

**PREDIKSI CURAH HUJAN DENGAN METODE
KALMAN FILTER
(Studi Kasus di Kota Semarang Tahun 2012)**



SKRIPSI

Disusun Oleh :

TIKA DHIYANI MIRAWATI

NIM : J2E 008 057

**JURUSAN STATISTIKA
FAKULTAS SAINS DAN MATEMATIKA
UNIVERSITAS DIPONEGORO
SEMARANG**

2013

**PREDIKSI CURAH HUJAN DENGAN METODE
KALMAN FILTER
(Studi Kasus di Kota Semarang Tahun 2012)**

**Tika Dhiyani Mirawati
NIM : J2E 008 057**

**Sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh Gelar
Sarjana Sains pada Jurusan Statistika**

**JURUSAN STATISTIKA
FAKULTAS SAINS DAN MATEMATIKA
UNIVERSITAS DIPONEGORO
SEMARANG
2013**

HALAMAN PENGESAHAN I

Judul : Prediksi Curah Hujan dengan Metode Kalman Filter (Studi Kasus di Kota Semarang Tahun 2012)

Nama : Tika Dhiyani Mirawati

NIM : J2E 008 057

Telah diujikan pada sidang Tugas Akhir tanggal 2 Juli 2013 dan dinyatakan lulus pada tanggal 18 Juli 2013.

Semarang, 18 Juli 2013

Mengetahui,

Ketua Jurusan Statistika



Dia. Hj. Dwi Ispriyanti, M.Si
NIP. 19570914198603 2 001

Panitia Penguji Ujian Tugas Akhir

Ketua,

A handwritten signature in black ink, likely belonging to the Chairman of the Final Task Exam Panel.

Drs. Sudarno, M.Si
NIP. 19640709199201 1 001

HALAMAN PENGESAHAN II

Judul : Prediksi Curah Hujan dengan Metode Kalman Filter (Studi Kasus di Kota Semarang Tahun 2012)

Nama : Tika Dhiyani Mirawati

NIM : J2E 008 057

Telah diujikan pada sidang Tugas Akhir tanggal 2 Juli 2013

Semarang, 18 Juli 2013

Pembimbing I



Hasbi Yasin, S.Si, M.Si
NIP. 19821217200604 1 003

Pembimbing II



Drs. Agus Rusgiyono, M.Si
NIP. 19640813199001 1 001

KATA PENGANTAR

Dengan memanjatkan puji dan syukur kepada Tuhan semesta alam yang telah memberikan anugerah dan kemampuan kepada penulis sehingga penulis mampu menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul **“Prediksi Curah Hujan dengan Metode Kalman Filter (Studi Kasus di Kota Semarang Tahun 2012)”**. Penulisan Tugas Akhir ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana S1 pada Jurusan Statistika Fakultas Sains dan Matematika Universitas Diponegoro Semarang.

Pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Dra. Dwi Ispriyanti, M.Si, selaku Ketua Jurusan Statistika Fakultas Sains dan Matematika Universitas Diponegoro.
2. Hasbi Yasin, S.Si, M.Si selaku Dosen Pembimbing I dan Drs. Agus Rusgiyono, M.Si selaku Dosen Pembimbing II, atas bimbingan, saran, dan pengarahan sehingga penyusunan skripsi dapat terselesaikan.
3. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu, atas segala arahan, bimbingan dan bantuan selama penulis menempuh proses pendidikan sampai saat ini.

Penulis menyadari bahwa penulisan Tugas Akhir ini masih jauh dari kesempurnaan. Oleh karena itu, penulis mengharap kritik dan saran yang membangun. Semoga penulisan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi semua pihak.

Semarang, Juli 2013

Penulis

ABSTRAK

Data curah hujan sangat menarik untuk dikaji sebab curah hujan merupakan salah satu faktor terbesar yang mempengaruhi iklim suatu wilayah dan mempengaruhi berbagai sektor kehidupan manusia. Pada penelitian ini prediksi curah hujan dilakukan menggunakan metode Kalman Filter. Penerapan analisis Kalman Filter ditujukan untuk memodelkan dan meramalkan curah hujan di kota Semarang. Kalman Filter merupakan salah satu metode runtun waktu yang dapat digunakan dalam menentukan ramalan ke depan. Metode ini bekerja secara rekursif untuk meminimalkan ketidaktepatan dalam peramalan. Kalman Filter terdiri dari persamaan keadaan dan observasi. Hasil peramalan Kalman Filter terhadap curah hujan kota Semarang pada tahun 2012 mendekati data aktual sedangkan pada tahun 2013 terjadi peningkatan curah hujan dengan nilai peramalan tertinggi terdapat pada bulan Februari sebesar 406 mm dan curah hujan terendah pada bulan Juli sebesar 35 mm. Rata-rata curah hujan pada tahun 2013 di Kota Semarang adalah sebesar 196,25 mm.

Kata kunci : Curah Hujan, Kalman Filter, Runtun waktu

ABSTRACT

The rainfall data is very interesting to be studied because it is constitutes one of the biggest factor that influence the climate on a region and human life sector. In this studies, the rainfall prediction is utilized by Kalman Filter method. The implementation of Kalman Filter analysis in this research is used for modelling and forecasting rainfall in Semarang city. This method provide a recursive solution to minimize error. Kalman Filter consists of state equation and observation equation. The forecasting result in 2012 showed that the prediction is close to the current data whereas in 2013 it increase which the maximum rainfall is 406 mm happening in February and the minimum rainfall is 35 mm happening in July. Overall, the average rainfall in 2013 at Semarang city is 196,25 mm.

Keywords : Rainfall, Kalman Filter, Time Series

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN I.....	iii
HALAMAN PENGESAHAN II.....	iv
KATA PENGANTAR.....	v
ABSTRAK.....	vi
ABSTRACT.....	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiii
DAFTAR SIMBOL.....	xiv
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan Penulisan	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Analisis Runtun Waktu	5
2.2 Istilah dalam Runtun Waktu	5
2.2.1 Stasioneritas	5
2.2.2 Differensi.....	8
2.2.3 <i>Autocorrelation Function</i> (ACF)	8
2.2.4 <i>Partial Autocorrelation Function</i> (PACF).....	9

2.3 Model Runtun Waktu	10
2.3.1 Runtun Waktu Non Musiman	10
2.3.2 Runtun Waktu Musiman	12
2.4 Tahapan Pemodelan	13
2.4.1 Identifikasi Model	13
2.4.2 Estimasi Parameter	14
2.4.3 Verifikasi Model	16
2.4.3.1 Uji Normalitas Residual	16
2.4.3.2 Uji Independensi Residual	17
2.4.3.3 Pemilihan Model Terbaik	18
2.5 Kalman Filter	18
2.5.1 Representasi Ruang Keadaan	21
2.5.1.1 Proses AR (p)	21
2.5.1.2 Proses MA (q)	22
2.5.1.3 Proses ARMA (p,q)	23
2.5.2 Proses Rekursi	23
2.5.3 Estimasi Parameter	24
2.5.4 Peramalan dengan Kalman Filter	25
2.6 Interval Konfidensi	25
 BAB III METODOLOGI PENELITIAN	
3.1 Jenis dan Sumber Data	27
3.2 Langkah Analisis	27
 BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN	
4.1 Statistik Deskriptif Data Curah Hujan Kota Semarang	30

4.2 Analisis Runtun Waktu Data Curah Hujan	31
4.2.1 Pengujian Stasioneritas	31
4.2.2 Identifikasi Model	33
4.3. Estimasi Parameter dan Uji Signifikansi Model ARIMA.....	34
4.4 Verifikasi Model	35
4.5 Kalman Filter.....	37
BAB V KESIMPULAN	51
DAFTAR PUSTAKA.....	53
LAMPIRAN	55

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1. Diagram Alir Analisis Data.....	29
Gambar 2. Plot Runtun Waktu Data Curah Hujan Kota Semarang Januari 2005– Desember 2011.....	31
Gambar 3. Plot ACF dan PACF Data Curah Hujan Kota Semarang Januari 2005– Desember 2011.....	31
Gambar 4. Plot Runtun Waktu Data Curah Hujan Kota Semarang dari Januari Tahun 2005 – Desember 2011 Setelah Differensi Lag 12.....	33
Gambar 5. Plot ACF dan PACF Data Curah Hujan Kota Semarang dari Januari Tahun 2005 – Desember 2011 Setelah Differensi Lag 12.....	33
Gambar 6. Grafik Perbandingan Nilai Aktual dan Hasil Peramalan	49

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1. Nilai Kritis untuk t_1^*	7
Tabel 2. Pola ACF dan PACF	14
Tabel 3. Statistik Deskriptif Jumlah Curah Hujan Kota Semarang Januari 2005 – Desember 2011	30
Tabel 4. Nilai Probabilitas Uji Dickey Fuller pada Data Curah Hujan	32
Tabel 5. Estimasi dan Uji Signifikansi Parameter Model	34
Tabel 6. Independensi Residual Curah Hujan	36
Tabel 7. Hasil Prediksi Curah Hujan Kota Semarang Tahun 2012	47
Tabel 8. Perbandingan Hasil Prediksi dengan Data Aktual Tahun 2012	48
Tabel 9. Hasil Peramalan Curah Hujan Kota Semarang Tahun 2013	50

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1. Data Curah Hujan Bulanan Kota Semarang Tahun 2005-2012.....	54
Lampiran 2. Pengujian Stasioneritas Runtun Waktu dengan Dickey Fuller pada Data Curah Hujan Bulanan Kota Semarang.....	55
Lampiran 3. Estimasi Parameter dan Verifikasi Model pada Data Curah Hujan Bulanan Kota Semarang.....	56
Lampiran 4. Prediksi Curah Hujan Kota Semarang dengan Kalman Filter Tahun 2012.....	62
Lampiran 5. Prediksi Curah Hujan Kota Semarang dengan Kalman Filter Tahun 2013.....	93

DAFTAR SIMBOL

Z_t	: Variabel Z pada waktu ke-t.
$E(Z_t)$: Mean untuk Z_t .
$\text{Var}(Z_t)$: Variansi untuk Z_t .
$\text{Cov}(Z_{t+k}, Z_t)$: Kovariansi antara Z_t dan Z_{t+k} .
χ_k	: Koefisien autokovariansi pada lag ke-k.
\dots_k	: Koefisien autokorelasi pada lag ke-k.
w	: Polinomial autoregresif dengan derajat p.
$..$: Polinomial rataan bergerak dengan derajat q.
v_t	: Residual pada observasi / waktu ke-t.
Z_{t-1}	: Variabel Z pada waktu ke t-1.
w^*	: Polinomial autoregresif pada hasil diferensi ($w - 1$).
\hat{w}^*	: Estimasi untuk w^* .
$SE\hat{w}^*$: Standar eror yang diestimasi dari \hat{w}^* .
t_1^*	: Rasio t/ Statistik Dickey-Fuller.
w_{kk}	: Koefisien autokorelasi Parsial pada lag ke-k.
p	: Tingkat/derajat dari model autoregresif.
q	: Tingkat/derajat dari model rataan bergerak.
B	: Operator langkah mundur (<i>backshift operator</i>).
\dagger^2	: Variansi dari Z_t ($\text{Var}(Z_t)$).

$w(B)$: Operator autoregresif dengan derajat p .
$m(B)$: Operator rata-rata bergerak dengan derajat q .
$\bar{\cdot}$: Mean.
a_t	: Barisan pengganggu yang merupakan <i>white noise</i> .
ξ	: Vektor keadaan berukuran $(r \times 1)$.
F	: Matriks parameter berukuran $(r \times r)$ pada persamaan keadaan.
H'	: Matriks parameter berukuran $(n \times r)$ pada persamaan observasi.
v	: Vektor <i>noise</i> berukuran $(r \times 1)$ pada persamaan keadaan.
w	: Vektor <i>noise</i> berukuran $(n \times 1)$ pada persamaan observasi.
y	: Vektor dari variabel terobservasi berukuran $(n \times 1)$.
Q	: Matriks varian kovarian berukuran $(r \times r)$ dari gangguan persamaan keadaan.
R	: Matriks varian kovarian berukuran $(n \times n)$ dari gangguan persamaan observasi.
r	: orde ARIMA dari data pengamatan.
n	: jumlah variabel bebas pada data pengamatan
k	: lag maksimum

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sesuai dengan Dewantara (2012), cuaca dan iklim merupakan sebuah proses fenomena di atmosfer yang keberadaannya sangat penting dalam berbagai aktivitas kehidupan. Perhatian mengenai informasi cuaca dan iklim semakin meningkat seiring dengan meningkatnya fenomena alam yang tidak lazim terjadi atau biasa disebut dengan cuaca ekstrim yang sulit untuk dikendalikan dan dimodifikasi. Contoh fenomena ekstrim tersebut adalah meningkatnya suhu udara saat siang hari dan dinginnya suhu udara saat malam hari, hujan deras dan angin kencang di musim kemarau, banjir bandang dan tsunami yang melanda berbagai daerah di belahan dunia, serta angin kencang dan gempa bumi yang menyebabkan kerusakan hebat pada rumah penduduk. Dampak yang ditimbulkan oleh cuaca ekstrim tersebut dapat diminimalisir dengan penyediaan informasi mengenai peluang terjadinya cuaca ekstrim seperti prediksi curah hujan di suatu daerah dalam jangka waktu tertentu, prediksi terjadinya gempa, angin kencang dan gelombang laut yang berpotensi mengakibatkan bencana alam.

Dalam penulisan tugas akhir ini akan diambil studi kasus mengenai data curah hujan di Semarang. Data curah hujan sangat menarik untuk dikaji sebab curah hujan merupakan salah satu faktor terbesar yang mempengaruhi iklim suatu wilayah dan mempengaruhi berbagai sektor kehidupan manusia. Prediksi curah hujan di suatu daerah dapat digunakan dalam bidang pertanian, pelayaran, penerbangan, pemerintahan, bisnis dan lain-lain.

Pada penulisan tugas akhir ini prediksi curah hujan dilakukan dengan metode Kalman Filter. Kalman Filter merupakan salah satu metode yang dikembangkan pertama kali oleh R.E Kalman (1960). Metode ini dapat digunakan untuk menyatakan suatu model runtun waktu yang ditampilkan dalam bentuk linier *state space* (Brockwell and Davis, 1991). Menurut Meinhold dan Singpurwala (1983), model, teknik, dan notasi dari Kalman Filter hampir sama dengan model regresi linier dan analisis runtun waktu. Perbedaannya terletak pada sifat rekursif yang ada pada Kalman Filter (Welch and Gary, 2001). Metode ini biasanya diterapkan oleh insinyur mekanik dan ahli fisika dalam proses pelacakan sinyal mulai di ruang angkasa hingga sinyal sonar di bawah air. Menurut Meinhold dan Singpurwala (1983), akhir-akhir ini, Kalman Filter juga digunakan pada penerapan bidang nonmekanik seperti peramalan jangka pendek, pengendalian kualitas statistik dan analisis jangka hidup percobaan dosis obat. Beberapa contoh penerapan metode Kalman Filter dalam berbagai bidang ilmu seperti teknik elektro, teknik mesin, teknik industri, teknik kimia, prakiraan cuaca, dan sebagainya. Berikut contoh penelitian yang telah dilakukan dengan metode Kalman Filter :

1. Prediksi Curah Hujan Bulanan Menggunakan Metode Kalman Filter dengan Prediktor SST Nino 3.4 Diprediksi (Tresnawati.R., dkk , 2010).
2. Skenario Tenggang Waktu SST Nino 3.4 Terhadap Curah Hujan untuk Meningkatkan Akurasi Prediksi Kalman Filter (Tresnawati dan Komalasari, 2011).

Kalman Filter memiliki beberapa keunggulan dibandingkan dengan metode lain seperti yang dijelaskan berikut

1. Proses estimasi menggunakan bentuk dari kontrol umpan balik (rekursif) yang dapat memperkecil nilai *Mean Square Error* (MSE) dan *noise* (Tresnawati.R., dkk , 2010).
2. Dapat terus diperbaharui dengan data terbaru sehingga nilai prediksi selalu *update* (Welch and Gary, 2001).
3. Mudah diterapkan dalam berbagai disiplin ilmu karena sifatnya yang rekursif (Meinhold and Singpurwala, 1983).

Selain memiliki berbagai keunggulan Kalman Filter juga memiliki kelemahan menurut Wei (2006) yaitu keberhasilan dalam mendapatkan hasil prediksi optimal bergantung pada ketepatan estimasi keadaan (*state*) awal pada data observasi terbaru.

Pada penulisan tugas akhir ini akan diambil studi kasus untuk memprediksi jumlah curah hujan perbulan di kota Semarang dengan metode Kalman Filter. Sebelumnya data curah hujan diidentifikasi model ARIMA (p,d,q) untuk pembentukan model Kalman Filter. Setelah model pada Kalman Filter terbentuk dilakukan peramalan pada data curah hujan perbulan di kota Semarang untuk beberapa waktu ke depan. Pembatasan masalah akan dibatasi pada pendekatan Kalman Filter untuk memprediksi jumlah curah hujan perbulan di kota Semarang. Data yang digunakan adalah data curah hujan di kota Semarang setiap bulannya dari tahun 2005 sampai dengan 2012 yang diambil dari Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG) Stasiun Klimatologi Semarang.

1.2 Tujuan Penulisan

Tujuan penulisan tugas akhir ini adalah :

1. Menentukan model curah hujan Kota Semarang dengan metode Kalman Filter.
2. Memprediksi curah hujan di Kota Semarang mulai bulan Januari sampai Desember 2012 dengan Kalman Filter dan membandingkannya dengan data aktual.
3. Memprediksi curah hujan di Kota Semarang tahun 2013.