

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/327413976>

Prediksi Cuaca Kota Surabaya Menggunakan Autoregressive Integrated Moving Average (Arima) Box Jenkins dan Kalman Filter

Article in *Jurnal Matematika MANTIK* · May 2018

DOI: 10.15642/mantik.2018.4.1.59-67

CITATIONS

2

READS

292

2 authors, including:



Yuniar Farida

UIN Sunan Ampel Surabaya

31 PUBLICATIONS 14 CITATIONS

SEE PROFILE

PREDIKSI CUACA KOTA SURABAYA MENGGUNAKAN *AUTOREGRESSIVE INTEGRATED MOVING AVERAGE (ARIMA) BOX JENKINS DAN KALMAN FILTER*

Nurissaidah Ulinnuha¹, Yuniar Farida²

Universitas Islam Negeri Sunan Ampel Surabaya¹, nuris.ulinnuha@uinsby.ac.id¹

Universitas Islam Negeri Sunan Ampel Surabaya², yuniar_farida@uinsby.ac.id²

DOI: <https://doi.org/10.15642/mantik.2018.4.1.59-67>

Abstrak

Perubahan kondisi musim di Indonesia menimbulkan banyak bencana seperti tanah longsor, banjir, angin puting beliung bahkan hujan es. Kondisi cuaca ekstrem yang terjadi ada baiknya harus tetap di waspadai untuk mengantisipasi berbagai kemungkinan yang terjadi dan untuk mengurangi serta meminimalkan dampak yang merugikan masyarakat. Perancangan sistem prediksi cuaca pada penelitian ini menggunakan model *Autoregressive Integrated Moving Average ARIMA Box Jenkins* dan *Kalman filter* dengan tujuan dapat memprediksi cuaca Kota Surabaya yang semakin ekstrem di akhir tahun 2017. Pada penelitian ini prediksi difokuskan pada variabel kelembapan, suhu, dan kecepatan angin dengan hasil prediksi 5 hari kedepan. Adapun prediksi cuaca Kota Surabaya menggunakan metode ARIMA – *Kalman filter* didapatkan goal error terkecil (error MAPE) masing masing sebesar 0.000389 untuk prediksi kelembapan, 0.000705 untuk prediksi suhu, dan 0.0169 untuk prediksi kecepatan angin.

Kata kunci: *Prediksi Cuaca, ARIMA, Kalman filter, Polinomial*

Abstract

Season changes conditions in Indonesia cause many disasters such as landslides, floods and whirlwinds and even hail. Extreme weather conditions that occur, it is better to remain alert to anticipate the various possibilities that occur and to reduce and minimize the impact that can harm the people. The design of weather prediction system in this research using *Autoregressive Integrated Moving Average ARIMA Box Jenkins* model and *Kalman filter* with the aim to predict the increasingly extreme weather of Surabaya city at the end of 2017. In this research, weather prediction focused on humidity, temperature, and velocity wind with results 5 days later. The prediction of Surabaya city weather using ARIMA method - *Kalman filter* obtained the smallest error goal (error MAPE) of 0.000014 each for the prediction of humidity, 0.000037 for temperature prediction, and 0.0123 for wind speed prediction.

Keywords: *Weather Prediction, ARIMA, Kalman Filter, Polynomial*

1. Pendahuluan

Pada awal tahun 2017, Indonesia telah mengalami cuaca ekstrem yang disertai dengan hujan deras. Hal ini disebabkan oleh anomali yang cukup signifikan yang terjadi di sejumlah daerah di Indonesia khususnya di wilayah Samudra Hindia pada akhir tahun 2016. Adanya anomali yang ekstrem ini membuat musim di Indonesia berubah. Seperti musim kemarau yang biasanya terjadi pada bulan April sampai dengan bulan September,

berubah menjadi musim penghujan. Faktor penyebab cuaca ekstrem yang terjadi tidak hanya dari anomali saja, melainkan di sebabkan faktor Monsun, pertumbuhan awan konvektif lokal yang signifikan, meningkatnya SPL (suhu permukaan laut), tingginya kelembapan udara, gaya *coriolis* dan *dipole mode* [1]. Hal ini membuat kondisi cuaca regional diperkirakan tetap mengalami cuaca ekstrem sampai akhir tahun 2017.

Perubahan kondisi musim ini menimbulkan banyak bencana seperti tanah longsor, banjir, angin puting beliung bahkan hujan es. Tidak hanya itu, cuaca ekstrem ini juga memengaruhi harga sejumlah kebutuhan pokok masyarakat karena mengganggu produksi serta distribusi sehingga mendorong kenaikan harga dan kelangkaan stok. Kondisi cuaca ekstrem yang terjadi ada baiknya harus tetap di waspadai untuk mengantisipasi berbagai kemungkinan yang terjadi dan untuk mengurangi serta meminimalkan dampak yang merugikan. Oleh karena itu, diperlukan informasi cuaca yang lebih cepat, tepat, dan terperinci. Bahkan beberapa pihak lain menuntut tersedianya prediksi atau bahkan ramalan mengenai kondisi atmosfer dengan rentang waktu bulanan, harian, jam, bahkan dalam waktu menit.

Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG) sebagai lembaga pengamat cuaca hadir untuk memfasilitasi tersedianya informasi yang dapat diakses oleh masyarakat umum. Namun jika dilihat, prakiraan yang dilakukan BMKG masih perlu ditingkatkan dari segi keakuratannya, karena pada dasarnya para forecaster (peramal cuaca) menganalisis hasil prediksi secara subyektif [1] [2] [3]. Oleh karena itu, perlunya merancang prediksi cuaca untuk meminimalkan dampak yang akan terjadi.

Penelitian mengenai prediksi cuaca telah banyak dilakukan dan dipublikasikan dengan berbagai macam metode. Beberapa diantaranya adalah penelitian yang dilakukan oleh Arief Hanifan P. menggunakan media komunikasi *Short Message Service* [4], metode Fuzzy Takagi Sugeno yang digunakan dalam penelitian Nur Wakhid Habibullo [5], penelitian oleh Saatika Sharma yang menggunakan *Fuzzy Time series Model* [6], prediksi cuaca dengan jaringan syaraf tiruan yang dilakukan Kumar Abhishek [2] dan Deasy Adyanti yang mengimplementasikan *Time Series-ANFIS* dalam Memprediksi Cuaca Maritim di Laut Jawa [1].

Perancangan sistem prediksi cuaca pada penelitian ini menggunakan model *Autoregressive Integrated Moving Average ARIMA Box Jenkins* yang mana metode tersebut cocok dalam masalah *forecasting* [7] dan *Kalman filter* merupakan salah satu metode stokastik pengembangan model peramalan statistik *autoregressive* yang *recursive* dalam mengintegrasikan data pengamatan terbaru ke dalam model untuk memperbaharui (*update*) prediksi sebelumnya dan melanjutkan prediksi ke periode yang akan datang [8]. Berdasarkan

kondisi tersebut, maka peneliti melakukan penelitian tentang Prediksi Cuaca Kota Surabaya Menggunakan *Autoregressive Integrated Moving Average (ARIMA) Box Jenkins* dan *Kalman filter* dengan harapan mampu menghasilkan sistem prediksi yang lebih efektif dan efisien khususnya di wilayah Surabaya.

2. Kerangka Teori

2.1 Cuaca

Cuaca adalah fenomena-fenomena yang saat ini sedang terjadi di atmosfer bumi [9]. Menurut Arifin, cuaca merupakan suatu kondisi udara di suatu tempat pada waktu yang relatif singkat, yang dinyatakan dengan nilai berbagai parameter seperti suhu, tekanan udara, kecepatan angin, kelembapan udara, dan berbagai fenomena atmosfer lainnya. Pemilihan metode untuk menentukan kondisi cuaca adalah kegiatan yang akhir-akhir ini sering dilakukan oleh beberapa peneliti atmosfer atau cuaca [10].

2.2 Parameter Cuaca

Angin, kelembapan udara, tekanan udara, suhu udara, dan penyinaran matahari merupakan unsur-unsur cuaca yang sangat penting. Berikut adalah definisi-definisi dari unsur-unsur cuaca.

a. Suhu

Suhu udara adalah keadaan panas atau dinginnya udara. Alat untuk mengukur suhu udara atau derajat panas disebut *thermometer* [11]. Faktor-faktor yang memengaruhi tinggi rendahnya suhu udara di muka bumi adalah lamanya penyinaran matahari, sudut datang sinar matahari, relief permukaan bumi, banyak sedikitnya awan, dan perbedaan letak lintang [11].

b. Kelembapan Udara

Kelembapan udara terbagi menjadi dua, yaitu kelembapan udara absolut dan kelembapan udara relatif. Kelembapan udara absolut adalah banyaknya uap air yang terdapat di udara pada suatu tempat sedangkan kelembapan udara relatif adalah perbandingan jumlah uap air dalam udara dengan jumlah uap air maksimum yang dapat dikandung oleh udara tersebut dalam suhu yang sama [11].

c. Kecepatan Angin

Angin adalah udara yang bergerak dari tempat yang bertekanan tinggi ke daerah yang bertekanan rendah. Sifat angin dipengaruhi oleh tiga hal yaitu kekuatan angin, arah angin, dan kecepatan angin. Atmosfer udara mengikuti rotasi bumi setiap harinya, hal ini menyebabkan, molekul-molekul udara juga

mempunyai kecepatan yang arah geraknya menuju ke arah timur (menyesuaikan rotasi). Kecepatan gerak angin ini disebut sebagai kecepatan linear yang apabila semakin kecil kecepatan linearnya semakin mendekati ke arah kutub [11].

2.3 Autoregressive Integrated Moving Average Box Jenkins

Model ARIMA (*Autoregressive Integrated Moving Average*) dikembangkan oleh George Box dan Gwilyn Jenkins pada tahun 1976 [7]. Metode ini sangat baik untuk prediksi jangka pendek, dan tidak disarankan untuk prediksi jangka panjang karena hasil ketepatan prediksinya kurang baik. ARIMA merupakan metode yang menggunakan data-data masa lalu maupun data sekarang sebagai variabel dependen untuk menghasilkan prediksi jangka pendek yang akurat.

ARIMA adalah salah satu metode stokastik yang sangat bermanfaat untuk membangkitkan proses (data) deret waktu dimana setiap kejadian saling berkorelasi [7]. ARIMA sangat ketat terhadap asumsi (data dan residual *white noise*) dan digunakan untuk data yang berpola linear. Secara harfiah, model ARIMA merupakan gabungan antara model AR (*Autoregressive*) dan model MA (*Moving Average*).

Model ARIMA terdiri dari tiga langkah dasar, yaitu tahap identifikasi, tahap penaksiran dan pengujian, dan pemeriksaan diagnostik. Selanjutnya model ARIMA dapat digunakan untuk melakukan prediksi jika model yang diperoleh memadai [7].

Secara umum model ARIMA (Box-Jenkins) dirumuskan dengan notasi sebagai berikut: **ARIMA (p,d,q)** [7]

dimana:

- p: Menunjukkan orde / derajat *Autoregressive* (AR).
- d: Menunjukkan orde / derajat *Differencing* (pembedaan).
- q: Menunjukkan orde / derajat *Moving Average* (MA).

a. Model Autoregressive (AR)

Model *Autoregressive* adalah model yang variabel dependennya dipengaruhi oleh variabel dependen itu sendiri pada periode-periode dan waktu-waktu sebelumnya [7]. Secara umum model *autoregressive* (AR) dengan ordo p (AR(p)) atau model ARIMA (p,0,0) mempunyai bentuk sebagai berikut:

$$Y_t = \phi_0 + \phi_1 Y_{t-1} + \phi_2 Y_{t-2} + \dots + \phi_p Y_{t-p} + e_t \quad (2.1)$$

dimana:

Y_t = deret waktu stasioner

$Y_{t-1}, Y_{t-2}, \dots, Y_{t-p}$ = Variabel respon pada masing-masing selang waktu $t-1, t-2, \dots, t-p$. Nilai Y berperan sebagai variabel bebas.

ϕ_0 = suatu konstanta

ϕ_p = parameter autoregresif ke- p

e_t = Galat pada saat t yang mewakili dampak variabel-variabel yang tidak dijelaskan oleh model.

Dari model AR (yang diberi notasi p) ditentukan oleh jumlah periode variable dependen yang masuk dalam model.

b. Model MA (Moving Average)

Secara umum model moving average ordo q (MA(q)) atau ARIMA (0,0, q) mempunyai bentuk sebagai berikut [7]:

$$Y_t = \theta_0 + e_t - \theta_1 e_{t-1} - \theta_2 e_{t-2} - \dots - \theta_q e_{t-q} \quad (2.2)$$

dimana:

Y_t : Deret waktu stasioner

θ_0 : Konstanta

$\theta_1, \dots, \theta_q$: Parameter-parameter *moving average* yang menunjukkan bobot.

e_{t-q} : Nilai kesalahan pada saat $t-q$.

c. Model ARMA (Autoregressive Moving Average)

Model yang memuat kedua proses AR dan MA disebut model ARMA. Bentuk umum model ini adalah

$$Y_t = \gamma_0 + \partial_1 Y_{t-1} + \partial_2 Y_{t-2} + \dots + \partial_n Y_{t-p} - \lambda_1 e_{t-1} - \lambda_2 e_{t-2} - \lambda_n e_{t-q} \quad (2.3)$$

dimana Y_t adalah deret waktu stasioner dan e_t adalah galat. Jika model menggunakan dua lag dependen dan tiga lag residual, model itu dilambangkan dengan ARMA. Dan jika menambahkan proses stasioner data, model ARMA yang ada menjadi model umum ARIMA (p,d,q) [7].

2.4 Kalman filter

Kalman filter adalah suatu metode estimasi yang optimal. Komponen dasar dari metode *Kalman filter* adalah persamaan pengukuran dan persamaan transisi [8]. Data pengukuran digunakan untuk memperbaiki hasil estimasi. Secara umum algoritma *kalman filter* untuk sistem dinamik linear waktu diskrit adalah:

Model sistem dan model pengukuran:

$$x_{k+1} = A_k x_k + B_k u_k + G_k w_k \quad (2.4)$$

$$Z_k = H_k x_k + v_k \quad (2.5)$$

$$x_0 \sim (\bar{x}_0, P_{x_0}), w_k \sim (0, Q_k), v_k \sim (0, R_k)$$

Inisialisasi:

$$P(0) = P_{x_0}, \hat{x}_0 = \bar{x}_0$$

Tahap Prediksi:

Estimasi:

$$\hat{x}^{-k+1} = Ak \hat{x}^k + Bkuk \quad (2.6)$$

Kovarians error:

$$Pk^{-1} = AkPkAk^T + GkQkGk^T \quad (2.7)$$

Tahap Koreksi:

Kalman gain:

$$Kk + 1 = P_{k+1}^{-} H_{k+1}^T (H_{k+1} P_{k+1}^{-} H_{k+1}^T + R_{k+1})^{-1} \quad (2.8)$$

Kovarians error:

$$P_{k+1} = [I - K_{k+1} H_{k+1}] P_{k+1}^{-} \quad (2.9)$$

Estimasi:

$$\hat{x}_{k+1} = \hat{x}_{k+1}^{-} + K_{k+1} [z_{k+1} - H_{k+1} \hat{x}_{k+1}^{-}] \quad (2.10)$$

dengan:

xk : Variabel keadaan system pada waktu k yang nilai estimasi awalnya adalah \bar{x}_0 dan kovarian awal Px_0

uk : Variabel input deterministik pada waktu k

wk : Noise pada pengukuran dengan mean sama dengan nol dan kovariansi Qk

zk : Variabel pengukuran

H : Matriks pengukuran

vk : Noise pada pengukuran dengan mean sama dengan nol dan kovarian Rk

3. Metode Penelitian

Penelitian tentang Peramalan Cuaca Kota Surabaya Menggunakan *Autoregressive Integrated Moving Average (ARIMA) Box Jenkins* dan *Kalman filter* termasuk kedalam jenis penelitian terapan yang dilihat dari aspek fungsinya. Solusi dari hasil prediksi ini bertujuan sebagai pemecahan masalah yang akan diimplementasikan pada kondisi yang ada di lapangan. Penelitian terapan juga dapat diartikan sebagai suatu tindakan aplikatif untuk pemecahan masalah tertentu.

a. Pengumpulan dan Analisis Data

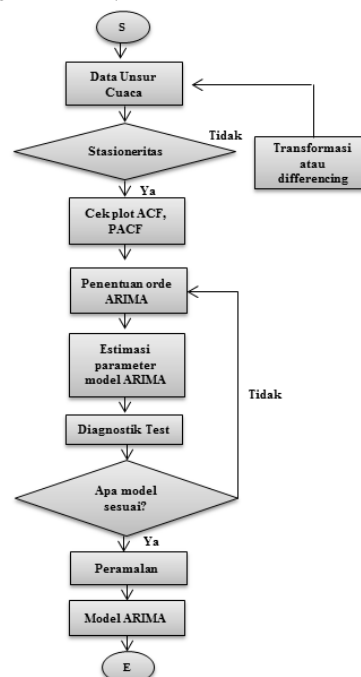
Data diambil dari pengamatan secara sinoptik dan data rekam alat *Automatic Weather System (AWS)* dengan jumlah data sebanyak 735 data pada dari bulan september 2015 sampai awal september 2017 yang diakumulasi dalam rentan waktu setiap hari selama dua tahun terakhir. Data ini berjumlah 735 data per hari yang terbagi menjadi dua yaitu data *training* dan data *testing*. Data *training* yang akan digunakan sejumlah 715 data dan data *testing* yang akan digunakan

sejumlah 20 data. Data tersebut diperoleh dari Stasiun Meteorologi BMKG Maritim Perak II Surabaya yang selanjutnya diproses menggunakan *Autoregressive Integrated Moving Average (ARIMA) Box Jenkins* dan *Kalman filter*.

Data berupa data suhu, kelembapan udara, dan kecepatan angin selama dua tahun terakhir di wilayah Kota Surabaya. Analisis data ini dilakukan dengan menggunakan data suhu, kelembapan udara, dan kecepatan angin pada dua tahun sebelumnya untuk memprediksi satu bulan setelahnya.

b. Validasi dan metode analisa data

Validasi data dalam penelitian ini menggunakan metode keakuratan yaitu *MAPE*. Sedangkan metode analisa data pada penelitian ini dilakukan dengan beberapa tahapan yaitu : pengumpulan data, pada penelitian ini data yang digunakan merupakan data sekunder, yaitu suhu, kelembapan udara, dan kecepatan angin di kota Surabaya dalam dua tahun terakhir, plotting data dengan tujuan melihat stasioner dan tidaknya suatu data, identifikasi model untuk melihat model yang dapat dibangun, uji model dengan tujuan mendapatkan model terbaik, dan model terbaik nantinya digunakan dalam prediksi. Gambar 1 merupakan diagram alur dari metode ARIMA.



Gambar 1. Skema Box Jenkins

Skema Box Jenkins menjelaskan bahwa tahap-tahap melakukan peramalan adalah:

- Rumuskan Kelompok Model yang Umum. Dalam merumuskan model yang tepat untuk ARIMA dilakukan dengan mengidentifikasi model melalui *partial autocorrelation* dengan harapan menemukan model yang paling sesuai untuk prediksi.
- Dari serangkaian model yang didapatkan, tahap selanjutnya adalah melakukan penetapan model untuk sementara.
- Setelah penetapan model langkah selanjutnya adalah dilakukan penaksiran terhadap parameter-parameter dalam model agar mengetahui kelayakan model yang telah dibuat.
- Setelah model dapat dikatakan layak atau sesuai, langkah terakhir adalah melakukan peramalan.

Kalman filter berkaitan dengan pengembangan model peramalan statistik *autoregressive* yang *recursive* dalam mengintegrasikan data pengamatan terbaru ke dalam model untuk memperbaharui (*update*) prediksi sebelumnya dan melanjutkan prediksi ke periode yang akan datang. Sedangkan metode ARIMA merupakan bagian dari *time series* untuk memprediksi karena dapat menghasilkan suatu model yang akurat yang mewakili pola masa lalu dan masa depan dari suatu data *time series*, di mana polanya bisa random, *seasonal*, *trend*, atau kombinasi pola-pola tersebut. Pada tahapan ini, hasil model peramalan analisis *time series* dari unsur-unsur cuaca di kota Surabaya dapat dinyatakan sebagai parameter dan akan dilakukan pendekatan yang didasarkan pada koreksi dari bias prakiraan dalam penggunaan *Kalman filter*. Selanjutnya akan difokuskan pada studi parameter. Diberikan polinomial [11] :

$$y_i^0 = a_{0,i} + a_{1,i}m_i + \dots + a_{n-1,i}m_i^{n-1} + \varepsilon_i$$

dengan:

y_i : Error dari selisih data aktual dan data prediksi ARIMA ke- i

$a_{j,i}$: Koefisien atau parameter yang harus diestimasi oleh *Kalman filter*, dengan $j = 0, 1, \dots, n-1$

m_i : Data ke- i

ε_i : Konstanta

Gambar 2 merupakan diagram alir dari kalman filter untuk prediksi cuaca.



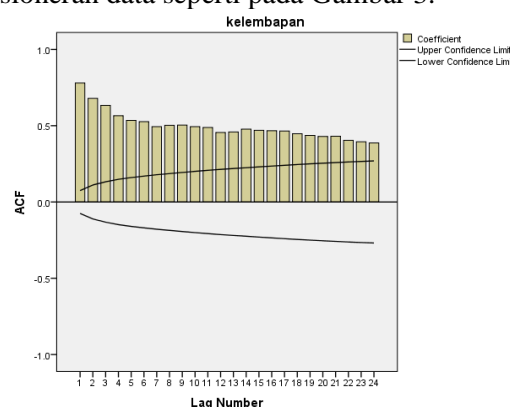
Gambar 2. Flowchart Kalman filter

4. Hasil dan Pembahasan

Pada penelitian ini data yang digunakan merupakan data sekunder, yaitu data kelembapan udara, suhu, dan kecepatan angin selama dua tahun terakhir di wilayah kota Surabaya pada tahun terakhir sejumlah 735 data.

4.1. ARIMA

Adapun langkah pertama pada analisis runtun waktu model ARIMA adalah melihat kestasioneran data seperti pada Gambar 3.



Gambar 3. Data Kelembapan yang Belum Stasioner

Pada unsur kelembapan, suhu dan kecepatan angin data belum stasioner dalam varian maupun dalam mean, sehingga perlu dilakukan *differencing*. Pada penelitian ini proses *differencing* dilakukan sebanyak satu kali dan estimasi model yang digunakan dalam ARIMA (p,d,q) adalah kombinasi dari *differencing* 1. Berdasarkan identifikasi data tersebut, dapat dilakukan pendugaan terhadap model peramalan, yaitu ARIMA (1,1,1), ARIMA (0,1,1), ARIMA (1,1,0).

Dari estimasi parameter model ARIMA (1,1,1), ARIMA (0,1,1), ARIMA (1,1,0) untuk variabel kelembapan, suhu dan kecepatan angin di representasikan pada tabel 1.

Tabel 1. Estimasi Parameter Model pada Variabel Kelembapan, Suhu dan Kecepatan Angin

Var	Model	RMSE	MAPE	MAE	t
K	(1,1,1) Sig. 0.049	3.933	3.840	2.937	11.323(AR) 43.966(MA) Sig. 0.000(AR) 0.000(MA)
	(0,1,1) Sig. 0.000	4.088	3.982	3.053	13.935(MA) Sig. 0.000(MA)
	(1,1,0) Sig. 0.000	4.195	4.080	3.130	-7.754(AR) Sig. 0.000(AR)
S	(1,1,1) Sig. 0.285	0.839	2.169	0.621	9.010(AR) 41.367(MA) Sig. 0.000(AR) 0.000(MA)
	(0,1,1) Sig. 0.000	0.872	2.228	0.637	19.730(MA) Sig. 0.000(MA)
	(1,1,0) Sig. 0.000	0.910	2.221	0.634	-8.349(AR) Sig. 0.000(AR)
A	(1,1,1) Sig. 0.000	0.157	28.034	1.191	2.238(AR) 59.558(MA) Sig. 0.026(AR) 0.000(MA)
	(0,1,1) Sig. 0.000	1.580	28.273	1.200	58.337(MA) Sig. 0.000(MA)
	(1,1,0) Sig. 0.000	1.861	31.715	1.374	-12.408(AR) Sig. 0.000(AR)

Keterangan:

Var : Variabel

K : Kelembapan

S : Suhu

A : Angin

Dari Tabel 1, menunjukkan bahwa untuk signifikansi model tidak menggunakan uji t-student melainkan dengan melakukan uji signifikansi error. Hal ini dikarenakan jumlah data yang terlalu besar. Dan untuk uji white noise digunakan dengan menggunakan garis barlet. Pada Tabel 2 menunjukan hanya variabel suhu dengan parameter ARIMA (1,1,1) yang sudah signifikan dan white noise.

Akan tetapi untuk variabel kelembapan dan kecepatan angin belum mendapatkan model yang optimal sehingga digunakan metode *Expert*

modeler. Pada tabel 2, diperoleh model untuk variabel kelembapan dengan parameter ARIMA (0,1,7) dan kecepatan angin dengan parameter ARIMA (2,1,10) adalah yang paling optimal.

Tabel 2. Uji Asumsi Signifikan dan White Noise

Var	Model	T	Sig	White
K	(1,1,1) Sig. 0.049	11.323(AR) 43.966(MA) Sig. 0.000(AR) 0.000(MA)	Ya	Tidak
	(0,1,1) Sig. 0.000	13.935(MA) Sig. 0.000(MA)	Ya	Tidak
	(1,1,0) Sig. 0.000	-7.754(AR) Sig. 0.000(AR)	Ya	Tidak
	(0,1,7) Sig. 0.040	2.058(MA lag 7) Sig. 0.040	Ya	Ya
S	(1,1,1) Sig. 0.285	9.010(AR) 41.367(MA) Sig. 0.000(AR) 0.000(MA)	Ya	Ya
	(0,1,1) Sig. 0.000	19.730(MA) Sig. 0.000(MA)	Ya	Tidak
	(1,1,0) Sig. 0.000	-8.349(AR) Sig. 0.000(AR)	Ya	Tidak
A	(1,1,1) Sig. 0.000	2.238(AR) 59.558(MA) Sig. 0.026(AR) 0.000(MA)	Ya	Tidak
	(0,1,1) Sig. 0.000	58.337(MA) Sig. 0.000(MA)	Ya	Tidak
	(1,1,0) Sig. 0.000	-12.408(AR) Sig. 0.000(AR)	Ya	Tidak
	(2,1,10) Sig. 0.000	-21.543(AR) Lag 2 4.001(MA) Lag 10 Sig. 0.000(AR) 0.000(MA)	Ya	Ya

Tabel 2 menunjukkan bahwa model ARIMA (0,1,7) untuk variabel kelembapan, model ARIMA (1,1,1) untuk variabel suhu, dan model ARIMA (2,1,10) untuk variabel kecepatan angin adalah model ARIMA yang paling optimal, dan didapatkan persamaan model sebagai berikut:

model ARIMA (0,1,7)

$$Y_t = 0.004 + Y_{t-1} - 0.434e_{t-1} - 0.185e_{t-2} - 0.016e_{t-3} - 0.114e_{t-4} - 0.068e_{t-5} + 0.053e_{t-6} - 0.075e_{t-7}$$

model ARIMA (1,1,1)

$$Y_t = 1.401Y_{t-1} - 0.401Y_{t-2} - 0.897e_{t-1}$$

model ARIMA (2,1,10)

$$Y_t = -0.003 + 1.004Y_{t-1} - 0.004Y_{t-2} + 0.998Y_{t-3} - 0.824e_{t-1} + 0.946e_{t-2} - 0.858e_{t-3} + 0.031e_{t-4} - 0.192e_{t-5} + 0.183e_{t-6} - 0.161e_{t-7} + 0.094e_{t-8} - 0.035e_{t-9} - 0.027e_{t-10}$$

4.2. Kalman filter

MAPE ARIMA (0,1,7) pada prediksi kelembapan sebesar 3.790, ARIMA (1,1,1) pada prediksi suhu sebesar 2.169, dan ARIMA (2,1,10) pada prediksi kecepatan angin sebesar 26.775 untuk 5 hari kedepan. Pada penelitian ini estimasi dilakukan untuk menghasilkan peramalan yang lebih mendekati nilai aktual dan simulasi algoritma *kalman filter* dilakukan dengan menggunakan *software* MATLAB R2013a.

Karena dalam estimasi ini akan mengambil polinomial dengan $n = 2$ sehingga untuk $y_i^0 = a_0 + a_1m_i$ dengan $x(ti) = \begin{bmatrix} a_{0,i} \\ a_{1,i} \end{bmatrix}$ dan $H_i = [1 \ m_i]$ dimana m_i merupakan data ke- i . Selain itu juga akan ditentukan beberapa sebagai nilai awal yaitu:

A : Sebagai matriks sistem.

N : Sebagai masukkan banyak iterasi yang diinginkan.

Q : Sebagai matriks kovarians.

Rk = R sebagai matriks kovarians.

a_{00} : Sebagai masukkan nilai awal a_{00} .

a_{01} : Sebagai masukkan nilai awal a_{01} .

Setelah mempunyai nilai awal maka untuk selanjutnya akan mencari nilai dari *noise* dengan random yang berdistribusi normal. Dari menjalankan perangkat lunak yang ditentukan yakni sebanyak n kali maka proses prediksi dan koreksi pada algoritma Filter Kalman akan berulang atau *looping* sebanyak n kali.

Model Sistem

$$BU : X_{k+1} = A_kX_k + B_kU_k + G_kw_k$$

$$\begin{bmatrix} a_{0,i} \\ a_{1,i} \end{bmatrix}_{k+1} = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a_{0,i} \\ a_{1,i} \end{bmatrix} + w_k$$

Model Pengukuran

$$BU : z_k = H_kX_k + vk$$

$$y_k^0 = [1 \ m_i] \begin{bmatrix} a_0 \\ a_1 \end{bmatrix}_k + v_k$$

Pada Tahap prediksi

$$\hat{X}_k^- = A\hat{X}_{k-1} + w_k$$

Dengan

$$\hat{X}_0 = \begin{bmatrix} 79.77 \\ 82.1 \end{bmatrix} \text{ untuk variabel kelembapan,}$$

$$\hat{X}_0 = \begin{bmatrix} 28 \\ 27.73 \end{bmatrix} \text{ untuk variabel suhu, dan } \hat{X}_0 =$$

$$\begin{bmatrix} 6.62 \\ 5.07 \end{bmatrix} \text{ untuk variabel kecepatan angin, lalu } A =$$

$$\begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \text{ dan } w_k \text{ didapat secara random yang berdistribusi normal.}$$

$$P_k^- = AP_{k-1}A^T + Q_k$$

$$\text{dengan } P_0 = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \text{ dan } Q_k = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$\text{dan } Q = 0.1 \text{ dan } R = 0.001$$

Pada Tahap Koreksi

untuk mendapatkan nilai dari *Kalman Gain* akan menggunakan hasil perhitungan pada tahap prediksi.

$$K_k = P_k^- H^T (H P_k^- H^T + R)^{-1} \text{ dengan } R = 1.$$

dan untuk mendapatkan nilai koreksi dari \hat{X}_k akan juga menggunakan nilai \hat{X}_k^- yang telah didapatkan pada tahap sebelumnya.

$$\hat{X}_k = \hat{X}_k^- + K_k(z_k - H\hat{X}_k^-)$$

dengan z_k merupakan identik dengan y_k^0 yang di dapatkan dari bias atau selisih antara data dengan hasil *forcast* ke- k . Lalu untuk menghitung nilai *kovarians error* pada tahap koreksi ini akan menggunakan nilai dari P_k^- yang didapatkan dari perhitungan di tahap prediksi.

$P_k = (I - K_kH)P_k^-$ dengan I merupakan matriks identitas.

Setelah mengestimasi dengan menggunakan polinomial $n = 2$ didapatkan hasil prediksi ARIMA dan ARIMA *Kalman - Filter* yang direpresentasikan pada tabel 3 s/d 5 dan grafik hasil prediksi kelembapan, suhu, dan kecepatan angin pada Gambar 4 s/d Gambar 6.

Tabel 3. Prediksi Kelembapan dengan ARIMA dan ARIMA Kalman Filter

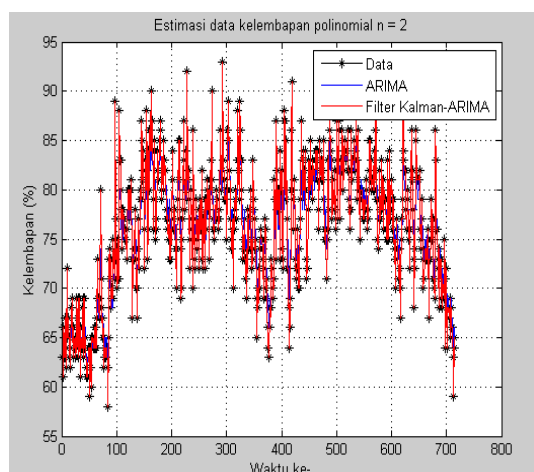
KELEMBAPAN			
Tanggal	Data	Prediksi ARIMA	Prediksi ARIMA-KF
1-9-2017	64	65.11	64.00
2-9-2017	66	66.29	65.99
3-9-2017	64	66.49	64.00
4-9-2017	70	66.48	69.99
5-9-2017	66	67.15	66.00

Tabel 3. Prediksi Suhu dengan ARIMA dan ARIMA Kalman Filter

SUHU			
Tanggal	Data	Prediksi ARIMA	Prediksi ARIMA-KF
1-9-2017	27.7	28.63	27.701
2-9-2017	27.9	28.48	27.89
3-9-2017	28.8	28.42	28.79
4-9-2017	28.8	28.40	28.79
5-9-2017	29	28.39	28.99

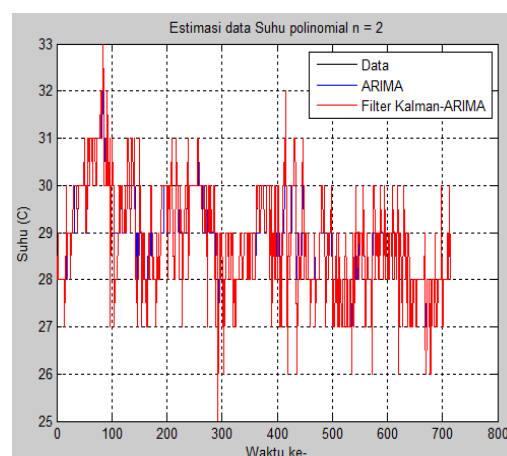
Tabel 3. Prediksi Kecepatan Angin dengan ARIMA dan ARIMA Kalman Filter

KECEPATAN ANGIN			
Tanggal	Data	Prediksi ARIMA	Prediksi ARIMA-KF
1-9-2017	5	4.617	5.0011
2-9-2017	4	4.697	4.0012
3-9-2017	7	5.128	6.9988
4-9-2017	6	5.117	6.0003
5-9-2017	5	4.795	5.0004

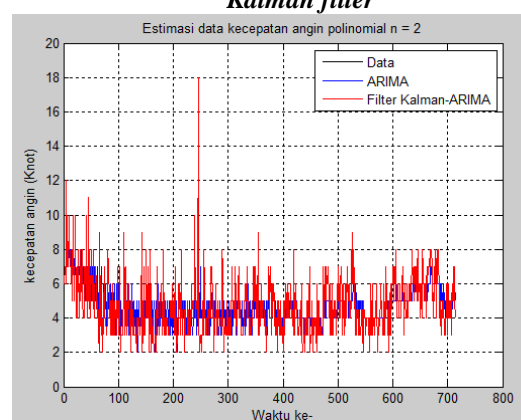


Gambar 4. Hasil Simulasi Data Kelembapan dengan Kalman filter

Dari Gambar 4 s/d 6 dapat diamati bahwa kondisi prediksi cuaca menggunakan ARIMA-Kalman filter paling sesuai untuk mengestimasi nilai polinomial yang berguna untuk memperbaiki hasil prediksi dari ARIMA. Selanjutnya, Metode yang digunakan untuk mengetahui keakuratan dari prediksi unsur-unsur cuaca meliputi kelembapan, suhu dan kecepatan angin adalah dengan goal error *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE). Hasil prediksi menggunakan ARIMA – Kalman filter didapatkan MAPE semakin kecil yang direpresentasikan pada tabel 3.



Gambar 5. Hasil Simulasi Data Suhu dengan Kalman filter



Gambar 6. Hasil Simulasi Data Kecepatan Angin dengan Kalman filter

Tabel 3. Nilai MAPE Variabel Cuaca

No	Model	Variabel	Nilai MAPE
1.	ARIMA (0,1,7)	Kelembapan	3.790
2.	ARIMA (1,1,1)	Suhu	2.169
3.	ARIMA (2,1,10)	K. Angin	26.775
4.	ARIMA – KF	Kelembapan	0.000389
5.	ARIMA – KF	Suhu	0.000705
6.	ARIMA – KF	K. Angin	0.0169

5. Simpulan

Dari hasil penelitian prediksi cuaca kota surabaya menggunakan *autoregressive integrated moving average (arima)* *box jenkins* dan *kalman filter* dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

- Proses pelatihan data menggunakan ARIMA – kalman filter didapatkan nilai eror goal terkecil (eror MAPE) masing masing sebesar 0.000389 untuk prediksi kelembapan, 0.000705 untuk prediksi suhu, dan 0.0169 untuk prediksi kecepatan angin.
- Penggunaan algoritma kalman filter mempunyai pengaruh baik terhadap perbaikan prediksi cuaca yang meliputi prediksi kelembapan, prediksi suhu dan prediksi kecepatan angin. Hal ini dapat

dilihat dari nilai eror goal MAPE yang lebih kecil.

[11] C. M. Regariana, Atmosfer (Cuaca dan Iklim), Jakarta, 2009.

6. Referensi

- [1] D. A. Adyanti, A. H. Asyhar, D. C. R. Novitasari, A. Lubab and M. Hafiyusholeh, "Forecast Marine Weather on Java Sea using Hybrid Methods : Time Series - ANFIS," *2017 4th International Conference on Electrical Engineering, Computer Science and Informatics (EECSI)*. doi:10.1109/eeesi.2017.8239162, pp. 1-6, 2017.
- [2] K. Abhishek, M. Singh, S. Ghosh and A. Anand, "Weather Forecasting Model using Artificial Neural Network," *SciVerse ScienceDirect*, pp. 311-318, 2012.
- [3] M. K. Anshari, S. Arifin and a. Rahmadiansah, "Perancangan Prediktor Cuaca Maritim Berbasis Logika Fuzzy Menggunakan User Interface Android," *JURNAL TEKNIK POMITS*, vol. 2, no. 2, p. 2, 2013.
- [4] A. H. P, S. Arifin and A. S. Aisyah, "Perancangan Sistem Informasi Cuaca Maritim untuk Para Nelayan Jawa Timur dengan Media Komunikasi Short Message Service," p. 1, 2010.
- [5] N. W. Habibullah, S. Arifin and B. L. Widijiantoro, "Perancangan Sistem Prediktor Cuaca Maritim dengan Menggunakan Metode Fuzzy Takagi Sugeno," *JURNAL TEKNIK POMITS*, vol. 1, no. 1, p. 1, 2012.
- [6] S. Sharma and M. Chouhan, "A Review : Fuzzy Time Series Model for Forecasting," *International Journal of Advances in Science and Technology (IJAST)*, vol. 2, no. 3, p. 1, 2014.
- [7] D. N. Samsiah, "Analisis Data Runtun Waktu Menggunakan Model Arima (p,d,q)," Skripsi UIN Sunan Kalijaga, Yogyakarta, 2008.
- [8] P. Febritasari, "Estimasi Inflasi Wilayah Kerja KPwBI Malang menggunakan Arima-Filter Kalman dan Var-Filter Kalman," Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya, Surabaya, 2016.
- [9] S. P. Endar, "Perancangan Aplikasi Perkiraan Cuaca Wilayah Yogyakarta Berbasis Android," 2013.
- [10] A. C. Pratama and A. a. S. Syamsul, "Perancangan Model Adaptive Neuro Fuzzy Inference System Untuk Memprediksi Cuaca Maritim," p. 1, 2008.