif untuk pendugaan berdasarkan data masa lalu dari suatu variabel yang telah dikumpulkan secara teratur (Hendikawati, 2015: 2). Tujuan metode runtun waktu adalah menemukan pola dalam deret data historis dan mengekstrapolasikan pola tersebut ke masa depan (Makridakis dkk, 1999: 9). Perhatian utama dari metode ini hanya untuk meramalkan apa yang akan terjadi dan bukan mengetahui mengapa hal itu terjadi.

Dalam penelitian ini digunakan metode peramalan dengan menggunakan variabel waktu yang dikenal dengan *time series*. Berdasarkan jumlah variabel yang diteliti, metode runtun waktu dapat dikelompokkan menjadi dua yaitu.

1. Runtun waktu *univariate* adalah runtun waktu yang hanya terdiri dari satu variabel. Beberapa metode yang termasuk dalam runtun waktu *univariate* yaitu *exponential smoothing*, *moving average*, dekomposisi, dan ARIMA.
2. Runtun waktu *multivariate* adalah runtun waktu yang terdiri dari dua atau lebih variabel. Beberapa metode yang termasuk dalam runtun waktu *multivariate* yaitu *Vector Autoregressive*, *Space Time Autoregressive*, *Generalized Space Time Autoregressive*, dan fungsi transfer.

Dalam penelitian ini digunakan metode fungsi transfer. Fungsi transfer adalah suatu metode yang mencampurkan pendekatan runtun waktu dengan pendekatan *causal*. Tujuan pemodelan fungsi transfer adalah untuk menetapkan

model sederhana yang menghubungkan deret *output* (Y_t) dengan deret *input* (X_t) dan *noise* (N_t) (Makridakis dkk, 1999: 443). Terdapat empat tahap utama dalam proses pembentukan model fungsi transfer yaitu: identifikasi bentuk model, penaksiran parameter-parameter model fungsi transfer, uji diagnosa model fungsi transfer, dan penggunaan model fungsi transfer untuk peramalan. Pada tahap identifikasi bentuk model, untuk mendapatkan model dari masing-masing variabel digunakan metode ARIMA. Metode ARIMA termasuk dalam runtun waktu *univariate*. Metode ARIMA (*Autoregressive Integrated Moving Average*) menggabungkan metode penghalusan, metode regresi, dan metode dekomposisi yang digunakan untuk peramalan analisis runtun waktu tunggal.



Gambar 2.5 Kerangka Berpikir

BAB 5

PENUTUP

5.1 Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan yang telah dilakukan, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut.

1. Berdasarkan analisis dengan metode ARIMA untuk deret *input* kelembaban udara di Kota Semarang, diperoleh model terbaik yakni model ARIMA(2,0,2) dengan persamaan sebagai berikut.

$$x_{1t} = 1,03966 x_{1t-1} - 0,04271 x_{1t-2} + \alpha_{1t} + 0,07168 \alpha_{1t-1} \\ + 0,0414 \alpha_{1t-2}$$

Untuk deret *input* lama penyinaran, diperoleh model terbaik yakni model ARIMA(2,0,1) dengan persamaan sebagai berikut.

$$x_{2t} = 1,7749 x_{2t-1} - 0,7749 x_{2t-2} + \alpha_{2t} - 0,92924 \alpha_{2t-1}$$

Sedangkan untuk deret *output* curah hujan, diperoleh model terbaik yakni model ARIMA(1,0,1) dengan persamaan sebagai berikut.

$$y_t = y_{t-1} + \alpha_t - 0,87045 \alpha_{t-1}$$

2. Berdasarkan analisis dengan metode fungsi transfer dengan data kelembaban udara dan lama penyinaran di Kota Semarang sebagai deret *input* dan data curah hujan di Kota Semarang sebagai deret *output*, diperoleh model fungsi transfer *multi input* dengan persamaan sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
y_t = & 0,76335 y_{t-1} + 0,29195 (x_1)_t - 0,22286 (x_1)_{t-1} \\
& - 1,71421 (x_2)_t + 3,46817 (x_2)_{t-1} - 3,58695 (x_2)_{t-2} \\
& + 1,71606 (x_2)_{t-3} + \alpha_t - 0,54243 \alpha_{t-1}
\end{aligned}$$

3. Berdasarkan model fungsi transfer *multi input* yang diperoleh, maka hasil ramalan curah hujan di Kota Semarang untuk Bulan Maret 2017 sampai dengan Desember 2018 berturut-turut yakni 11,6180 mm; 15,5543 mm; 16,0516 mm; 13,6466 mm; 13,2662 mm; 12,9536 mm; 12,6937 mm; 12,4749 mm; 12,2879 mm; 12,1257 mm; 11,9827 mm; 11,8548 mm; 11,7386 mm; 11,6316 mm; 11,5316 mm; 11,4373 mm; 11,3474 mm; 11,261 mm; 11,1773 mm; 11,0957 mm; 11,016 mm; 10,9376 mm. Berdasarkan hasil analisis diketahui bahwa pada tahun 2017, curah hujan maksimum terjadi pada Bulan Mei dengan tingkat curah hujan sebesar 16,0516 mm, sedangkan pada tahun 2018 curah hujan maksimum terjadi pada Bulan Januari dengan tingkat curah hujan sebesar 11,9827 mm. Curah hujan minimum untuk tahun 2017 dan 2018 terjadi pada Bulan Desember, dengan tingkat curah hujan sebesar 12,1257 mm pada tahun 2017 dan 10,9376 mm pada tahun 2018. Pada tahun 2017 nampak terjadi peningkatan curah hujan khususnya pada Bulan April dan Mei. Pada bulan-bulan selanjutnya banyaknya curah hujan terus menerus mengalami penurunan. Sedangkan pada tahun 2018 terjadi penurunan curah hujan dari bulan ke bulan.

5.2 Saran

Penelitian ini melakukan peramalan untuk jangka panjang, sehingga memerlukan data runtun waktu dengan periode yang panjang. Dalam melakukan penelitian, pemilihan model ARIMA untuk deret *noisenya* belum tentu memenuhi asumsi *white noise*, jadi jika tidak menemukan model ARIMA dari deret *noise* yang memenuhi asumsi *white noise* maka disarankan untuk tetap melanjutkan penelitiannya. Jika pada peramalan terdapat data pencilan atau terjadi perubahan pola data, maka disarankan untuk menggunakan model multivariat yang lain seperti model intervensi atau model Filter Kalman. Model intervensi merupakan rangkaian prosedur deret waktu yang dapat digunakan untuk memodelkan dan meramalkan data yang dipengaruhi oleh suatu kejadian atau intervensi. Kelebihan dari model ini adalah dapat mendeteksi nilai-nilai ekstrim, sedangkan model Filter Kalman memiliki kelebihan mampu memperbarui parameter-parameternya dengan memperhitungkan adanya perubahan pola.

DAFTAR PUSTAKA

- Arikunto, S. 1996. *Prosedur Penelitian Suatu Pendekatan Praktek*. Jakarta: Rineka Cipta.
- Arumugam, P. & V. Anithakumari. 2013. Seasonal Time Series and Transfer Function Modelling for Natural Rubber Forecasting in India. *International Journal of Computer Trends and Technology (IJCTT)*, 4(5).
- Asrini, L. J. 2017. Penentuan Indeks Harga Saham Gabungan (IHSG) Menggunakan Analisis Fungsi Transfer. *Jurnal Muara Sains, Teknologi, Kedokteran, dan Ilmu Kesehatan*, 1(1): 18-28.
- Buletin Pemantauan Ketahanan Pangan Indonesia. Fokus Utama: Musim Hujan. Volume 5, Desember 2016. Tersedia di <http://bmkg.go.id/iklim/buletin-iklim.bmkg> [diakses 02-04-2017].
- Gnanapragasam, S. R. & Cooray, T. M. J. A. 2016. Forecasting Post-War Tourist Arrivals to Sri Lanka Using Dynamic Transfer Function Modeling Method. *International Journal of Multidisciplinary Studies*, 3(2): 111-122.
- Hamdi, S. 2014. Mengenal Lama Penyinaran Matahari sebagai Salah Satu Parameter Klimatologi. *Berita Dirgantara Vol. 15 No 1 Juni 2014*: 7-16. Bandung: Pusat Sains dan Teknologi Atmosfer, Lapan.
- Hendikawati, P. 2015. *Peramalan Data Runtun Waktu Metode dan Aplikasinya dengan Minitab & Eviews*. Semarang: FMIPA Unnes.
http://dataonline.bmkg.go.id/data_iklim [diakses 09-03-2017].
<http://dataonline.bmkg.go.id/webfaq> [diakses 11-03-2017].
- Indrawan, F. B. N. & B. Sutijo. 2012. Pemodelan Jumlah Ketersediaan Beras untuk Jawa Timur dengan Pendekatan Fungsi Transfer. *Jurnal Sains dan Seni ITS*, 1(1): 81-86.
- Kannan, K. S. & A. J. Farook. 2013. Transfer Function Modeling for Global Warming. *International Journal of Scientific Research*, 2(8): 504-507.
- Ma'rufah, N., S. P. Rahayu, & Suhartono. 2013. Peramalan Pendapatan Operasional Bank Menggunakan Metode Fungsi Transfer dan Neural Network. *Jurnal Sains dan Seni Pomits*, 2(2): 219-224.
- Makridakis, S., Wheelwright, S. C., & McGee, V. E. 1999. *Metode dan Aplikasi Peramalan, Jilid Satu Edisi Kedua*. Translated by Andriyanto, U. S. & A. Basith. Jakarta: Erlangga.

- Megawati, F., R. Rahmawati, & Suparti. 2015. Peramalan Tinggi Gelombang Berdasarkan Kecepatan Angin di Perairan Pesisir Semarang Menggunakan Model Fungsi Transfer (Studi Kasus Bulan Januari 2014 sampai dengan Desember 2014). *Jurnal Gaussian*, 4(4): 865-873. Tersedia di <http://ejournal-s1.undip.ac.id/index.php/gaussian> [diakses 02-04-2017].
- Paradita, E. 2016. *Pemodelan Fungsi Transfer untuk Meramalkan Tingkat Inflasi Indonesia. Semarang*. Skripsi. Semarang: FMIPA Universitas Negeri Semarang.
- Parhusip, H. A. & M. E. Winarso. 2014. Analisa Data Iklim Boyolali dengan Regresi Klasik dan Metode GSTAR. *Prosiding Seminar Nasional Matematika dan Pendidikan Matematika*. Boyolali: Universitas Kristen Satya Wacana.
- Putra, E. A. H. 2015. *Analisis Curah Hujan Bulanan Menggunakan Metode Exponential Smoothing (Studi Kasus: Katulampa Bogor)*. Skripsi. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Resti, Y. R., A. Hoyyi, & R. Rahmawati. 2015. Pendekatan Model Fungsi Transfer *Multi Input* untuk Analisis Hubungan antara Luas Panen dan Luas Tambah Tanam dengan Produksi Bawang Merah di Jawa Tengah. *Jurnal Gaussian*, 4(3): 705-714. Tersedia di <http://ejournal-s1.undip.ac.id/index.php/gaussian> [diakses 08-03-2017].
- Rosadi, D. 2011. *Ekonometrika & Analisis Runtun Waktu Terapan dengan Eviews*. Yogyakarta: ANDI.
- SAS Institute Inc. 2014. *SAS/ETS® 13.2 User's Guide The ARIMA Procedure*. USA: SAS Institute Inc. Tersedia di <http://support.sas.com/bookstore>
- Sugiyono. 2003. *Statistik untuk Penelitian*. Bandung: Alfabeta.
- Sukestiyarno. 2013. *Olah Data Penelitian Berbantuan SPSS*. Semarang: Unnes.
- Tayyib, M & W. S. Winahju. 2014. Pemodelan Kecepatan Angin di Perairan Pulau Bawean dengan Menggunakan Fungsi Transfer. *Jurnal Sains dan Seni ITS*, 3(2): 248-253.
- Verma, P. & U. Verma. 2016. Use of Transfer Function Models for FDI Estimation in India. *International Journal of Pure and Applied Mathematical Technologies*, Vol.2016.1.2: 37-43.
- Wei, W. W. S. 2006. *Time Series Analysis: Univariate and Multivariate Methods 2nd Edition*. London: Temple University.
- Winarno, W. W. 2011. *Analisis Ekonometrika dan Statistika dengan Eviews Edisi 3*. Yogyakarta: UPP STIM YKPN.