

**ANALISIS DATA CURAH HUJAN DI KOTA SURABAYA
DENGAN PENDEKATAN REGRESI NONPARAMETRIK
DERET FOURIER**

SKRIPSI



**Disusun Oleh :
SITI KHOTIMAH
NIM: H02215008**

**PROGRAM STUDI MATEMATIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN AMPEL SURABAYA
2019**

PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini,

Nama : Siti Khotimah

Nim : H02215008

Program Studi : Matematika

Angkatan : 2015

Menyatakan bahwa saya tidak melakukan plagiat dalam penulisan skripsi saya yang berjudul: "ANALISIS DATA CURAH HUJAN DI KOTA SURABAYA DENGAN PENDEKATAN REGRESI NONPARAMETRIK DERET FOURIER". Apabila suatu saat nanti terbukti saya melakukan tindakan plagiat, maka saya bersedia menerima sanksi yang telah ditetapkan,

Demikian pernyataan keaslian ini saya buat dengan sebenar-benarnya.

Surabaya,

Yang menyatakan,



(Siti Khotimah)

NIM H02215008

LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING

Skripsi oleh

NAMA : Siti Khotimah

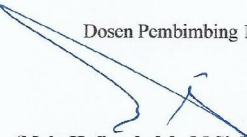
NIM : H0221508

JUDUL : Analisis Data Curah Hujan Di Kota Surabaya Dengan Pendekatan
Regresi Nonparametrik Deret Fourier

Ini telah diperiksa dan disetujui untuk diujikan

Surabaya, 12 Juli 2019

Dosen Pembimbing 1


(Moh. Hafiyusholeh, M.Si, M.P.Mat)
NIP : 198002042014031001

Dosen Pembimbing 2


(Putroue Kumala Intan, M.Si)
NIP : 198805282018012001

PENGESAHAN TIM PENGUJI SKRIPSI

Skripsi oleh

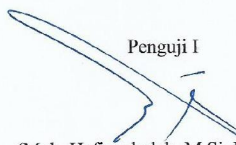
NAMA : Siti Khotimah

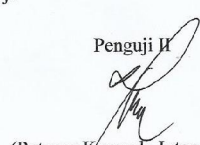
NIM : H02215008

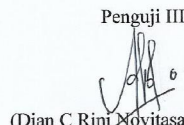
JUDUL : Analisis Data Curah Hujan Di Kota Surabaya Dengan Pendekatan Regresi Nonparametrik Deret Fourier

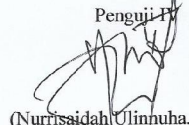
Telah dipertahankan di depan tim penguji skripsi
Pada hari Selasa Tanggal, 16 Juli 2019

Mengesahkan,
Tim Penguji

Penguji I

(Moh. Hafiyusholeh, M.Si, M.P.Mat)
NIP 198002042014031001

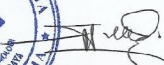
Penguji II

(Putrouc Keumala Intan, M.Si)
NIP 198805282018012001

Penguji III

(Dian C Rini Novitasari, M.Kom)
NIP 198511242014032001

Penguji IV

(Nurrisidah Ulinuha, M.Kom)
NIP 199011022014032004

Mengetahui,
Dekan Fakultas Sains dan Teknologi
Sunan Ampel Surabaya




(Dini Purwati, M.Ag.)
NIP 196512211990022001



KEMENTERIAN AGAMA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN AMPEL SURABAYA
PERPUSTAKAAN

Jl. Jend. A. Yani 117 Surabaya 60237 Telp. 031-8431972 Fax.031-8413300
E-Mail: perpus@uinsby.ac.id

LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai sivitas akademika UIN Sunan Ampel Surabaya, yang bertanda tangan di bawah ini, saya:

Nama : SITI KHOTIMAH
NIM : H02215008
Fakultas/Jurusan : SAINTEK / MATEMATIKA
E-mail address :

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Perpustakaan UIN Sunan Ampel Surabaya, Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif atas karya ilmiah :

☒ Skripsi ☐ Tesis ☐ Desertasi ☐ Lain-lain (.....)

yang berjudul :

ANALISIS DATA CURAH HUJAN DI KOTA SURABAYA
DENGAN PENDEKATAN REGRESI NONPARAMETRIK
DERET FOURIER

beserta perangkat yang diperlukan (bila ada). Dengan Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif ini Perpustakaan UIN Sunan Ampel Surabaya berhak menyimpan, mengalih-media/format-kan, mengelolanya dalam bentuk pangkalan data (database), mendistribusikannya, dan menampilkan/mempublikasikannya di Internet atau media lain secara *fulltext* untuk kepentingan akademis tanpa perlu meminta ijin dari saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan atau penerbit yang bersangkutan.

Saya bersedia untuk menanggung secara pribadi, tanpa melibatkan pihak Perpustakaan UIN Sunan Ampel Surabaya, segala bentuk tuntutan hukum yang timbul atas pelanggaran Hak Cipta dalam karya ilmiah saya ini.

Demikian pernyataan ini yang saya buat dengan sebenarnya.

Surabaya,

Penulis

(SITI KHOTIMAH)
nama terang dan tanda tangan

ABSTRAK
ANALISIS DATA CURAH HUJAN DI KOTA SURABAYA
DENGAN PENDEKATAN REGRESI NONPARAMETRIK
DERET FOURIER

Musim hujan saat ini mengalami pergeseran waktu yang ditandai oleh hujan yang tidak menentu di berbagai wilayah di Indonesia. Akibat pergeseran musim tersebut, maka masyarakat umum tidak lagi mampu memprediksikan di bulan apa saja terjadi musim hujan. Surabaya memiliki iklim tropis seperti kota besar di Indonesia pada umumnya. Oleh karenanya diperlukan suatu metode untuk memprediksi curah hujan di Kota Surabaya. Tujuan dalam penelitian ini adalah untuk mencari titik knot optimal sehingga diperoleh model terbaik regresi nonparametrik deret Fourier pada data curah hujan di Kota Surabaya. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa titik knot optimal adalah $K=36$ dengan nilai GCV sebesar $4.62 \cdot 10^{-3}$, nilai MSE sebesar 0.004527588 dengan R^2 sebesar 99%.

Kata Kunci: Curah hujan, Regresi nonparametrik, Regresi nonparametrik deret Fourier

ABSTRACT

RAINFALL ANALYSIS IN SURABAYA CITY WITH FOURIER SERIES NONPARAMETRIC REGRESSION

The rainy season is currently experiencing a shift time. This is characterized by erratic rainfall in various regions in Indonesia. As a result of the season shift, the general public is no longer able to predict in any month the rainy season. Surabaya has tropical climate like a big cities in Indonesia in general. Therefore we need a method to predict rainfall in the city of Surabaya. The purpose of this study was to find the optimal knot point so that the best Fourier series Fourier series regression model was obtained on rainfall data in Surabaya City. The results of this study indicate that the optimal knot point is $K = 36$ with a GCV value of $4.62 \cdot 10^{-3}$, the MSE value is 0.004527588 with R^2 of 99%.

Keywords: Rainfall, Nonparametric regression, Fourier series nonparametric regression.

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING	ii
PENGESAHAN TIM PENGUJI SKRIPSI.....	iii
PERNYATAAN KEASLIAN	iv
MOTTO	v
HALAMAN PERSEMBAHAN	vii
KATA PENGANTAR	viii
ABSTRAK	x
DAFTAR ISI	xii
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
BAB I PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah.....	3
C. Tujuan Penelitian	4
D. Manfaat Penelitian.....	4
E. Batasan Masalah	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
A. Regresi Nonparametrik	6
B. Regresi Nonparametrik Deret Fourier	7
C. Pemilihan Titik Knot Optimal	10
D. Curah Hujan	12
E. Integrasi Penelitian dalam Al-Qur'an	17
BAB III METODE PENELITIAN	19
A. Jenis Penelitian	19
B. Sumber Data	19

C. Variabel Penelitian.....	20
D. Teknik Analisis Data	20
BAB IV PEMBAHASAN.....	23
A. Hubungan Curah Hujan dengan faktor-faktor yang mempengaruhi	23
B. Model Regresi Nonparametrik Deret Fourier	26
C. Hasil Prediksi Menggunakan Regresi Nonparametrik Deret Fourier.....	32
BAB V PENUTUP	38
A. Simpulan	38
B. Saran	39
DAFTAR PUSTAKA.....	40
LAMPIRAN	

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Indonesia merupakan kawasan tropis, hal ini membuat Indonesia selalu disinari matahari sepanjang tahun. Di Indonesia hanya terjadi dua kali pergantian musim dalam setahun yaitu musim kemarau dan hujan. Curah hujan adalah jumlah air hujan yang jatuh di permukaan tanah selama periode tertentu diukur dalam satuan tinggi diatas permukaan horizontal apabila tidak terjadi penghilangan oleh proses penguapan, pengaliran dan peresapan (Apralis, 2010). Curah hujan tinggi akan membuat tanah menjadi subur, selain itu curah hujan tinggi juga menyebabkan kondisi atmosfer wilayah Indonesia banyak mengandung uap air. Sehingga, iklim di wilayah Indonesia termasuk dalam tropis lembab.

Musim hujan saat ini mengalami pergeseran waktu. Hal ini ditandai oleh hujan yang tidak menentu di berbagai wilayah di Indonesia. Akibat pergeseran musim tersebut, maka masyarakat umum tidak lagi mampu memprediksikan dibulan apa saja terjadi musim hujan. Surabaya memiliki iklim tropis seperti kota besar di Indonesia pada umumnya. Berdasarkan informasi dari Stasiun Klimatologi Kota Surabaya tentang banyaknya curah hujan pada tahun 2015 hingga tahun 2018 diketahui bahwa dalam 4 tahun terakhir ini rata-rata curah hujan mengalami peningkatan dan penurunan. Pada tahun 2015 rata-rata curah hujan sebanyak 2.340 mm, tahun 2016 rata-rata curah hujan sebanyak 20.190

mm, tahun 2017 rata-rata curah hujan sebanyak 12.717 mm dan tahun 2018 rata-rata curah hujan sebanyak 15.651 mm. Curah hujan yang tinggi membuat beberapa akibat yang merugikan yaitu banjir dan tanah longsor. Beberapa kerugian yang dialami akibat banjir adalah rusaknya infrastruktur, misalnya jembatan dan jalan rusak atau bahkan hancur. Kerusakan ini akan mengakibatkan terganggunya kegiatan sehari-hari warga.

Pada akhir Januari 2019 banjir paling parah terjadi di kawasan Surabaya Barat, puluhan kendaraan mobil dan sepeda motor yang terparkir di sekitar kawasan banjir ikut tenggelam air banjir sehingga membuat kendaraan mogok lantaran tingginya genangan air. Banjir juga dapat mengakibatkan penyebaran kuman yang menyebabkan penyakit berbahaya seperti disentri, koler, dan tipus. Banjir yang merusak infrastruktur juga menyebabkan warga kesulitan memperoleh air bersih dan makanan sehat, sehingga menyebabkan warga menjadi kurang gizi. Kondisi ini mengakibatkan turunnya daya tahan tubuh dan membuat berbagai macam penyakit (Midaada, 2019).

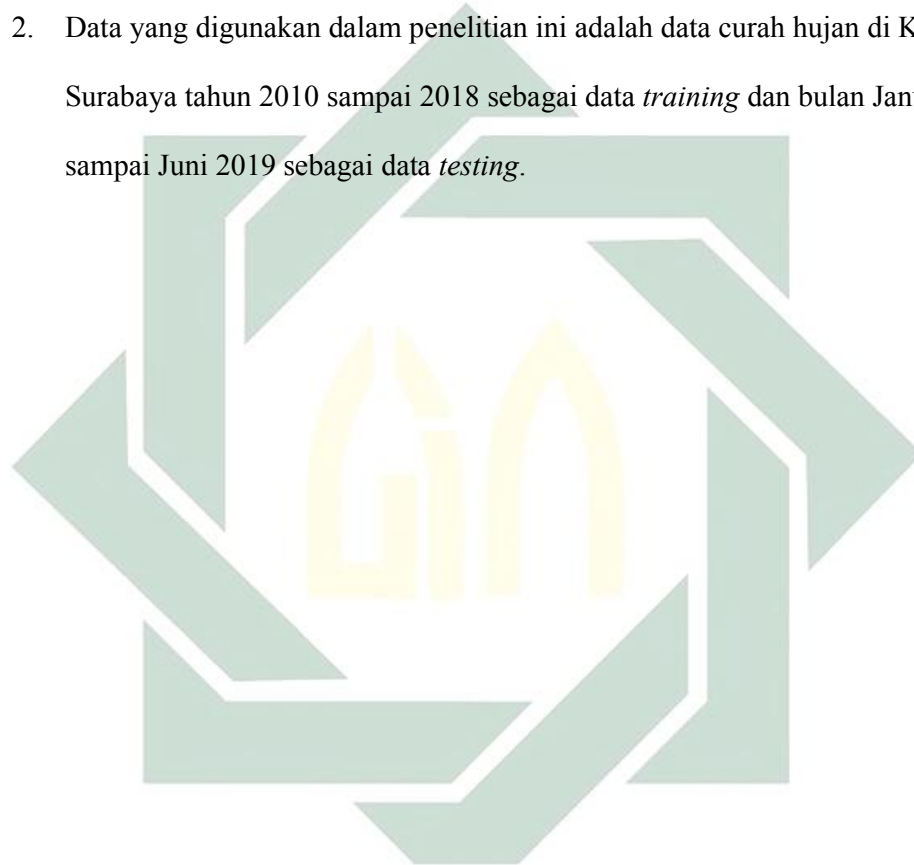
Untuk mengurangi kerugian yang terjadi, prediksi curah hujan menjadi salah satu solusi yang dapat dilakukan. Dengan melakukan prediksi selanjutnya akan dihasilkan suatu model yang digunakan sebagai acuan untuk merencanakan atau memprediksi curah hujan.

Prediksi curah hujan dapat dilakukan dengan beberapa metode seperti jaringan syaraf tiruan, ARIMA, pendekatan regresi, dan lain-lain. Terdapat 3 pendekatan regresi yang dapat dilakukan yaitu parametrik, semiparametrik dan nonparametrik. Suatu pendekatan nonparametrik dilakukan apabila fungsi dari

Pendekatan regresi nonparametrik telah banyak dikembangkan, salah satunya antara lain menggunakan deret Fourier. Salah satu kelebihan pendekatan regresi nonparametrik dengan menggunakan deret Fourier adalah mampu mengatasi data yang mempunyai sebaran trigonometri yaitu fungsi cosinus. Pola data yang sesuai dengan deret Fourier merupakan pola data yang berulang, yaitu pengulangan terhadap nilai variabel dependen untuk variabel independen yang berbeda-beda (Prahutama, 2013). Hasil data yang diolah dengan pendekatan deret Fourier didapatkan model dengan sederhana (Nurjanah, 2015). Regresi nonparametrik deret Fourier memberikan nilai RMSE lebih kecil dibandingkan nilai RMSE ARIMA (Wisisono, 2018) .

B. Rumusan Masalah

1. Bagaimana model curah hujan di Kota Surabaya dengan menggunakan regresi nonparametrik multivariabel deret Fourier ?



TINJAUAN PUSTAKA

Analisis regresi merupakan suatu metode statistika untuk menentukan hubungan antara satu variabel dengan variabel yang lain (Astuti, Hadijati, & Irwansyah, 2018). Tujuan utama dalam analisis regresi adalah bagaimana mencari bentuk estimasi untuk kurva regresi. Selain untuk mencari bentuk estimasi untuk kurva regresi, analisis regresi juga dapat digunakan untuk prediksi. Misalkan terdapat sekumpulan data berpasangan (x_i, y_i) yang secara umum dapat dimodelkan dengan model regresi :

Dengan y_i respon ke- i , $f(x_i)$ kurva regresi, ε_i error yang diasumsikan identik, independen, dan berdistribusi normal.

[illegible]

Regresi nonparametrik umumnya tidak mensyaratkan uji asumsi klasik. Regresi nonparametrik dapat digunakan pada data yang memiliki sebaran normal atau tidak sehingga sangat fleksibel. Estimasi kurva sangat tergantung dengan perilaku data sampel. Berikut adalah model regresi nonparametrik multivariabel :

Dengan,

x_{ji} = variabel independen ke-i

ε_i = error yang diasumsikan identik dan independen

B. Regresi Nonparametrik Deret Fourier

$$y_i = f(x_{1i}, x_{2i}, \dots, x_{ti}) + \varepsilon_i$$

[illegible]

Karena fungsi $f(x)$ tidak diketahui, maka dihipotesis dengan fungsi deret Fourier :

$$f(x_{ji}) = b_j x_{ji} + \frac{1}{2} a_{0j} + \sum_{k=1}^K a_{kj} \cos kx_{ji}, \quad j = 1, 2, \dots, t; k = 1, 2, \dots, K$$

Estimator kurva regresi deret Fourier diperoleh dari optimasi, yaitu :

$$\min_{\beta \in R^{t(K+2)}} \left\{ \sum_{i=1}^n \left(y_i - \sum_{j=1}^t \left(b_j x_{ji} + \frac{1}{2} a_{0j} + \sum_{k=1}^K a_{kj} \cos kx_{ji} \right) \right)^2 \right\} \quad (2.3)$$

Misalkan

$$\mathbb{T}(\beta) = \left\{ \sum_{i=1}^n \left(y_i - \sum_{j=1}^t \left(b_j x_{ji} + \frac{1}{2} a_{0j} + \sum_{k=1}^K a_{kj} \cos kx_{ji} \right) \right)^2 \right\},$$

Maka (2.3) dapat ditulis :

$$\min_{\beta \in R^{t(K+2)}} \{ \mathbb{T}(\beta) \}$$

Untuk menyelesaikan optimasi diatas dilakukan langkah-langkah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \mathbb{T}(\beta) &= \sum_{i=1}^n \left(y_i - f(x_{1i}, x_{2i}, \dots, x_{ti}) \right) \\ &= \sum_{i=1}^n \left(y_i - \sum_{j=1}^t \left(b_j x_{ji} + \frac{1}{2} a_{0j} + a_{1j} \cos x_{ji} + \dots + a_{Kj} \cos Kx_{ji} \right) \right)^2 \\ &= \sum_{i=1}^n \left(y_i - \left(b_1 x_{1i} + \frac{1}{2} a_{01} + a_{11} \cos x_{1i} + \dots + a_{K1} \cos Kx_{1i} \right) + \right. \\ &\quad \left. \dots + \left(b_t x_{ti} + \frac{1}{2} a_{0t} + a_{1t} \cos x_{ti} + \dots + a_{Kt} \cos Kx_{ti} \right) \right)^2 \quad (2.4) \end{aligned}$$

Persamaan (2.4) dapat ditulis dalam bentuk matriks :

$$\mathbb{T}(\beta) = (y - X(K)\beta)'(y - X(K)\beta) \quad (2.5)$$

Dengan :

$$y = [y_1, y_2, \dots, y_n]'$$

$$\beta = \left[b_1 \frac{1}{2} a_{01} a_{11} \dots a_{K1} : \dots : b_t \frac{1}{2} a_{0t} a_{1t} \dots a_{Kt} \right]'$$

$$X(K) = \begin{bmatrix} x_{11} & 1 & \cos x_{11} & \dots & \cos Kx_{11} & \vdots & \dots & \vdots & x_{t1} & 1 & \cos x_{t1} & \dots & \cos Kx_{t1} \\ x_{12} & 1 & \cos x_{12} & \dots & \cos Kx_{12} & \vdots & \dots & \vdots & x_{t2} & 1 & \cos x_{t2} & \dots & \cos Kx_{t2} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{1n} & 1 & \cos x_{1n} & \dots & \cos Kx_{1n} & \vdots & \dots & \vdots & x_{tn} & 1 & \cos x_{tn} & \dots & \cos Kx_{tn} \end{bmatrix}$$

Berdasarkan sifat-sifat pada matriks, persamaan (2.5) dapat ditulis :

$$\begin{aligned} \mathbb{T}(\beta) &= (y' - \beta' X'(K))(y - X(K)\beta) \\ &= y'y - y'X(K)\beta - \beta'X'(K)y + \beta'X'(K)X(K)\beta \\ &= y'y - (X'(K)\beta'y)' - \beta'X'(K)y + \beta'X'(K)X(K)\beta \\ &= y'y - 2\beta'X'(K)y + \beta'X'(K)X(K)\beta \end{aligned}$$

Estimasi kurva regresi $\hat{f}$ didapatkan dengan cara ekuivalen dengan estimasi $\hat{\beta}$.

Estimasi $\hat{\beta}$ diperoleh dari meminimumkan $\mathbb{T}(\beta)$, dengan cara menurunkan secara parsial $\mathbb{T}(\beta)$ terhadap β dan menyamakannya dengan nol :

$$\frac{\partial \mathbb{T}(\beta)}{\partial \beta} = -2X'(K)y + 2X'(K)X(K)\beta \quad (2.6)$$

Jika persamaan (2.6) disamakan dengan nol, maka diperoleh persamaan :

$$-2X'(K)y + 2X'(K)X(K)\hat{\beta} = 0$$

$$2X'(K)X(K)\hat{\beta} = 2X'(K)y$$

$$X'(K)X(K)\hat{\beta} = X'(K)y$$

$$\hat{\beta} = (X'(K)X(K))^{-1}X'(K)y \quad (2.7)$$

Dengan menganggap matriks $X(K)$ nonsingular yaitu matriks yang determinannya tidak 0 sehingga mempunyai invers, maka diperoleh estimator β sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \hat{\beta}(K) &= (X'(K)X(K))^{-1}X'(K)y \\ &= \left[\hat{b}_1 \frac{1}{2} \hat{a}_{01} \hat{a}_{11} \cdots \hat{a}_{K1} : \cdots : \hat{b}_t \frac{1}{2} \hat{a}_{0t} \hat{a}_{1t} \cdots \hat{a}_{Kt} \right]' \end{aligned}$$

Estimator untuk kurva regresi $f(x)$ diberikan oleh :

$$\hat{f}(x_{ji}) = \hat{b}_j x_{ji} + \frac{1}{2} \hat{a}_{0j} + \sum_{k=1}^K \hat{a}_{kj} \cos kx_{ji}$$

Sehingga, estimasi untuk kurva regresi $f(x_{1i}, x_{2i}, \dots, x_{ti})$ diperoleh :

$$\begin{aligned} \hat{f}(x_{1i}, x_{2i}, \dots, x_{ti}) &= \sum_{j=1}^t \hat{f}(x_{ji}) \\ &= \sum_{j=1}^t \left(\hat{b}_j x_{ji} + \frac{1}{2} \hat{a}_{0j} + \sum_{k=1}^K \hat{a}_{kj} \cos kx_{ji} \right) \end{aligned}$$

C. Pemilihan Titik Knot Optimal

Titik knot merupakan pengontrol keseimbangan antara kemulusan kurva dan kesesuaian kurva terhadap data. Pada pemodelan regresi nonparametrik dengan menggunakan deret Fourier, penentuan jumlah knot optimal (K) biasa

$$R^2 = \sum \frac{(y_{pred} - y_{rata-pred})^2}{(y_{aktual} - y_{rata-aktual})^2} \quad (2.9)$$

$$MSE(K) = n^{-1} \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2 \quad (2.10)$$

Untuk mengetahui seberapa besar tingkat kesalahan dari suatu estimator dapat dilihat MAPE (*Mean Square Error*). Semakin kecil nilai MAPE maka semakin baik hasil prediksi yang diperoleh. Adapun Persamaan yang digunakan dalam menghitung MAPE adalah:

$$MAPE = \left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left| \frac{A_i - F_i}{A_i} \right| \right) \times 100\% \quad (2.11)$$

A_i = data aktual pada periode ke- i

n = banyak data

Tabel 2.1 Kriteria Nilai MAPE

Kriteria MAPE	Keterangan
$\text{MAPE} < 10\%$	Kemampuan prediksi sangat baik
$10\% \leq \text{MAPE} < 20\%$	Kemampuan prediksi baik
$20\% \leq \text{MAPE} < 25\%$	Kemampuan prediksi masih dalam kewajaran
$\text{MAPE} > 50\%$	Kemampuan prediksi buruk

Curah hujan merupakan ketinggian air hujan yang terkumpul dalam tempat yang datar, tidak menguap, tidak meresap, dan tidak mengalir. Satuan curah hujan selalu dinyatakan dalam satuan milimeter atau inci namun untuk di Indonesia satuan curah hujan yang digunakan adalah dalam satuan milimeter (mm). Curah hujan dalam 1 (satu) milimeter memiliki arti dalam luasan satu meter persegi pada tempat yang datar tertampung air setinggi satu milimeter atau tertampung air sebanyak satu liter.

[illegible]

Curah hujan menurut BMKG dibagi menjadi empat kelompok, yaitu:

- Curah hujan suatu wilayah dapat dipengaruhi oleh beberapa parameter, diantaranya:

Jenis-jenis angin dapat dibedakan menjadi dua, yaitu angin tetap dan angin lokal

Di dunia ada tiga jenis angin tetap, yaitu anginpasat, angin barat, dan angin timur. Angin tetap merupakan angin yang berhembus terus sepanjang tahun dengan arah yang tetap.

[illegible]

Angin barat bertiup di daerah lintang, angin barat ini berhembus terus menerus sepanjang tahun dari arah barat ke arah timur.

b. Angin lokal

1) Angin Muson

[illegible]

Pada saat bertiup angin muson timur (tenggara) di Indonesia mengalami musim kemarau. Begitu sebaliknya pada bulan Oktober-April bertiup angin muson barat (barat laut), di Indonesia terjadi musim penghujan.

Angin laut terjadi pada siang hari. Angin ini berhembus dari laut menuju ke darat. Sebaliknya angin darat terjadi pada malam hari, dan berhembus dari darat menuju ke laut.

Angin gunung merupakan jenis angin lokal yang berhembus dari puncak gunung menuju lembah, dan sebaliknya angin lembah bertiup dari lembah ke gunung.

Angin jauh disebut juga angin *fohn*, yaitu angin kering yang bergerak menuruni lereng pegunungan. Ketika mendaki gunung angin ini membawa uap air. Karena mengalami proses kondensasi uap air itu akhirnya jatuh sebagai hujan. Setelah melewati puncak gunung angin yang sudah tidak membawa uap air itu menuruni lereng, peristiwa tersebut menyebabkan angin tersebut bersifat kering dan lebih panas dari daerah yang didatangi, salah satu angin yang memiliki sifat kering adalah angin *Bahorok*. Angin Bahorok

2. Kelembaban Relatif

- a. Kelembaban spesifik adalah pertandingan kandungan uap air dalam tiap unit berat udara. Biasanya dinyatakan dalam satuan berat (gr/kg). Misalnya dalam 1 kg udara terdapat 60 gr uap air. Hal tersebut berarti kelembaban spesifiknya 60 gr/kg.
- b. Kelembaban absolut adalah pertandingan kandungan uap air dalam tiap volume udara. Biasanya dinyatakan dalam satuan berat gr/lit atau gr/m^3 . Misalnya dalam 1 lit udara terdapat uap air sebanyak 30 gr. Jadi kelembaban absolutnya adalah 30 gr/lit.
- c. Kelembaban relatif adalah pertandingan jumlah uap air yang ada secara nyata/aktual dengan jumlah uap air maksimum yang mampu ditampung

Suhu atau temperatur udara adalah derajat panas dari aktivitas molekul dalam atmosfer (Sarjani, 2001). Alat yang digunakan untuk mengukur suhu namanya thermometer. Temperatur menunjukkan derajat panas benda. Mudah-mudahan, semakin tinggi temperatur suhu suatu benda, semakin panas benda tersebut. Secara mikroskopis, temperatur menunjukkan energi yang dimiliki oleh suatu benda. Setiap atom dalam suatu benda masing-masing bergerak, baik itu dalam bentuk perpindahan maupun gerakan di tempat getaran. Makin tingginya energi atom-atom penyusun benda, makin tinggi temperatur benda tersebut. Temperatur juga disebut temperatur yang diukur dengan alat termometer. Empat macam termometer yang paling dikenal adalah Celsius, Reamur, Fahrenheit, dan Kelvin.

Musim hujan saat ini mengalami pergeseran waktu yang ditandai oleh hujan yang tidak menentu diberbagai wilayah di Indonesia. Akibat pergeseran musim tersebut, maka masyarakat umum tidak lagi mampu memprediksikan dibulan apa saja terjadi musim hujan. Dalam penelitian ini pentingnya melakukan prediksi atau perencanaan terdapat dalam Al-Qur'an Surat Al-Hasyr ayat 18, sebagai berikut :

يَا أَيُّهَا الَّذِينَ ءَامَنُوا اتَّقُوا اللَّهَ وَلْتَنْظُرْ نَفْسٌ مَّا قَدَّمَتْ لِغَدٍ وَاتَّقُوا اللَّهَ ۚ إِنَّ اللَّهَ خَبِيرٌ بِمَا

تَعْمَلُونَ ﴿١٨٠﴾

Artinya : Hai orang-orang yang beriman, bertakwalah kepada Allah dan hendaklah setiap diri memperhatikan apa yang telah diperbuatnya untuk hari esok (akhirat); dan bertakwalah kepada Allah, sesungguhnya Allah Maha Mengetahui apa yang kamu kerjakan.

Prof. Dr. Quraaisy Shihab dalam tafsir “al-Misbah” menafsirkan bahwa ayat tersebut berbicara mengenai perencanaan. Manusia harus memikirkan terhadap dirinya dan merencanakan dari segala apa yang menyertai perbuatan selama hidupnya, sehingga ia akan memperoleh kenikmatan dalam kehidupan ini. Hal ini sesuai dengan prinsip dasar perencanaan dimana tujuan dalam pelaksanaan perencanaan adalah tujuan jangka panjang dan berkelanjutan. Jadi, Islam pun memerintahkan untuk merencanakan terlebih dahulu apa yang harus dilakukan esok.

Berdasarkan uraian tersebut, memprediksi atau melakukan perencanaan curah hujan merupakan suatu keharusan untuk tujuan jangka panjang dan berkelanjutan. Memprediksi curah hujan dapat memberikan manfaat bagi kegiatan sehari-hari masyarakat. Adanya prediksi dapat mempermudah masyarakat dalam memperkirakan suatu hal yang akan dilakukannya dimasa yang akan datang.

BAB III

METODE PENELITIAN

A. Jenis Penelitian

Berdasarkan permasalahan dan tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini, maka penelitian ini digolongkan ke dalam jenis penelitian kuantitatif. Dalam penelitian ini peneliti berharap dapat menganalisis curah hujan di Kota Surabaya.

B. Sumber Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini berupa data sekunder yang diperoleh dari *website* resmi Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG) di Kota Surabaya Tahun 2010-2018. Unit observasi yang digunakan dalam penelitian ini adalah 96 bulan dalam rentang waktu 8 tahun.

Tabel 3.1 Struktur Data Penelitian

<i>Bulan/Tahun</i>	y_i	x_{1i}	x_{2i}	x_{3i}
1	y_1	x_{11}	x_{21}	x_{31}
2	y_2	x_{12}	x_{22}	x_{32}
$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$
96	y_{96}	x_{196}	x_{296}	x_{396}

C. Variabel Penelitian

Adapun variabel yang digunakan yakni terdiri dari variabel dependen (y) dan variabel independen (x_i) yang ditunjukkan oleh Tabel 3.2 :

Tabel 3.2 Variabel Penelitian

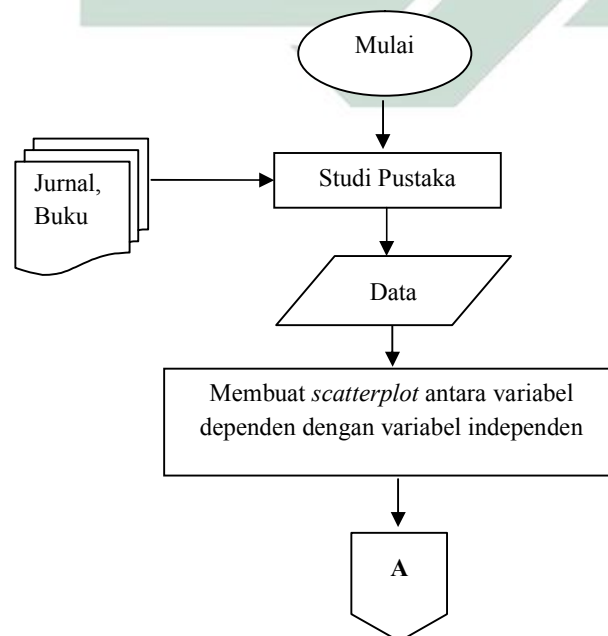
Variabel	Nama Variabel	Keterangan
Y	Curah hujan	Jumlah air yang jatuh di permukaan tanah datar selama periode tertentu yang diukur dengan satuan tinggi (mm) di atas permukaan horizontal bila tidak menguap, tidak meresap, dan tidak mengalir.
X ₁	Angin	Aliran udara dalam jumlah yang besar diakibatkan oleh rotasi bumi dan juga karena adanya perbedaan tekanan udara di sekitarnya.
X ₂	Temperatur	Temperatur atau suhu yaitu ukuran panas-dinginnya dari suatu benda
X ₃	Kelembaban	Kelembaban atau kelembapan adalah konsentrasi uap air di udara.

D. Teknik Analisis Data

Teknik analisis data merupakan langkah-langkah untuk mengolah sebuah data menjadi informasi sehingga bermanfaat untuk menemukan solusi dari permasalahan yang akan digambarkan melalui diagram alir penelitian pada Gambar 3.1. Berdasarkan Gambar 3.1 maka dapat diuraikan teknik analisis data dalam penelitian ini, yaitu sebagai berikut:

1. Melakukan studi literatur.
2. Membuat *time series* plot antara variabel dependen dengan variabel independen.
3. Memodelkan variabel dependen menggunakan regresi nonparametrik deret Fourier dengan berbagai jumlah knot.
4. Menghitung nilai GCV, MSE dan koefisien determinasi untuk masing-masing model regresi nonparametrik deret Fourier.
5. Menentukan jumlah knot optimal berdasarkan nilai GCV dan MSE yang minimum.
6. Melakukan pemodelan regresi nonparametrik deret Fourier menggunakan jumlah knot optimal.
7. Menghitung nilai estimasi parameter.
8. Menarik kesimpulan.

Adapun diagram alir penelitian ini akan disajikan pada Gambar 3.1 :

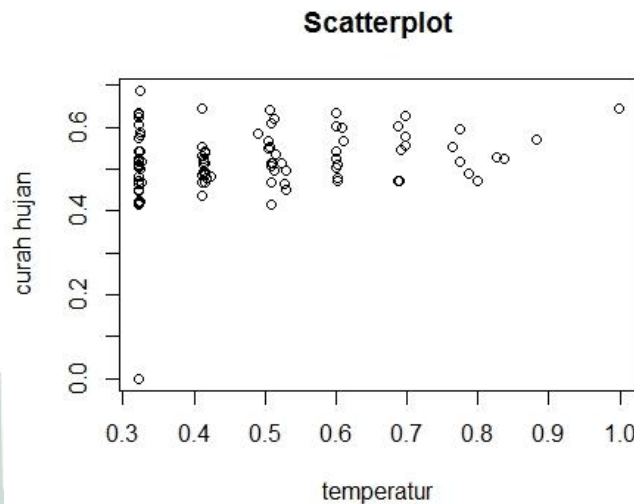


PEMBAHASAN

Berdasarkan Gambar 4.1 pola hubungan antara variabel dependen (curah hujan) dengan variabel independen (angin) menunjukkan titik-titik data menyebar diatas dan dibawah atau disekitar angka 0. Penyebaran titik-titik data tidak membentuk pola tertentu. Pola hubungan yang tidak diketahui polanya inilah menjadikan penyelesaian masalah ini dengan pendekatan regresi nonparametrik.

Faktor kedua yang diduga mempengaruhi curah hujan adalah temperatur. Pola hubungan dari curah hujan dengan temperatur ditunjukkan Gambar 4.2. Berdasarkan Gambar 4.2, pola hubungan antara curah hujan (y) dengan temperatur (x_2) menunjukkan pola hubungan yang tidak mengikuti pola tertentu. Titik-titik data menyebar diatas dan dibawah atau disekitar angka 0. Penyebaran titik-titik data tidak membentuk pola bergelombang, melebar

kemudian menyempit dan melebar kembali. Sehingga penyelesaian masalah ini dapat menggunakan pendekatan regresi nonparametrik.



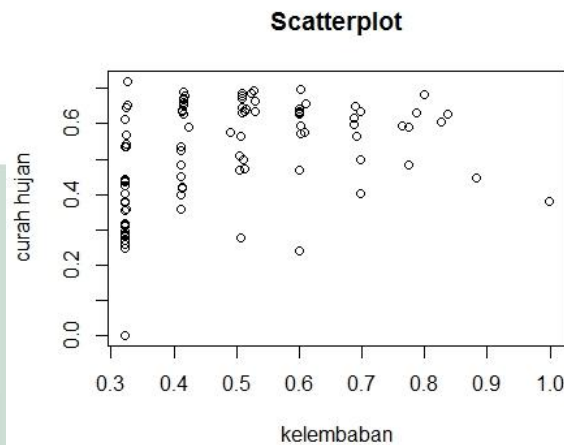
Gambar 4.2 *Scatterplot* variabel dependen y_i dengan variabel independen x_2

3. *Scatterplot* Curah Hujan dengan Kelembaban

Variabel ketiga yang mempengaruhi variabel dependen (curah hujan) adalah kelembaban. Pola hubungan dari variabel dependen dengan variabel kelembaban ditunjukkan Gambar 4.3.

Berdasarkan Gambar 4.3, pola hubungan antara variabel dependen (curah hujan) dengan variabel independen (kelembaban) menunjukkan titik-titik tidak membentuk pola teratur. Pola hubungan yang tidak mengikuti pola tertentu. Penyelesaian masalah ini menggunakan pendekatan regresi nonparametrik. Ketiga faktor yang diduga mempengaruhi variabel dependen tersebut, memiliki pola data yang tidak diketahui polanya sehingga penyelesaiannya menggunakan pendekatan regresi nonparametrik. Pada

penelitian ini akan digunakan pendekatan regresi nonparametrik deret Fourier.



Gambar 4.3 *Scatterplot* variabel dependen y_i dengan variabel independen x_3

B. Model Regresi Nonparametrik Deret Fourier

Berdasarkan deskripsi data menggunakan *scatterplot* pada Gambar 4.1, Gambar 4.2 dan Gambar 4.3, bahwa hubungan antara curah hujan (y) dengan angin (x_1), temperatur (x_2), dan kelembaban (x_3) memiliki pola nonparametrik, sehingga model yang digunakan untuk memodelkan curah hujan di Kota Surabaya adalah model nonparametrik. Model nonparametrik yang digunakan dinyatakan dalam persamaan berikut:

$$\begin{aligned} y_i &= f(x_{1i}, x_{2i}, x_{3i}) + \varepsilon_i, \quad i = 1, 2, \dots, n \\ &= \sum_{j=1}^t f(x_{ji}) + \varepsilon_i, \quad i = 1, 2, \dots, n; j = 1, 2, \dots, t \\ &= f(x_{1i}) + f(x_{2i}) + f(x_{3i}) + \varepsilon_i, \quad i = 1, 2, \dots, n \end{aligned}$$

Estimasi model dengan pendekatan deret Fourier diperoleh sebagai berikut :

$$y_i = \beta_0 + b_1x_{1i} + \sum_{k=1}^K a_{k1}\cos kx_{1i} + b_2x_{2i} + \sum_{k=1}^K a_{k2}\cos kx_{2i} + b_3x_{3i} + \sum_{k=1}^K a_{k3}\cos kx_{3i}.$$

Dalam regresi nonparametrik deret Fourier, sangat bergantung pada jumlah titik knot (K). Titik knot (K) merupakan jumlah dari gelombang cosinus pada model. Nilai K yang semakin besar akan mengakibatkan model semakin kompleks dan kurva estimasi akan semakin rapat serta mengikuti pola data aktual, sehingga bias semakin kecil dan varian semakin besar. Estimator deret Fourier yang terbaik dalam regresi nonparametrik diperlukan evaluasi ketetapan model. Evaluasi ketetapan model dapat dilakukan dengan cara melihat nilai dari koefisien determinasi (R^2) yang diperoleh dari Persamaan (2.9), nilai GCV yang diperoleh dari Persamaan (2.7) dan melihat seberapa besar nilai MSE dari Persamaan (2.8) yang dihasilkan.

Berikut perhitungan koefisien determinasi, GCV, dan MSE dari metode regresi nonparametrik deret Fourier:

Tabel 4.1 Perhitungan GCV, MSE dan Koefisien Determinasi

K	GCV	MSE	R^2
1	1.247452	467599.6	0.1465535
2	5.510784	464778.7	0.1517021
3	2.914779	437034.7	0.2023394
4	1.768297	414272.1	0.2438851
5	1.098594	370621.0	0.3235555
6	6.936490	318512.3	0.4186625
7	5.092311	305411.4	0.4425738
8	3.675731	279009.5	0.4907615
9	2.812649	263576.1	0.5189302
10	2.308738	261788.4	0.5221930
11	1.754059	236699.3	0.5679847
12	1.352399	214181.5	0.6090833
13	1.139099	209222.3	0.6181346
14	9.732994	205219.9	0.6254400
15	8.227434	197375.8	0.6397566

K	GCV	MSE	R ²
16	7.518076	195702.4	0.6428086
17	6.584116	185375.4	0.6616594
18	4.217610	132843.3	0.7575390
19	3.397138	118987.2	0.7828291
20	2.801119	104998.0	0.8083346
21	2.755323	110281.8	0.7987174
22	2.026876	89165.8	0.8372498
23	1.205709	56355.9	0.8971457
24	9.086508	46354.0	0.9153733
25	8.579111	46307.8	0.9154816
26	6.231228	35529.2	0.9351530
27	5.246761	32390.4	0.9408746
28	4.779066	31054.3	0.9433104
29	4.246883	29012.7	0.9470469
30	2.854212	20969.1	0.9617120
31	2.647463	19916.6	0.9636489
32	1.368273	11032.8	0.9798625
33	5.691239	4799.9	0.9912398
34	3.594498	3167.8	0.9942182
35	3.002638	282.2	0.9994844
36	4.621943	0.0	0.9999970

Berdasarkan Tabel 4.1 diatas, nilai GCV yang minimum terdapat pada K=36 dengan nilai 4.621943e-03. Sedangkan nilai MSE minimum terdapat pada K=36 yaitu sebesar 0.004527588 dengan R² sebesar 99%. Artinya, keragaman nilai dependen telah mampu dijelaskan oleh variabel independen sebesar 99%. Nilai koefisien determinasi telah mencapai 99% maka nilai K berhenti pada K=36 dan 1% lainnya adalah faktor lain yang mungkin berpengaruh terhadap curah hujan di Kota Surabaya. Sehingga K=36 merupakan titik knot optimal dalam regresi nonparametrik multivariabel deret Fourier pada data curah hujan di Kota Surabaya. Estimasi model regresi

nonparametrik multivariabel deret Fourier untuk model curah hujan di Kota Surabaya yaitu :

$$\begin{aligned}
 \hat{y}_i = & \hat{\beta}_0 + \hat{b}_1 x_{1i} + \hat{a}_{11} \cos x_{1i} + \hat{a}_{21} \cos 2x_{1i} + \dots + \hat{a}_{361} \cos 36x_{1i} + \hat{b}_2 x_{2i} + \\
 & \hat{a}_{12} \cos x_{2i} + \hat{a}_{22} \cos 2x_{2i} + \dots + \hat{a}_{362} \cos 36x_{2i} + \hat{b}_3 x_{3i} + \hat{a}_{13} \cos x_{3i} + \\
 & \hat{a}_{23} \cos 2x_{3i} + \dots + \hat{a}_{363} \cos 36x_{3i}. \\
 = & -5.94 + 2.69x_{1i} - 9.96 \cos x_{1i} + 3.64 \cos 2x_{1i} + 1.13 \cos 3x_{1i} + 4.26 \cos 4x_{1i} - \\
 & 1.42 \cos 5x_{1i} - 2.98 \cos 6x_{1i} - 2.94 \cos 7x_{1i} - 1.30 \cos 8x_{1i} + 5.31 \cos 9x_{1i} + \\
 & 1.01 \cos 10x_{1i} - 2.07 \cos 11x_{1i} - 1.99 \cos 12x_{1i} - 2.88 \cos 13x_{1i} - 2.28 \cos 14x_{1i} \\
 & - 8.68 \cos 15x_{1i} + 2.93 \cos 16x_{1i} + 5.28 \cos 17x_{1i} - 2.13 \cos 18x_{1i} - 1.50 \cos \\
 & 19x_{1i} - 2.66 \cos 20x_{1i} - 2.88 \cos 21x_{1i} - 1.74 \cos 22x_{1i} + 2.57 \cos 23x_{1i} + 1.68 \\
 & \cos 24x_{1i} + 1.18 \cos 25x_{1i} - 1.21 \cos 26x_{1i} - 3.87 \cos 27x_{1i} - 4.78 \cos 28x_{1i} - \\
 & 3.15 \cos 29x_{1i} - 5.09 \cos 30x_{1i} + 2.61 \cos 31x_{1i} + 3.54 \cos 32x_{1i} + 2.85 \cos \\
 & 33x_{1i} + 1.56 \cos 34x_{1i} + 5.45 \cos 35x_{1i} + 9.89 \cos 36x_{1i} - 8.53x_{2i} - 8.09 \cos x_{2i} \\
 & - 2.96 \cos 2x_{2i} + 2.30 \cos 3x_{2i} + 4.88 \cos 4x_{2i} + 3.76 \cos 5x_{2i} + 2.42 \cos 6x_{2i} - \\
 & 3.02 \cos 7x_{2i} - 3.73 \cos 8x_{2i} - 1.45 \cos 9x_{2i} + 2.08 \cos 10x_{2i} + 4.17 \cos 11x_{2i} + \\
 & 2.90 \cos 12x_{2i} - 1.56 \cos 13x_{2i} - 6.90 \cos 14x_{2i} - 1.00 \cos 15x_{2i} - 8.98 \cos 16x_{2i} \\
 & - 3.91 \cos 17x_{2i} + 2.71 \cos 18x_{2i} + 7.56 \cos 19x_{2i} + 8.23 \cos 20x_{2i} + 4.49 \cos \\
 & 21x_{2i} - 1.69 \cos 22x_{2i} - 7.18 \cos 23x_{2i} - 9.35 \cos 24x_{2i} - 7.23 \cos 25x_{2i} - 1.79 \\
 & \cos 26x_{2i} + 4.75 \cos 27x_{2i} + 1.00 \cos 28x_{2i} + 1.26 \cos 29x_{2i} + 1.22 \cos 30x_{2i} + \\
 & 9.76 \cos 31x_{2i} + 6.55 \cos 32x_{2i} + 3.66 \cos 33x_{2i} + 1.64 \cos 34x_{2i} + 5.30 \cos \\
 & 35x_{2i} + 9.81 \cos 36x_{2i} + 5.54 x_{3i} - 4.02 \cos x_{3i} + 6.97 \cos 2x_{3i} - 1.41 \cos 3x_{3i} + \\
 & 4.65 \cos 4x_{3i} - 8.10 \cos 5x_{3i} - 1.51 \cos 6x_{3i} - 7.82 \cos 7x_{3i} + 1.96 \cos 8x_{3i} + \\
 & 7.14 \cos 9x_{3i} + 1.64 \cos 10x_{3i} - 5.76 \cos 11x_{3i} + 7.41 \cos 12x_{3i} - 4.18 \cos 13x_{3i} \\
 & - 9.34 \cos 14x_{3i} + 8.90 \cos 15x_{3i} + 1.31 \cos 16x_{3i} + 5.64 \cos 17x_{3i} - 3.16 \cos \\
 & 18x_{3i} + 5.22 \cos 19x_{3i} - 4.77 \cos 20x_{3i} + 7.99 \cos 21x_{3i} - 1.18 \cos 22x_{3i} + 2.49
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & \cos 23x_{3i} - 2.39 \cos 24x_{3i} + 1.77 \cos 25x_{3i} - 2.30 \cos 26x_{3i} + 1.50 \cos 27x_{3i} - \\ & 2.27 \cos 28x_{3i} - 5.07 \cos 29x_{3i} - 7.99 \cos 30x_{3i} + 1.13 \cos 31x_{3i} - 7.83 \cos \\ & 32x_{3i} - 4.24 \cos 33x_{3i} + 3.96 \cos 34x_{3i} + 4.37 \cos 35x_{3i} - 1.41 \cos 36x_{3i}. \end{aligned}$$

Sebagai ilustrasi, berikut diberikan contoh perhitungan regresi nonparametrik deret Fourier dengan $K=2$ dan data sampel sebanyak 10 data untuk memperoleh parameter $\hat{\beta}$ dengan menggunakan persamaan (2.7), yaitu

$$\hat{\beta} = (X'(K)X(K))^{-1}X'(K)y$$

Karena,

$$X(K) = \begin{bmatrix} 1 & x_{11} & \cos x_{11} & \cos Kx_{11} & x_{21} & \cos x_{21} & \cos Kx_{21} & x_{31} & \cos x_{31} & \cos Kx_{31} \\ 1 & x_{12} & \cos x_{12} & \cos Kx_{12} & x_{22} & \cos x_{22} & \cos Kx_{22} & x_{32} & \cos x_{32} & \cos Kx_{32} \\ 1 & x_{13} & \cos x_{13} & \cos Kx_{13} & x_{23} & \cos x_{23} & \cos Kx_{23} & x_{33} & \cos x_{33} & \cos Kx_{33} \\ 1 & x_{14} & \cos x_{14} & \cos Kx_{14} & x_{24} & \cos x_{24} & \cos Kx_{24} & x_{34} & \cos x_{34} & \cos Kx_{34} \\ 1 & x_{15} & \cos x_{15} & \cos Kx_{15} & x_{25} & \cos x_{25} & \cos Kx_{25} & x_{35} & \cos x_{35} & \cos Kx_{35} \\ 1 & x_{16} & \cos x_{16} & \cos Kx_{16} & x_{26} & \cos x_{26} & \cos Kx_{26} & x_{36} & \cos x_{36} & \cos Kx_{36} \\ 1 & x_{17} & \cos x_{17} & \cos Kx_{17} & x_{27} & \cos x_{27} & \cos Kx_{27} & x_{37} & \cos x_{37} & \cos Kx_{37} \\ 1 & x_{18} & \cos x_{18} & \cos Kx_{18} & x_{28} & \cos x_{28} & \cos Kx_{28} & x_{38} & \cos x_{38} & \cos Kx_{38} \\ 1 & x_{19} & \cos x_{19} & \cos Kx_{19} & x_{29} & \cos x_{29} & \cos Kx_{29} & x_{39} & \cos x_{39} & \cos Kx_{39} \\ 1 & x_{110} & \cos x_{110} & \cos Kx_{110} & x_{210} & \cos x_{210} & \cos Kx_{210} & x_{310} & \cos x_{310} & \cos Kx_{310} \end{bmatrix}$$

$$X(K) = \begin{bmatrix} 1 & 4.03 & -0.63 & -0.21 & 28.23 & -0.99 & 0.99 & 78.51 & -0.99 & 0.99 \\ 1 & 3.4 & -0.97 & 0.87 & 28.37 & -0.99 & 0.98 & 77.57 & -0.57 & -0.36 \\ 1 & 2.74 & -0.92 & 0.69 & 28.72 & -0.90 & 0.63 & 76.90 & 0.06 & -0.99 \\ 1 & 2.23 & -0.61 & -0.24 & 28.80 & -0.86 & 0.50 & 77.63 & -0.61 & -0.24 \\ 1 & 2.77 & -0.93 & 0.74 & 29.25 & -0.56 & -0.37 & 74.96 & 0.91 & 0.65 \\ 1 & 3.9 & -0.72 & 0.05 & 28.37 & -0.99 & 0.98 & 69.47 & 0.93 & 0.76 \\ 1 & 4.26 & -0.44 & -0.61 & 28.42 & -0.99 & 0.95 & 68.58 & 0.86 & 0.48 \\ 1 & 4.32 & -0.38 & -0.71 & 28.17 & -0.99 & 0.98 & 65.19 & -0.71 & 0.01 \\ 1 & 4.33 & -0.37 & -0.73 & 28.90 & -0.81 & 0.33 & 63.63 & 0.70 & -0.03 \\ 1 & 4.2 & -0.49 & -0.51 & 30.24 & 0.39 & -0.70 & 63.32 & 0.88 & 0.55 \end{bmatrix}$$

Maka,

$$X'(K) = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 4.03 & 3.4 & 2.74 & 2.23 & 2.77 & 3.9 & 4.26 & 4.32 & 4.33 & 4.2 \\ -0.63 & -0.97 & -0.92 & -0.61 & -0.93 & -0.72 & -0.44 & -0.38 & -0.37 & -0.49 \\ -0.21 & 0.87 & 0.69 & -0.24 & 0.74 & 0.05 & -0.61 & -0.71 & -0.73 & -0.51 \\ 28.23 & 28.37 & 28.72 & 28.80 & 29.25 & 28.37 & 28.42 & 28.17 & 28.90 & 30.24 \\ -0.99 & -0.99 & -0.90 & -0.86 & -0.56 & -0.99 & -0.99 & -0.99 & -0.81 & 0.39 \\ 0.99 & 0.98 & 0.63 & 0.50 & -0.37 & 0.98 & 0.95 & 0.98 & 0.33 & -0.70 \\ 78.51 & 77.57 & 76.90 & 77.63 & 74.96 & 69.47 & 68.58 & 65.19 & 63.63 & 63.32 \\ -0.99 & -0.57 & 0.06 & -0.61 & 0.91 & 0.93 & 0.86 & -0.71 & 0.70 & 0.88 \\ 0.99 & -0.36 & -0.99 & -0.24 & 0.65 & 0.76 & 0.48 & 0.01 & -0.03 & 0.55 \end{bmatrix}$$

Sehingga,

$$X(K)X'(K) = \begin{bmatrix} 10 & 36.18 & -6.46 & -0.66 & 287.47 & -7.69 & 5.27 & 715.76 & 1.46 & 1.82 \\ 36.18 & 136.36 & -22.28 & -5.26 & 1039.71 & -27.51 & 19.73 & 2557.76 & 6.35 & 8.55 \\ -6.46 & -22.28 & 4.65 & -0.87 & -185.64 & 5.10 & -3.39 & -472.05 & -0.82 & -0.84 \\ -0.66 & -5.26 & -0.87 & 3.55 & -19.13 & 0.17 & -0.42 & -22.49 & -0.36 & -1.19 \\ 287.47 & 1039.72 & -185.64 & -19.13 & 8267.40 & -218.76 & 148.20 & 20563.9 & 44.32 & 52.65 \\ -7.69 & -27.51 & 5.10 & 0.17 & -218.76 & 7.58 & -6.16 & -560.52 & 0.21 & -0.89 \\ 5.27 & 19.73 & -3.39 & -0.42 & 148.20 & -6.16 & 6.15 & 387.06 & -1.50 & 0.46 \\ 715.76 & 2557.76 & -472.05 & -22.49 & 20563.9 & -560.52 & 387.06 & 51577.19 & 81.10 & 123.05 \\ 1.46 & 6.35 & -0.82 & -0.36 & 44.32 & 0.21 & -1.50 & 81.10 & 5.88 & 1.48 \\ 1.82 & 8.55 & -0.84 & -1.19 & 52.65 & -0.89 & 0.46 & 123.05 & 1.48 & 3.69 \end{bmatrix}$$

Oleh karenanya,

$$(X(K)X'(K))^{-1} = \begin{bmatrix} 60786.70 & 81.1638 & -2824.09 & -1305.15 & -2220.95 & 1818.74 & -1034.82 & 39.5337 & 317.134 & -423.15 \\ 81.1638 & 2.3972 & -38.8519 & -14.3727 & -4.28675 & -0.1989 & -5.4006 & 0.1452 & 0.4789 & -2.3259 \\ -2824.09 & -38.8519 & 1373.477 & 493.9099 & 130.338 & -5.4619 & 139.9517 & 0.7039 & -5.0122 & 55.444 \\ -1305.15 & -14.3727 & 493.9099 & 180.3224 & 57.5791 & -11.8479 & 54.7312 & -0.1188 & -3.9538 & 22.115 \\ -2220.95 & -4.2875 & 130.338 & 57.5790 & 82.0651 & -64.7968 & 40.3739 & -1.4962 & -11.675 & 16.639 \\ 1818.745 & -0.1989 & -5.46197 & -11.8469 & -64.7968 & 63.9308 & -22.1808 & 1.4193 & 10.655 & -10.540 \\ -1034.82 & -5.4007 & 139.9517 & 54.7312 & 40.3739 & -22.1808 & 27.9216 & -0.6322 & -4.664 & 10.5332 \\ 39.5337 & 0.14521 & 0.70391 & -0.1188 & -1.4962 & 1.41935 & -0.6322 & 0.0675 & 0.3350 & -0.3312 \\ 317.134 & 0.47892 & -5.0121 & -3.9538 & -11.6748 & 10.6547 & -4.6642 & 0.3350 & 2.3589 & -2.3353 \\ -423.149 & -2.32592 & 55.4445 & 22.1151 & 16.6399 & -10.5402 & 10.5332 & -0.3311 & -2.3353 & 4.8452 \end{bmatrix}$$

Dengan memperhatikan

$$y = \begin{bmatrix} 1152.455 \\ 323.5857 \\ 872.2097 \\ 1489.743 \\ 289.2484 \\ 0.71 \\ 286.7613 \\ 0 \\ 0 \\ 861.0323 \end{bmatrix}$$

Diperoleh,

$$X(K)y = \begin{bmatrix} 5275.745 \\ 17098.49 \\ -3568.69 \\ -116.181 \\ 152336.4 \\ -3638.22 \\ 2315.783 \\ 394219.5 \\ -913.585 \\ 603.1779 \end{bmatrix}$$

Jadi,

$$\hat{\beta} = \begin{bmatrix} 5275.745 \\ 17098.49 \\ -3568.69 \\ -116.181 \\ 152336.4 \\ -3638.22 \\ 2315.783 \\ 394219.5 \\ -913.585 \\ 603.1779 \end{bmatrix}$$

Dengan demikian dapat diperoleh nilai dari $\beta_0, b_1, a_{11}, a_{21}, b_2, a_{12}, a_{22}, b_3, a_{13}, a_{23}$ dengan nilai 5275.745, 17098.49, -3568.69, -116.181, 152336.4, -3638.22, 2315.783, 2315.783, 394219.5, -913.585, dan 603.1779.

C. Hasil Prediksi Menggunakan Regresi Nonparametrik Deret Fourier

Dalam tahap ini dilakukan estimasi curah hujan di Kota Surabaya dengan menggunakan regresi nonparametrik deret Fourier dengan menggunakan *software* R. Hasil estimasi disajikan dalam Tabel 4.2 sebagai berikut.

Tabel 4.2 Curah Hujan di Kota Surabaya menggunakan deret Fourier

Bulan-Tahun	Curah Hujan (y)	Regresi nonparametrik deret Fourier
Jan-11	1152.455	1152.429
Feb-11	323.585	323.728
Mar-11	872.209	872.152

Bulan-Tahun	Curah Hujan (y)	Regresi nonparametrik deret Fourier
Apr-11	1489.743	1489.773
Mei-11	289.248	289.337
Jun-11	0.710	0.723
Jul-11	286.761	286.776
Ags-11	0.000	-0.116
Sep-11	0.000	0.002
Okt-11	861.032	861.026
Nov-11	1487.367	1487.390
Des-11	1163.268	1163.311
Jan-12	583.487	583.397
Feb-12	1539.741	1539.744
Mar-12	870.174	870.439
Apr-12	1186.523	1186.472
Mei-12	289.129	289.090
Jun-12	296.410	296.403
Jul-12	0.000	-0.001
Ags-12	0.000	-0.157
Sep-12	0.000	0.031
Okt-12	575.025	575.026
Nov-12	1187.830	1187.799
Des-12	1730.513	1730.517
Jan-13	302.119	302.157
Feb-13	644.736	644.851
Mar-13	583.819	583.909
Apr-13	1783.913	1783.988
Mei-13	865.271	865.199
Jun-13	304.280	304.185
Jul-13	2.522	2.555
Ags-13	0.000	0.063
Sep-13	0.000	0.134
Okt-13	0.418	0.446
Nov-13	2076.503	2076.500
Des-13	1154.235	1154.220
Jan-14	582.242	582.225
Feb-14	646.150	646.074
Mar-14	293.087	293.001
Apr-14	0.000	0.004
Mei-14	862.935	862.967
Jun-14	1.583	1.622
Jul-14	860.226	860.224

Bulan-Tahun	Curah Hujan (y)	Regresi nonparametrik deret Fourier
Ags-14	0.193	0.106
Sep-14	0.000	0.028
Okt-14	0.013	0.029
Nov-14	5948.200	5948.206
Des-14	295.868	295.578
Jan-15	298.126	298.066
Feb-15	10.728	10.821
Mar-15	7.938	7.843
Apr-15	300.540	300.528
Mei-15	2.426	2.400
Jun-15	0.023	0.096
Jul-15	286.709	286.711
Ags-15	0.000	-0.018
Sep-15	0.000	0.001
Okt-15	0.000	0.002
Nov-15	4.340	4.337
Des-15	5.903	5.891
Jan-16	528.584	528.585
Feb-16	627.121	627.147
Mar-16	1151.503	1151.485
Apr-16	893.123	893.120
Mei-16	584.758	584.763
Jun-16	300.493	300.493
Jul-16	863.035	863.035
Ags-16	574.600	547.600
Sep-16	3.407	3.439
Okt-16	865.339	865.324
Nov-16	1188.997	1189.013
Des-16	298.284	298.436
Jan-17	0.000	-0.000
Feb-17	1596.046	1595.957
Mar-17	581.290	581.251
Apr-17	299.683	299.699
Mei-17	578.513	578.448
Jun-17	595.570	595.607
Jul-17	287.426	287.402
Ags-17	0.000	0.005
Sep-17	296.643	296.673
Okt-17	287.568	287.561
Nov-17	603.253	603.250

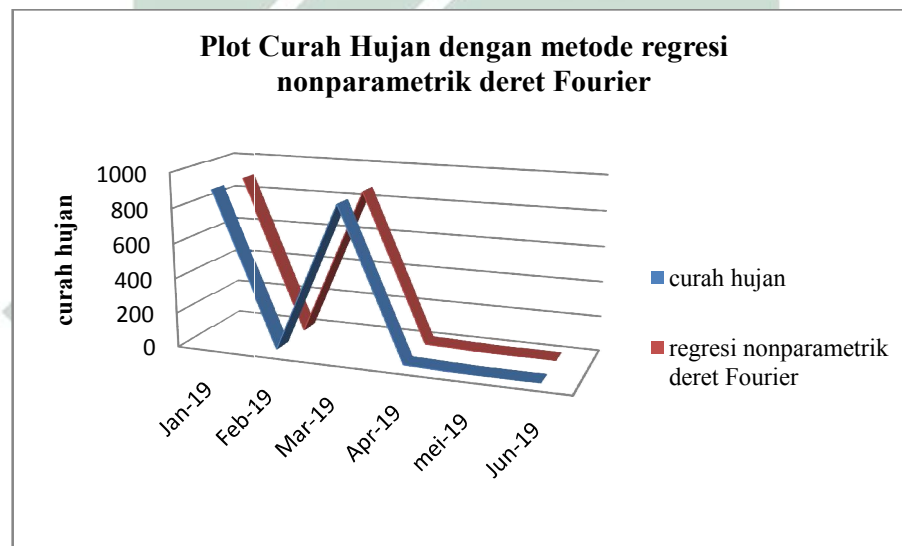
Berdasarkan hasil yang disajikan pada Tabel 4.2, ketika kecepatan angin sebesar 4,032258, temperatur sebesar 28,23226, dan kelembaban sebesar 78,51613 maka curah hujan diprediksi sebesar 1152.429 mm. Untuk mengetahui perbandingan antara data aktual dengan data hasil prediksi, dapat dilihat pada plot yang disajikan pada Gambar 4.4.

Pada Gambar 4.4 dapat dilihat bahwa hasil prediksi curah hujan Surabaya dengan regresi nonparametrik deret Fourier periode Januari hingga Desember 2018 tidak jauh berbeda dengan data aktualnya. Garis hitam pada gambar merupakan jumlah curah hujan data aktual, sedangkan garis merah pada gambar menunjukkan hasil estimasi menggunakan deret Fourier. Curah hujan di Kota Surabaya tertinggi terjadi pada bulan Oktober dan bulan Februari. Sedangkan pada bulan Maret hingga September curah hujannya rendah atau tidak terjadi hujan.

$$MAPE = \left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left| \frac{A_i - F_i}{A_i} \right| \right) \times 100\%$$

$$MAPE = 0.020\%$$

Berdasarkan nilai MAPE dari metode regresi nonparametrik deret Fourier sebesar 0.020% maka termasuk dalam kemampuan prediksi sangat baik.



Gambar 4.5 Plot prediksi curah hujan di Kota Surabaya

Berdasarkan Gambar 4.5 diatas, dapat dilihat bahwa garis biru pada gambar merupakan data aktual curah hujan di Kota Surabaya, sedangkan garis merah merupakan hasil estimasi curah hujan di Kota Surabaya. Dari hasil plot Gambar 4.5, hasil prediksi curah hujan di Kota Surabaya dengan regresi nonparametrik deret Fourier periode Januari 2019 hingga Juni 2019 tidak jauh berbeda dengan data aktualnya.

BAB V

PENUTUP

A. Simpulan

Berdasarkan hasil pembahasan yang telah dilakukan, maka dapat diambil simpulan sebagai berikut:

1. Model regresi nonparametrik multivariabel deret Fourier untuk data curah hujan di Kota Surabaya dengan 3 variabel independen diperoleh :

$$\hat{y}_i = \beta_0 + b_1x_{1i} + \sum_{k=1}^K a_{k1}\cos kx_{1i} + b_2x_{2i} + \sum_{k=1}^K a_{k2}\cos kx_{2i} + b_3x_{3i} + \sum_{k=1}^K a_{k3}\cos kx_{3i}.$$

yaitu,

$$\begin{aligned}\hat{y}_i = & -5,94 + 2,69x_{1i} - 9,96 \cos x_{1i} + 3,64 \cos 2x_{1i} + 1,13x_{2i} + \\ & 4,26 \cos x_{2i} - 1,42 \cos 2x_{2i} - 2,98x_{3i} - 2,94 \cos x_{3i} - \\ & 1,31 \cos 2x_{3i} + \dots - 1,41 \cos 36x_{3i}.\end{aligned}$$

2. Model regresi nonparametrik deret Fourier terbaik adalah $K=36$ dengan nilai GCV sebesar 4.621943×10^{-3} , nilai MSE sebesar 0.004527588 dengan R^2 sebesar 99%.
3. Berdasarkan nilai MAPE dari metode regresi nonparametrik deret Fourier untuk data testing diperoleh sebesar 0.020%, maka model termasuk dalam kemampuan prediksi sangat baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Apralis, C. (2010). *Perbandingan Model Fungsi Transfer dan ARIMA Studi Kasus Model Antara Curah Hujan dan Kelembaban Udara*. Jakarta: Program Studi Matematika FST UIN Syarif Hidayatullah.
- Astuti, W. T., Hadijati, M., & Irwansyah. (2018). Model Regresi Nonparametrik Deret Fourier pada Pola Data Curah Hujan di Kota Mataram. *Eigen Mathematics Journal* , Vol.1 No.2.
- Bilodeau, M. (1992). Fourier Smoother and Additive Models. *The Canadian Journal of Statistics* , Vol.3, hal.257-269.
- Budiantara, I. N. (2007). Inferensi Statistik untuk Model Spline. *Jurnal Matematika* , Vol. 7 hal.1-14.
- Budiantara, I. N. (2000). Metode U, GML, CV, dan CGV dalam Regresi Nonparametrik Spline. *Majalah Ilmiah Himpunan Matematika Indonesia (MIHMI)* , Vol.6 hal.285-290.
- Islamiyati, A., & Budiantara, I. N. (2007). Model Spline dengan Titik-titik Knot dalam Regresi Nonparametrik. *Jurnal INFERENSI* , Vol.3 hal.11-21.
- Kuspriyanto, & Sulistinah. (2018). *Pendalaman Materi Geografi Modul 13 Cuaca*. Kementerian Riset, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi.
- Lestari, B., & Budiantara, I. N. (2010). Spline Estimator of Triple Response Nonparametric Regression Model. *Jurnal Ilmu Dasar* , Vol.11 hal.17-22.
- Midaada, A. (2019, Februari 01). Retrieved April 01, 2019, from okezone.com: <https://news.okezone.com/read/2019/02/01/519/2012208/surabaya-dikepung-banjir-puluhan-kendaraan-tenggelam>
- Nurjanah, d. (2015). Model Regresi Nonparametrik Dengan Pendekatan Deret Fourier Pada Pola Data Curah Hujan Di Kota Semarang. *Program Studi Statistika, FMIPA, Universitas Muhammadiyah Semarang* , Vol.3 No.2.
- Prahutama, A. (2013). Model Regresi Nonparametrik Dengan Pendekatan Deret Fourier Pada Kasus Tingkat Pengangguran Terbuka Di Jawa Timur. *Universitas Diponegoro* .

- Tripena, A., & Budiantara, I. N. (2007). Fourier Estimator in Nonparameric Regression. *International Conference On Natural Sciences and Applied Natural Sciences*. Yogyakarta: Ahmad Dahlan University.
- Wahba, G. (1990). *Spline Model for Observational Data*. Philadelphia: Society for Industrial and Applied Mathematics.
- Wisisono, d. (2018). Regresi Nonparametrik Dengan Pendekatan Deret Fourier Pada Data Debit Air Sungai Citarum. *Jurnal Matematika "MANTIK"* , Vol.04 No.02.
- Wu, H., & Zhang, J. (2006). *Nonparametric Regression Method for Longitudinal Data Analysis*. New Jersey: A John-Wiley and Son Inc.