

PEMODELAN CURAH HUJAN MENGGUNAKAN  
ANALISIS REGRESI SIRKULAR-LINIER

Skripsi

Disusun untuk melengkapi syarat-syarat  
guna memperoleh gelar Sarjana Sains



VINNA ANGELA WULLUR

3125121981

PROGRAM STUDI MATEMATIKA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA

2017

**LEMBAR PERSETUJUAN HASIL SIDANG SKRIPSI**  
**PEMODELAN CURAH HUJAN MENGGUNAKAN ANALISIS**  
**REGRESI SIRKULAR-LINIER**

Nama : Vinna Angela Wullur

No. Registrasi : 3125121981

	Nama	Tanda Tangan	Tanggal
Penanggung Jawab			
Dekan	: Prof. Dr. Suyono, M.Si. NIP. 19671218 199303 1 005	.....	.....
Wakil Penanggung Jawab			
Wakil Dekan I	: Dr. Muktiningsih, M.Si. NIP. 19640511 198903 2 001	.....	.....
Ketua	: Dr. Lukita Ambarwati, S.Pd, M.Si NIP. 19721026 200112 2 001	.....	.....
Sekretaris	: Ibnu Hadi, M.Si. NIP. 19810718 200801 1 007	.....	.....
Penguji	: Prof. Dr. Suyono, M.Si. NIP. 19671218 199303 1 005	.....	.....
Pembimbing I	: Ir. Fariani Hermin, M.T. NIP. 19600211 198703 2 001	.....	.....
Pembimbing II	: Ria Arafyah, M.Si. NIP. 19751121 200501 2 004	.....	.....

Dinyatakan lulus ujian skripsi tanggal: 7 Februari 2017

# ABSTRACT

VINNA ANGELA WULLUR, 3125100132. Rainfall Modeling using Circular-linear Regression Analysis. Thesis. Faculty of Mathematics and Natural Science Jakarta State University. 2017.

*Rainfall is important to be modeled and predicted as a form of early anticipation of natural disasters. The high rainfall causing floods and low rainfall resulting the problem in availability of clean water. This thesis will be modeling rainfall with a circular-linear regression analysis. This method is used because one of the rainfall factor to be tested is the wind direction. Wind direction is data circular. Factors that will be used is rainfall as variable dependent and wind direction, temperature, humidity and wind direction as variable independent. Data that will be processed is the daily data of rain during the year 2015 in Jakarta. Data will be processed using SPSS 14 and Oriana 4.0. The result will be displayed is the descriptive data circular and linear data, regression model circular-linear connecting rainfall with wind direction and the regression model circular-linear connecting rainfall with wind direction, air temperature, air humidity and wind speed.*

**Keywords** :rainfall, wind direction, data circular , circular-linear regression,rainfall modeling.

# ABSTRAK

VINNA ANGELA WULLUR, 3125100132. **Pemodelan Curah Hujan Menggunakan Analisis Regresi-Sirkular. Skripsi. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Jakarta. 2017.**

Curah hujan penting untuk dimodelkan dan diprediksi sebagai bentuk antisipasi dini dari bencana alam. Curah hujan berlebih menimbulkan banjir dan curah hujan yang rendah mengakibatkan masalah ketersediaan air bersih. Skripsi ini akan memodelkan curah hujan dengan metode analisis regresi sirkular-linier. Metode ini digunakan karena salah satu faktor curah hujan yang akan digunakan dalam penelitian adalah arah angin yang termasuk dalam data sirkular. Faktor-faktor curah hujan yang akan digunakan adalah curah hujan sebagai variabel *dependent*, arah angin, suhu, kelembaban dan arah angin sebagai variabel *independent*. Data yang akan diolah adalah data harian sewaktu hujan pada tahun 2015 di Jakarta. Data akan diolah menggunakan SPSS 14 dan Oriana 4.0. Hasil perhitungan yang akan ditampilkan adalah deskriptif data sirkular dan data linier, model regresi sirkular-linier yang menghubungkan curah hujan dengan arah angin dan model regresi sirkular-linier yang menghubungkan curah hujan dengan arah angin, suhu udara, kelembaban udara dan kecepatan angin.

**Kata kunci** : curah hujan, arah angin , analisis regresi sirkular-linier, pemodelan curah hujan.

## PERSEMBAHANKU...

*" Ya Allah, tidak ada kemudahan kecuali yang Engkau buat mudah. Dan Engkau menjadikan kesedihan (kesulitan), jika Engkau kehendaki pasti akan menjadi mudah"*

*" Life is tough but you are tougher "*

Skripsi ini kupersembahkan untuk Papa di surga dan Mama tercinta

*"Terima kasih atas dukungan, do'a, serta kasih sayang kalian".*

# KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Allah SWT atas pengetahuan dan kemampuan sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul "Pemodelan Curah Hujan Menggunakan Analisis Regresi-Sirkular" yang merupakan salah satu syarat dalam memperoleh gelar Sarjana Jurusan Matematika Universitas Negeri Jakarta.

Skripsi ini berhasil diselesaikan tidak terlepas dari adanya bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, dalam kesempatan ini penulis ingin menyampaikan terima kasih terutama kepada:

1. Ibu Ir.Fariani Hermin, MT. selaku Dosen Pembimbing I dan Ibu Ria Arafiyah M.Si. selaku Dosen Pembimbing II, yang telah meluangkan waktunya dalam memberikan bimbingan, saran, nasehat serta arahan sehingga skripsi ini dapat menjadi lebih baik dan terarah.
2. Seluruh Ibu/Bapak dosen Matematika UNJ. Terimakasih atas semua pelajaran yang telah Ibu/Bapak berikan.
3. Papa di surga dan mama tercinta. Terimakasih untuk semua doa, kasih sayang, semangat, perhatian dan dukungan sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.
4. Kak Novita dan Stephanie yang selalu memberikan dukungan, doa, semangat, kasih sayang dan selalu menghibur ketika penulis mengalami kesulitan dalam penulisan skripsi ini.
5. Teman Kesayangan penulis. Anggi, Acit, Mega, Yuli, Ibeth, Farah, Jenyfer dan teruntuk deospem ketigaku Faralita yang selalu memberikan dukungan, kasih sayang, doa dan perhatian. Yang membuat penulis bertahan melalui segala cobaan hingga berhasil menyelesaikan skripsi ini.

6. Irfan teman bertahan hidup melewati suka duka dan terimakasih kepada Mama Papa Irfan yang selalu memberikan dukungan dan doanya kepada penulis.
7. Adik angkat tersayang Syarifah Hanun yang selalu memberikan semangat, dukungan, doa dan kasih sayang. Kakak angkat penulis yang telah memberikan semangat, saran dan dukungan kepada penulis. Terimakasih kak atas semua bantuannya.
8. Teman-teman di Prodi Matematika UNJ 2012 yaitu Aan, Mira, Alpin, Aman, Bety, Bobby, Chrisna, Deddy, Dewanti, Dwi, Ela, Fatmah, Habib, Heru, Icha, Irma, Jaja, Leni, Lusua, Mella, Meila, Miqdad, Mukti, Rahman, Sarah, Sidik, Steven, Timah, Tyo, Uyun, Yarham, Yohana, Zie-zie dan Zuhai. Terima kasih atas dukungan, doa, semua pengalaman selama mengenal kalian. Semoga tali silaturahmi kita tetap terjaga.
9. Teman-teman penulis yang memberikan dukungan, doa dan semangat. Eva, Wulan, Kak Dinda, Debby, Drima, Erza, Virhan dan AHL Grup. Teman seperjalanan penulis. Mas Ade, Kak Tina, Kak Syarah, Sandy, Mas yogi, Mbak Anis dan Bang Mirza. Makasih semua.
10. Teman-teman dan pihak-pihak yang tidak sempat penulis sebutkan satu per satu. Terima kasih atas segala bantuan dan dukungannya bagi penulis dalam pengerjaan skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari sempurna. Masukan dan kritikan akan sangat berarti. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi pembaca sekalian.

Jakarta, Februarii 2017

Vinna Angela Wullur

# DAFTAR ISI

<b>ABSTRACT</b>	<b>i</b>
<b>ABSTRAK</b>	<b>ii</b>
<b>KATA PENGANTAR</b>	<b>iv</b>
<b>DAFTAR ISI</b>	<b>vi</b>
<b>DAFTAR TABEL</b>	<b>vii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b>	<b>viii</b>
<b>I PENDAHULUAN</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang Masalah . . . . .	1
1.2 Perumusan Masalah . . . . .	3
1.3 Pembatasan Masalah . . . . .	3
1.4 Tujuan Penulisan . . . . .	3
1.5 Manfaat Penulisan . . . . .	4
1.6 Metode Penelitian . . . . .	4
<b>II LANDASAN TEORI</b>	<b>5</b>
2.1 Faktor-Faktor Curah Hujan . . . . .	5
2.1.1 Curah Hujan . . . . .	6
2.1.2 Arah Angin . . . . .	6
2.1.3 Kecepatan Angin . . . . .	6
2.1.4 Kelembaban Udara . . . . .	6
2.1.5 Suhu Udara . . . . .	7
2.2 Statistika Deskriptif Sirkular . . . . .	7



2.2.1	<i>Mean</i> Arah . . . . .	8
2.2.2	Variansi Sirkular . . . . .	9
2.2.3	Representatif Grafis . . . . .	9
2.3	Regresi Sirkular-Linier . . . . .	10
2.3.1	Korelasi Sirkular-Linier . . . . .	10
2.3.2	Regresi Sirkular-Linier dengan Satu Variabel <i>Independent Sirkular</i> dan Satu Variabel <i>Dependent Linier</i> . . . . .	13
2.3.3	Regresi Sirkular-Linier dengan Satu Variabel <i>Dependent Linier</i> , Satu Variabel <i>Independent Sirkular</i> , dan Lebih dari Satu Variabel <i>Independent Linier</i> . . . . .	15
2.3.4	Uji Keberartian Model Regresi Sirkular-Linier . . . . .	16
2.3.5	Penentuan Orde Model Regresi Sirkular-Linier . . . . .	17
2.3.6	Analisis Residual ( <i>Error</i> ) Model Regresi Sirkular-Linier . . . . .	17
2.3.7	Diagram Alir . . . . .	19
<b>III PEMBAHASAN</b>		<b>21</b>
3.1	Sumber Data . . . . .	21
3.2	Prosedur Pengolahan Data . . . . .	22
3.3	Pembuatan Model Regresi Sirkular-Linier . . . . .	22
3.3.1	Membuat Model Regresi Sirkular-Linier Secara Manual . . . . .	22
3.3.2	Statistika Deskriptif dan Representasi Grafis . . . . .	25
3.3.3	Model Regresi Sirkular-Linier dengan Variabel <i>Dependent</i> Curah Hujan dan Variabel <i>Independent</i> Arah Angin . . . . .	27

3.3.4	Model Regresi Sikular-Linier dengan Variabel <i>Dependent</i> Curah Hujan dan Variabel <i>Independent</i> Arah Angin, Kelembaban Udara, Suhu Udara dan Kecepatan Angin . . .	34
<b>IV</b>	<b>PENUTUP</b>	<b>42</b>
4.1	Kesimpulan . . . . .	42
4.2	Saran . . . . .	42
	<b>DAFTAR PUSTAKA</b>	<b>44</b>
	<b>LAMPIRAN-LAMPIRAN</b>	<b>45</b>

## DAFTAR TABEL

2.1	Contoh data korelasi sirkular-linier . . . . .	11
2.2	Pengolahan data korelasi sirkular-linier . . . . .	11
3.1	Data contoh curah hujan dan arah angin . . . . .	22
3.2	Data pengolahan manual model regresi sirkular-linier . . . . .	24
3.3	Statistika deskriptif arah angin . . . . .	25
3.4	Statistik deskriptif data linier . . . . .	26
3.5	Tabel model regresi sirkular-linier orde satu . . . . .	27
3.6	Tabel model regresi sirkular-linier orde dua . . . . .	28
3.7	Tabel model regresi sirkular-linier orde tiga . . . . .	29
3.8	Tabel model regresi sirkular-linier orde empat . . . . .	30
3.9	Tabel model regresi sirkular-linier orde lima . . . . .	30
3.10	Pengurangan nilai <i>Sum Square of Error</i> (SSE) . . . . .	31
3.11	Tabel regresi sirkular-linier orde satu . . . . .	35
3.12	Tabel regresi sirkular-linier udara orde dua . . . . .	35
3.13	Tabel regresi sirkular-linier orde tiga . . . . .	36
3.14	Tabel regresi sirkular-linier orde empat . . . . .	37
3.15	Tabel regresi sirkular-linier orde lima . . . . .	38
3.16	Pengurangan nilai <i>Sum Square of Error</i> (SSE) . . . . .	39

# DAFTAR GAMBAR

2.1	Diagram Mawar Arah Angin . . . . .	10
2.2	Alur pemodelan dengan metode analisis regresi sirkular-linier . . . . .	20
3.1	Diagram Mawar Arah Angin . . . . .	26
3.2	Uji kenormalan <i>error</i> model regresi sirkular-linier orde 3 . . . . .	32
3.3	Uji kesamaan variansi <i>error</i> model regresi sirkular-linier orde 3 . . . . .	32
3.4	Uji <i>error</i> tidak berkolerasi model regresi sirkular-linier orde 3 . . . . .	33
3.5	Pembuatan model regresi sirkular-linier orde 3 . . . . .	33
3.6	Uji kenormalan <i>error</i> model regresi sirkular-linier orde 3 . . . . .	39
3.7	Uji kenormalan <i>error</i> model regresi sirkular-linier orde 3 . . . . .	40
3.8	Uji kenormalan <i>error</i> model regresi sirkular-linier orde 3 . . . . .	40
3.9	Pembuatan model regresi sirkular-linier orde 3 . . . . .	41
4.1	Data Curah Hujan Kota Jakarta Tahun 2015 . . . . .	48
4.2	Tabel F dengan $\alpha = 0,05$ . . . . .	49
4.3	Tabel <i>Durbin Watson</i> dengan $\alpha = 0,05$ . . . . .	50
4.4	Hasil Perhitungan Menggunakan SPSS . . . . .	60

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang Masalah

Hujan merupakan sumber utama air tawar di sebagian besar daerah di dunia. Di Indonesia, hujan merupakan salah satu unsur iklim yang paling sering diamati. Menurut ilmu Geografi, hujan terjadi jika titik air di awan dalam jumlah yang besar bergabung menjadi titik-titik air yang besar sampai berdiameter 7 mm, dan jika diameter lebih dari 7 mm maka keadaan tidak stabil dan pecah menjadi titik-titik air yang lebih kecil dan menjadi hujan. Intensitas hujan adalah banyaknya curah hujan. Intesitas hujan yang berlebihan dapat menimbulkan masalah bagi bumi. Curah hujan adalah ketinggian air hujan yang terkumpul dalam tempat yang datar, tidak menguap, tidak meresap dan tidak mengalir. Curah hujan satu milimeter artinya dalam luasan satu meter persegi pada tempat yang datar tertampung air setinggi satu milimeter atau tertampung air sebanyak satu liter.

Tingkat curah hujan dipengaruhi oleh beberapa faktor. Jatuhnya hujan maupun besar curah hujan adalah hasil akhir dari pada perpaduan berbagai faktor. Kelembaban udara, arah angin, kecepatan angin, dan suhu . Masing-masing faktor memberikan peranannya sendiri. Udara di Indonesia termasuk cukup lembab. Di dataran rendah, daerah pantai, rawa, hutan tropis, atau daerah dengan banyak sungai besar, tingkat kelembaban udaranya selalu tinggi. Namun pada daerah lereng gunung tingkat kelembaban udaranya lebih rendah. Semakin tinggi tingkat kelembaban udara semakin memungkinkan terjadinya

hujan.

Perubahan jumlah hujan pada musim yang berbeda diakibatkan oleh perubahan pada arah angin (Syaeful, 2008). Pada daerah dimana arah angin sejajar dengan garis pantai memiliki curah hujan yang rendah. Angin yang berhembus kencang bisa membatalkan hujan untuk turun, karena mendung yang akan menurunkan hujan dihembuskan oleh angin. Permukaan bumi yang dipanaskan oleh sinar matahari menyebabkan terjadinya penguapan dan membuat udara membumbung tidak stabil sehingga mengakibatkan hujan.

Indonesia merupakan salah satu negara tropis yang memiliki tingkat curah hujan cukup tinggi. Kota Jakarta merupakan ibu kota negara Indonesia yang memiliki tingkat curah hujan cukup tinggi dan berada pada dataran rendah. Saat musim penghujan kota Jakarta sering dilanda banjir. Penyebab banjir tersebut diantaranya intensitas curah hujan yang tinggi, sistem irigasi kota yang buruk, penyempitan pada sumber resapan air dan masih banyak lagi. Lalu pada saat musim kemarau, kota Jakarta sering dilanda masalah ketersediaan air bersih. Salah satu faktor penyebabnya adalah karena tingkat curah hujan yang terlalu rendah. Oleh karena itu prediksi atau perkiraan curah hujan perlu dilakukan sebagai antisipasi dini bencana alam.

Salah satu metode yang dapat digunakan untuk memperkirakan tingkat curah hujan adalah metode analisis regresi. Jenis dari analisis regresi sangat banyak, metode yang digunakan tergantung jenis data yang akan diolah. Salah satu faktor mempengaruhi curah hujan adalah arah angin. Data arah angin termasuk kedalam data sirkular. Data sirkular merupakan data yang nilai-nilainya berulang secara periodik dengan responnya bukan skalar tetapi angular atau berarah sehingga dikategorikan sebagai data berarah (Jammalamandaka & Sengupta, 2001). Karena data arah angin merupakan data sirkular maka metode yang akan digunakan untuk memodelkan curah hujan

adalah analisis regresi sirkular-linier. Penerapan analisis regresi sirkular juga pernah digunakan dalam pembuatan model curah hujan dengan prediktor arah awan (Irfan, 2014).

## 1.2 Perumusan Masalah

Perumusan masalah yang akan dikaji adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana model curah hujan yang dipengaruhi oleh arah angin ?
2. Bagaimana model curah hujan yang dipengaruhi oleh arah angin, kecepatan angin, kelembaban udara, dan suhu udara ?

## 1.3 Pembatasan Masalah

Pembatasan masalah dalam penulisan ini adalah:

1. Variabel yang akan dibahas adalah faktor-faktor yang mempengaruhi curah hujan. Diantaranya arah angin sebagai variabel sirkular, kecepatan angin, kelembaban udara dan suhu udara sebagai variabel linier yang diambil dari [www.ogimet.com](http://www.ogimet.com).
2. Data yang akan diteliti adalah data curah hujan pada tahun 2015 per hari sewaktu hujan turun di kota Jakarta.

## 1.4 Tujuan Penulisan

Tujuan yang ingin dicapai dalam skripsi ini adalah :

1. Membuat model hubungan antara arah angin dengan curah hujan.

2. Membuat model hubungan antara arah angin, kecepatan angin, kelembaban udara dan suhu udara dengan curah hujan.

## 1.5 Manfaat Penulisan

Manfaat yang diharapkan dari skripsi ini diantaranya

1. Mendapatkan model curah hujan yang dapat digunakan untuk memprediksi curah hujan sebagai peringatan dini bencana yang dapat ditimbulkan oleh curah hujan.
2. Menambah referensi untuk mengolah data sirkular dengan menggunakan analisis regresi sirkular-linier.

## 1.6 Metode Penelitian

Skripsi ini merupakan kajian teori dalam bidang matematika statistik yang didasarkan pada buku-buku dan jurnal-jurnal tentang teori permasalahan di statistika. Metode yang digunakan adalah analisis regresi sirkular linier. Referensi utama yang digunakan yaitu Irfan (2014) dan Kempster (2012).



## BAB II

### LANDASAN TEORI

Pada bab ini, akan dibahas variabel-variabel yang akan digunakan dalam penelitian ini dan analisis regresi sikular. Variabel-variabel yang digunakan merupakan faktor-faktor yang mempengaruhi curah hujan seperti arah angin, kecepatan angin, kelembaban udara, dan suhu udara. Keempat faktor tersebut akan digunakan sebagai variabel *independent* dan curah hujan sebagai variabel *dependent*. Untuk membuat model yang menghubungkan arah angin, kecepatan angin kelembaban udara dengan curah hujan digunakan metode analisis regresi sirkular-linier. Metode analisis regresi sirkular-linier juga digunakan untuk membuat model yang menghubungkan arah angin dan curah hujan.

#### 2.1 Faktor-Faktor Curah Hujan

Hujan adalah butiran-butiran dalam bentuk cair maupun padat yang dicurahkan dari atmosfer ke permukaan bumi. Menurut ilmu Geografi, hujan terjadi jika titik air di awan dalam jumlah yang besar bergabung menjadi titik-titik air yang besar sampai berdiameter 7 mm, dan jika diameter lebih dari 7 mm maka keadaan tidak stabil dan pecah menjadi titik-titik air yang lebih kecil dan menjadi hujan. Pada penelitian ini akan digunakan empat faktor curah hujan yang akan digunakan sebagai variabel *independent* yaitu arah angin, kecepatan angin, kelembaban udara dan suhu udara dan variabel *dependent* adalah curah hujan.

### 2.1.1 Curah Hujan

Curah hujan adalah jumlah hujan yang turun pada suatu daerah dalam waktu satu jam. Curah hujan dinyatakan dalam satuan mm/jam. Curah hujan 1 mm/jam menunjukkan tinggi air hujan yang menutupi permukaan selama satu jam sebesar 1 mm, jika curah hujan tidak meresap kedalam tanah atau menguap ke atmosfer. Alat ukur curah hujan dinamakan *pluviometer*.

### 2.1.2 Arah Angin

Angin adalah gerakan udara diatas permukaan bumi yang bergerak dengan arah horizontal. Komponen arah angin terdiri dari arah angin dan kecepatan angin. Arah angin dinyatakan dalam derajat. Arah angin dinyatakan berdasarkan arah kedatangan angin. Alat untuk menunjukkan arah angin adalah kompas.

### 2.1.3 Kecepatan Angin

Kecepatan angin adalah kecepatan udara yang bergerak secara horizontal pada ketinggian dua meter diatas tanah. Kecepatan angin akan berbeda pada permukaan yang tertutup oleh vegetasi dengan ketinggian tertentu. Kecepatan angin dinyatakan dalam knot. Alat untuk mengukur kecepatan angin adalah *anemometer*.

### 2.1.4 Kelembaban Udara

Kelembaban udara adalah perbandingan antara massa uap air yang ada dalam satu satuan volume udara dengan massa uap air maksimum yang dapat dikandung pada suhu dan tekanan yang sama. Satuan kelembaban udara dinyatakan dengan derajat. Kelembaban udara berubah sesuai dengan tempat

dan waktu. Menjelang tengah hari kelembaban udara berangsur-angsur turun, kemudian semakin meningkat dari sore hingga pagi hari. Kelembaban udara diukur dengan alat ukur *higrometer*.

### 2.1.5 Suhu Udara

Suhu udara adalah derajat panas dari aktivitas molekul dalam atmosfer. Suhu udara diukur menggunakan alat ukur *thermometer* dan satuannya adalah *celcius*.

## 2.2 Statistika Deskriptif Sirkular

Data sirkular adalah data yang dapat diidentifikasi dalam suatu lingkaran yang memiliki karakteristik skala sirkular. Skala sirkular adalah suatu skala pengukuran melingkar dengan panjang interval pengelompokan yang sama. Skala sirkular juga memiliki karakteristik melingkar. Ini berarti suatu nilai akan ditemukan kembali setelah melalui satu lingkaran penuh. Suatu data akan dapat dikatakan data sirkular apabila dapat direpresentasikan dalam suatu lingkaran

Data sirkular tidak dapat dianalisis menggunakan analisis regresi linier biasa, karena penentuan titik nol yang sembarang dalam data yang sirkular, begitu pula dengan arah rotasinya. Arah rotasi dapat searah jarum jam ataupun berlawanan dengan jarum jam. Karena sifat penentuan titik yang sembarang, tidak ada pengurutan dari data pengamatan sirkular.

Setiap pengamatan pada data sirkular dapat direpresentasikan sebagai titik dalam sebuah lingkaran. Dalam menganalisis data sirkular yang diperhatikan adalah arah tanpa memperhatikan besarnya vektor. Titik tersebut dapat dinyatakan dalam koordinat polar dengan  $r = 1$  atau dapat ditulis

$(r, \alpha)$ . Apabila titik tersebut diubah ke dalam koordinat kartesius menjadi  $(x, y) = (\cos \alpha, \sin \alpha)$ .

### 2.2.1 Mean Arah

*Mean* arah dari sampel data pada data sirkular diperoleh dengan menghitung resultan vektor dari vektor-vektor unit masing-masing sampel. Arah dari resultan vektor-vektor menyatakan mean arah dari sampel data, dan panjang rata-rata dari resultan tiap sampel menyatakan ukuran konsentersasi dari data terhadap *mean* arah.

Misalkan ada sebuah sampel dengan  $n$  observasi dari sebuah variabel sirkular  $\alpha_i$ , lalu misalkan:

$$S = \sum_{i=1}^n \sin \alpha_i$$

$$C = \sum_{i=1}^n \cos \alpha_i$$

Maka didapatkan bahwa  $R = \sqrt{C^2 + S^2}$  untuk  $0 \leq R \leq n$

$$\bar{R} = \frac{R}{n}, 0 \leq \bar{R} \leq 1$$

$R$  menyatakan resultan vektor, sedangkan  $\bar{R}$  menyatakan panjang rata-rata dari resultan vektor.  $R$  menunjukkan ukuran konsentersasi dari data terhadap arah rata-rata.  $\bar{R} = 1$  menunjukkan bahwa semua data berada pada arah yang sama. Namun saat  $\bar{R} = 0$  ini tidak menunjukkan bahwa data tersebar secara merata di sekeliling lingkaran. Arah dari resultan vektor  $R$  merupakan *mean* arah sirkular yang dinotasikan dengan  $\bar{\alpha}$ , dengan  $\bar{\alpha}$  adalah invers tangen dari  $\frac{S}{C}$ .

## 2.2.2 Variansi Sirkular

Mardia (2014) mendefinisikan variansi sampel dari data sirkular adalah sebagai berikut :

**Definisi 2.2.1.** Misal  $R$  merupakan resultan vektor dari suatu data sirkular maka nilai variansinya :

$$V = 1 - R$$

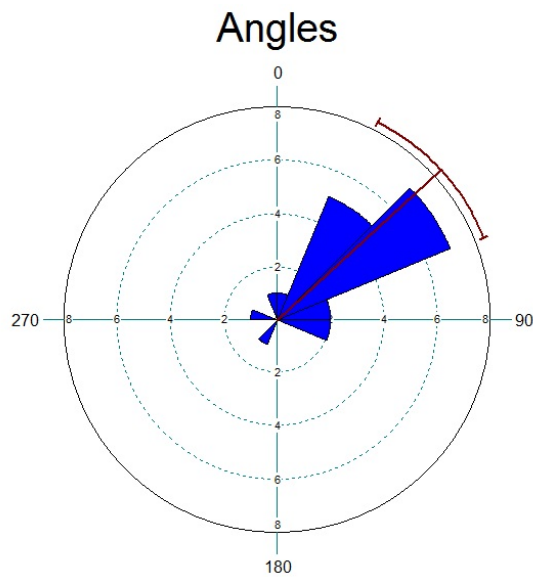
Semakin kecil nilai variansi sirkular artinya semakin terkonsentrasi data ke suatu titik tertentu. Nilai dari variansi sirkular berada pada interval  $[0, 1]$ .

## 2.2.3 Representatif Grafis

Data sirkular dapat direpresentasikan dalam suatu grafik. Representasi grafis dari himpunan data sirkular akan memberikan informasi tentang karakteristik data. Pada penelitian ini yang akan digunakan adalah diagram mawar.

Pada diagram mawar batang-batang pada histogram sirkular diganti menjadi sektor-sektor. Luas dari sektor-sektor ini proporsional dengan frekuensi pada kelompok data yang bersesuaian. Untuk mencapai hal ini, radius data setiap sektor yang mempunyai kelompok-kelompok data dengan lebar kelas yang sama harus proporsional dengan akar kuadrat frekuensi yang bersesuaian. Contoh diagram mawar dapat dilihat pada Gambar 2.1.

Garis lurus berwarna merah pada Gambar 2.1 merupakan *mean* arah dari data arah angin. Terlihat *mean* arah dari data arah angin berasal dari arah timur laut. Pada gambar terlihat bahwa sebagian besar arah angin berhembus dari arah timur dan beberapa dari arah lainnya. Luas dari sektor berwarna biru proporsional dengan frekuensi kelompok data yang bersesuaian.



Gambar 2.1: Diagram Mawar Arah Angin

## 2.3 Regresi Sirkular-Linier

### 2.3.1 Korelasi Sirkular-Linier

Pada data sirkular juga terdapat korelasi seperti pada data linier. Korelasi pada data sirkular-linier dapat dilihat pada Definisi 2.3.1. Koefisien korelasi sirkular-linier antara  $\alpha$  dan  $x$  menurut Mardia (2014) didefinisikan sebagai korelasi berganda antara sebuah variabel linier  $x$  dan variabel  $\sin \alpha$  dan  $\cos \alpha$  dari variabel sirkular, dilambangkan dengan  $r$ . Nilai korelasi sirkular-linier berada pada interval  $[-1, 1]$ .

**Definisi 2.3.1.** Misalkan  $(\alpha_i, x_i), \dots, (\alpha_n, x_n)$  sebuah sampel acak dengan  $\alpha_i$  variabel sirkular dan  $x_i$  variabel linier.

$$r = \sqrt{r^2}$$

$$r^2 = \frac{r_{xc}^2 + r_{xs}^2 - 2r_{xc}r_{xs}r_{cs}}{1 - r_{cs}^2}$$

Dimana :

$$r_{xc} = r((x_1, \cos \alpha_1), \dots, (x_n, \cos \alpha_n))$$

$$r_{xs} = r((x_1, \sin \alpha_1), \dots, (x_n, \sin \alpha_n))$$

$$r_{cs} = r((\cos \alpha_1, \sin \alpha_1), \dots, (\cos \alpha_n, \sin \alpha_n))$$

Berikut ini merupakan contoh dari perhitungan korelasi pada regresi sirkular-linier. Tabel 2.1 merupakan tabel contoh data untuk mencari korelasi

Tabel 2.1: Contoh data korelasi sirkular-linier

Variabel linier (x)	Variabel sirkular ( $\alpha$ )
31	180°
15	315°
12	270°

sirkular-linier. Variabel linier dimisalkan  $x$  dan variabel sirkular dimisalkan  $\alpha$ . Data tersebut akan diolah menggunakan definisi 2.3.1. Perhitungan korelasi sirkular-linier hampir sama seperti mencari korelasi pada regresi linier. Tabel

Tabel 2.2: Pengolahan data korelasi sirkular-linier

x	( $\alpha$ )	$\cos \alpha$	$\sin \alpha$
31	180°	-1	0
15	315°	0,707	0,707
12	270°	0	-1

2.2 merupakan salah satu proses untuk mencari korelasi sirkular-linier. Data sirkular dalam bentuk derajat diubah dalam nilai sin dan cos. Selanjutnya dengan menggunakan rumus untuk mencari korelasi seperti pada data linier (Sembiring,2003):

$$r_{xy} = \frac{n \sum xy - (\sum x)(\sum y)}{\sqrt{(n \sum x^2 - (\sum x)^2)(n \sum y^2 - (\sum y)^2)}} \quad (2.1)$$

Dengan menggunakan data pada Tabel 2.2 dan dimasukkan dalam Persamaan

2.1 didapatkan :

$$\begin{aligned}
 r_{xc} &= \frac{n \sum xc - (\sum x)(\sum c)}{\sqrt{(n \sum x^2 - (\sum x)^2)(n \sum c^2 - (\sum c)^2)}} \\
 &= \frac{-44,191}{52,56} \\
 &= -0,84 \\
 r_{xs} &= \frac{n \sum xs - (\sum x)(\sum s)}{\sqrt{(n \sum x^2 - (\sum x)^2)(n \sum s^2 - (\sum s)^2)}} \\
 &= \frac{-44,191}{52,56} \\
 &= -0,84 \\
 r_{cs} &= \frac{n \sum cs - (\sum c)(\sum s)}{\sqrt{(n \sum c^2 - (\sum c)^2)(n \sum s^2 - (\sum s)^2)}} \\
 &= \frac{0,46}{0,55} \\
 &= 0,84
 \end{aligned}$$

Setelah mendapatkan nilai  $r_{xc}$ ,  $r_{xs}$  dan  $r_{cs}$  selanjutnya akan dicari nilai  $r^2$  menggunakan Definisi 2.3.1 sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 r^2 &= \frac{r_{xc}^2 + r_{xs}^2 - 2r_{xc}r_{xs}r_{cs}}{1 - r_{cs}^2} \\
 &= \frac{1,41 - 0,95}{0,55} \\
 &= 0,84
 \end{aligned}$$

Setelah mendapatkan nilai  $r^2$  selanjutnya adalah menghitung nilai  $r$  dengan perhitungan sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 r &= \sqrt{r^2} \\
 &= \sqrt{0,84} \\
 &= 0,91
 \end{aligned}$$

Setelah melakukan perhitungan di atas, didapatkan nilai korelasi sebesar 0,91.

Hal ini menunjukkan bahwa terdapat keterkaitan yang kuat antara variabel linier  $x$  dan variabel sirkular  $\alpha$ .



### 2.3.2 Regresi Sirkular-Linier dengan Satu Variabel *Independent Sirkular* dan Satu Variabel *Dependent Linier*

Model regresi sirkular-linier yang dengan satu variabel *independent sirkular* dan satu variabel *dependent linier* dapat dituliskan sebagai berikut :

$$E(X) = A_0 + A_1 \cos(\alpha - \alpha_0) \quad (2.2)$$

Model pada persamaan 2.2 dapat dijelaskan pada Teorema 2.3.1 (Jammalamandaka & Sengupta 2001).

**Teorema 2.3.1.** Misalkan  $(\alpha_1, x_1), \dots, (\alpha_n, x_n)$  merupakan sebuah sampel acak dengan  $\alpha_i$  variabel sirkular dan  $x_i$  variabel linier dimana  $i = 1, \dots, n$ . Model regresi sirkular-linier antara  $x_i$  dan  $\alpha_i$  dapat ditulis :

$$E(X) = A_0 + A_1 \cos(\alpha - \alpha_0)$$

Dimana  $A_0$  merepresentasikan *mean level*,  $A_1$  merepresentasikan *amplitudo* dan  $\alpha_0$  merepresentasikan sudut *acrophase*. Sudut *acrophase* adalah sudut terbesar yang terdapat pada data dengan interval  $[0, 360]$ . Misal, terdapat data sirkular sebagai berikut  $45^\circ, 135^\circ, 30^\circ, 270^\circ$ . Maka nilai  $\alpha_0$  dari data adalah  $270^\circ$ . Model pada Teorema 2.3.1 dapat dijabarkan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} E(X) &= A_0 + A_1 \cos(\alpha - \alpha_0) \\ &= A_0 + A_1 (\cos \alpha \cos \alpha_0 + \sin \alpha \sin \alpha_0) \\ &= A_0 + A_1 \cos \alpha_0 \cos \alpha + A_1 \sin \alpha_0 \sin \alpha \end{aligned}$$

Misalkan :

$$C_1 = A_1 \cos \alpha_0$$

$$C_2 = A_1 \sin \alpha_0$$

Maka dapat dituliskan :

$$E(X) = A_0 + C_1 \cos \alpha + C_2 \sin \alpha$$

Persamaan di atas dapat dihubungkan menjadi :

$$A_1 = \sqrt{C_1^2 + C_2^2}$$

$$\alpha_0 = \arctan \frac{C_2}{C_1}$$

Bentuk model regresi ini kembali menjadi model regresi linier biasa dengan dua variabel *independent* yaitu  $\cos \alpha$  dan  $\sin \alpha$ .

Bentuk model regresi sirkular linier ini juga dapat ditulis :

$$X = A_0 + C_1 \cos \alpha + C_2 \sin \alpha + \epsilon \quad (2.3)$$

dimana  $\epsilon$  merupakan komponen random *error* dengan asumsi dari *error* sebagai berikut :

1.  $\text{Var}(\epsilon) = \sigma^2$  , artinya variansi dari distribusi probabilitas  $\epsilon$  untuk setiap variabel *independent*. Jika variansi *error* tidak konstan maka variansi taksiran akan lebih besar dari taksiran. Asumsi kesamaan variansi *error* harus terpenuhi agar kesimpulan yang dibuat tidak menyesatkan.
2. *Error* berdistribusi normal.
3. *Error* yang berasosiasi dengan setiap pasangan dua observasi yang berbeda, saling bebas. Ini berarti *error* yang berasosiasi dengan satu nilai  $x$  tidak mempunyai pengaruh terhadap *error* yang berasosiasi dengan nilai  $x$  yang lain.

### 2.3.3 Regresi Sirkular-Linier dengan Satu Variabel *Dependent Linier*, Satu Variabel *Independent Sirkular*, dan Lebih dari Satu Variabel *Independent Linier*

Model regresi sirkular-linier yang dengan satu variabel *independent sirkular*, lebih dari satu variabel *independent linier* dan satu variabel *dependent* dapat dituliskan sebagai berikut :

$$E(X) = A_0 + A_1 \cos(\alpha - \alpha_0) + B_1 z_1 + B_2 z_2 + \dots + B_p z_p \quad (2.4)$$

Model pada persamaan 2.4 dapat dijelaskan pada Teorema 2.3.2 (Jammalamandaka & Sengupta 2001).

**Teorema 2.3.2.** Model regresi sirkular-linier antara variabel linier  $x$  dan variabel *independent* sirkular  $\alpha$  dan sekumpulan  $p$  variabel *independent* linier  $z$  adalah sebagai berikut :

$$E(X) = A_0 + A_1 \cos(\alpha - \alpha_0) + B_1 z_1 + B_2 z_2 + \dots + B_p z_p$$

Model pada Teorema 2.3.2 dapat dijabarkan lagi menjadi model di bawah ini.

$$\begin{aligned} E(X) &= A_0 + A_1 \cos(\alpha - \alpha_0) + B_1 z_1 + B_2 z_2 + \dots + B_p z_p \\ &= A_0 + A_1 (\cos \alpha \cos \alpha_0 + \sin \alpha \sin \alpha_0) + B_1 z_1 + B_2 z_2 + \dots + B_p z_p \\ &= A_0 + A_1 \cos \alpha \cos \alpha_0 + A_1 \sin \alpha_0 \sin \alpha + B_1 z_1 + B_2 z_2 + \dots \\ &\quad + B_p z_p \end{aligned}$$

Misalkan :  $C_1 = A_1 \cos \alpha_0$  dan  $C_2 = A_1 \sin \alpha_0$ , maka dapat ditulis :

$$E(X) = A_0 + C_1 \cos \alpha + C_2 \sin \alpha + B_1 z_1 + B_2 z_2 + \dots + B_p z_p$$

Persamaan di atas, didapat hubungan :

$$A_1 = \sqrt{C_1^2 + C_2^2}$$

$$\alpha_0 = \arctan \frac{C_2}{C_1}$$

Bentuk model regresi sirkular-linier ini juga dapat ditulis :

$$X = A_0 + A_1 \cos \alpha_0 \cos \alpha + A_1 \sin \alpha_0 \sin \alpha + B_1 z_1 + B_2 z_2 + \dots + B_p z_p + \epsilon(2.5)$$

Dengan asumsi *error* yang sama dengan model regresi sirkular-linier satu variabel *dependent* linier dan satu variabel *independent* sirkular.

### 2.3.4 Uji Keberartian Model Regresi Sirkular-Linier

Pengujian terhadap model dilakukan untuk mengetahui apakah model yang terbentuk cukup baik. Ini artinya terdapat paling tidak salah satu dari variabel *independent* yang memberi kontribusi yang cukup untuk memprediksi variabel *dependent*  $X$ .

Hipotesis pengujian model adalah :

$$H_0 : C_{11} = C_{12} = C_{21} = C_{22} = \dots = C_{r1} = C_{r1} = B_1 = B_2 = B_p = 0$$

$$H_1 : \exists C_{j1} \neq 0 \text{ atau } \exists C_{j2} \neq 0 \text{ atau } \exists B_k \neq 0, j = 1, 2, \dots, r \text{ dan } k = 1, 2, \dots, p$$

Penolakan terhadap  $H_0$  artinya paling tidak terdapat variabel independen sirkular atau variabel *independent* linier yang memberikan kontribusi yang cukup untuk memprediksi variabel *dependent*  $X$ .

### 2.3.5 Penentuan Orde Model Regresi Sirkular-Linier

Cara yang digunakan dalam menentukan tingkat orde dari regresi sirkular linier adalah dengan melihat pengurangan nilai *Sum Square of Error* (SSE) untuk peningkatan orde persamaan dari  $r$  ke  $r + 1$ . Jika pengurangan itu secara signifikan besar ( $SSE_r - SSE_{r+1}$ ) maka dapat diputuskan untuk meningkatkan orde persamaan dari  $r$  ke  $r + 1$ . Semakin besar peningkatan nilai pengurangan SSE, semakin kuat bukti untuk menyatakan bahwa model  $r + 1$  lebih baik dari model orde  $r$ .

Cara lainnya adalah dengan mengetahui besarnya penambahan variansi sampel yang dapat dijelaskan oleh model. Misal  $R^2_m$  adalah banyaknya variansi sampel yang dapat diterangkan oleh model regresi sirkular-linier berorde  $m$  dan  $R^2_{m+1}$  adalah banyaknya variansi sampel yang dapat diterangkan oleh model regresi sirkular-linier berorde  $m + 1$ . Jika perubahan nilai dari  $R^2_m$  ke  $R^2_{m+1}$  relatif besar maka dapat diputuskan untuk meningkatkan orde model regresi sirkular-linier dari orde  $m$  ke  $m + 1$ .

### 2.3.6 Analisis Residual (*Error*) Model Regresi Sirkular-Linier

Keabsahan sebuah model regresi sirkular-linier dalam memprediksi dan mengestimasi tergantung dari komponen *error*nya. Komponen *error* tersebut harus memenuhi asumsi-asumsi ;

1. Asumsi kenormalan *error*
2. Asumsi kesamaan variansi *error*
3. Asumsi *error* tidak berkolerasi

Oleh karena itu perlu dilakukan pendeteksian terhadap ketiga asumsi tersebut.

Berikut ini adalah jenis-jenis pendeteksian asumsi *error* pada model:

1. Pendeteksian kenormalan *error*

Uji *Kolmogorof-Smirnov* digunakan untuk menguji hipotesis mengenai distribusi dari data. Dalam hal ini uji *Kolmogorof-Smirnov* digunakan untuk menguji apakah *error* berdistribusi normal.

2. Pendeteksian kesamaan variansi

Jika variansi *error* tidak konstan maka variansi taksiran akan lebih besar dari taksiran. Hal ini akan berpengaruh pada uji hipotesis yang dilakukan (uji t dan uji F), dimana kedua uji hipotesis tersebut menjadi kurang akurat. Lebih besarnya variansi taksiran akan mengakibatkan standar *error* taksiran juga lebih besar. Oleh karena itu asumsi kesamaan variansi harus dipenuhi agar kesimpulan yang diambil dari model yang dibuat tidak menyesatkan.

3. Pendeteksian kolerasi antar *error*

Untuk mendeteksi apakah ada korelasi antar *error* digunakan uji Durbin-Watson. Tahapan-tahapan pengujiannya adalah sebagai berikut :

a. Hipotesis :

$H_0$  : *Error* tidak berkolerasi

$H_1$  : *Error* berkolerasi

b. Statistik Uji :

$$d = \frac{\sum_{i=2}^n (e_t - e_{t-1})^2}{\sum_{i=1}^n e_t^2}$$

$e_t$  : *error* pada pengamatan ke-t

c. Aturan keputusan :

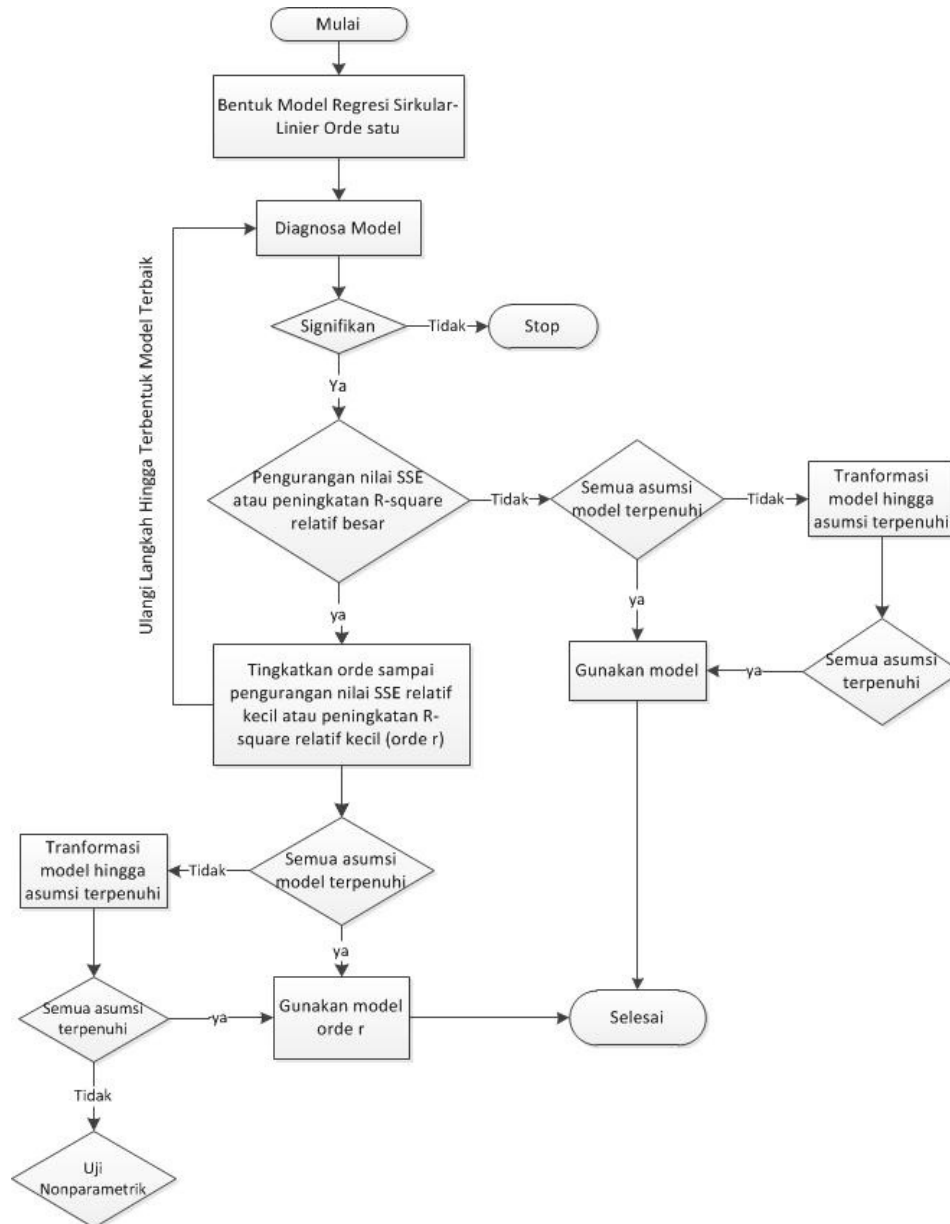
$H_0$  ditolak pada tingkat signifikansi  $\alpha$ , jika  $d < d_{L;\frac{\alpha}{2}}$  atau  $(4 - d) < d_{L;\frac{\alpha}{2}}$

$H_0$  tidak ditolak pada tingkat signifikansi  $\alpha$ , jika  $d > d_{U;\frac{\alpha}{2}}$  dan  $(4 - d) > d_{U;\frac{\alpha}{2}}$

Penolakan pada  $H_0$  artinya *error* berkolerasi.  $H_0$  tidak ditolak artinya *error* tidak berkolerasi.

### 2.3.7 Diagram Alir

Pada diagram alur ini menjelaskan tentang pembuatan model curah hujan menggunakan metode analisis regresi sirkular-linier. Tahap pertama, data curah hujan harian akan dibentuk menjadi model regresi sirkular-linier orde satu. Lalu akan dilakukan uji F terhadap data untuk melihat signifikansi koefisien regresi secara bersama-sama. Bila tidak signifikan, maka proses harus dihentikan. Bila nilai uji F data signifikan, maka lakukan pengurangan nilai SSE atau *Sum Square of error* dan peningkatan R-square. Apabila nilai pengurangan SSE atau peningkatan R-square relatif kecil, maka model bisa digunakan. Namun jika nilai pengurangan SSE atau peningkatan R-square relatif besar, maka langkah yang dilakukan adalah meningkatkan orde pada model hingga nilai pengurangan SSE atau R-square relatif kecil.



Gambar 2.2: Alur pemodelan dengan metode analisis regresi sirkular-linier



# BAB III

## PEMBAHASAN

### 3.1 Sumber Data

Data yang digunakan penulis dalam skripsi ini adalah data cuaca harian sewaktu hujan pada tahun 2015 kota Jakarta yang diperoleh dari [www.ogimet.com](http://www.ogimet.com). Data tersebut meliputi lima variabel :

- Curah hujan
- Arah angin
- Kecepatan angin
- Kelembaban udara
- Suhu udara

Data yang digunakan untuk pembentukan model adalah data harian saat hujan turun dan angin sedang berhembus. Angin berhembus yang dimaksud adalah angin yang berhembus dengan kecepatan lebih besar atau sama dengan satu knot. Dari data tersebut akan dibuat model untuk memprediksi curah hujan dengan arah angin, kecepatan angin, kelembaban udara, dan suhu udara sebagai prediktor.

## 3.2 Prosedur Pengolahan Data

Pengolahan data dalam penulisan menggunakan perangkat lunak SPSS 14 dan Oriana 4.0. SPSS 14 digunakan untuk membantu dalam mengistemasi parameter dalam model dan mencari statistika deskriptif dari data linier. Oriana 4 digunakan untuk membantu mencari statistika deskriptif dari data sirkular serta representatif garfisnya .

## 3.3 Pembuatan Model Regresi Sirkular-Linier

### 3.3.1 Membuat Model Regresi Sirkular-Linier Secara Manual

Berikut ini merupakan contoh membuat model regresi sirkular-linier secara manual. Pada contoh ini variabel *independent* sirkular yang digunakan adalah arah angin dan curah hujan sebagai variabel *dependent* linier.

Tabel 3.1: Data contoh curah hujan dan arah angin

Curah Hujan (y)	Arah Angin (x)
177	315°
278	270°
31	180°
15	315°
12	270°

**Contoh 3.3.1.** Tabel 3.1 merupakan tabel contoh data angin yang akan dibuat model. Model regresi yang dibentuk adalah model regresi sirkular-linier dengan satu variabel *independen* sirkular dan satu variabel *dependen* linier. Untuk membuat model digunakan Teorema 2.3.1

$$E(X) = A_0 + A_1 \cos(\alpha - \alpha_0)$$

Bentuk model regresi sirkular linier ini juga dapat ditulis :

$$X = A_0 + C_1 \cos \alpha + C_2 \sin \alpha + \epsilon$$

dimana :

$$C_1 = A_1 \cos \alpha_0$$

$$C_2 = A_1 \sin \alpha_0$$

Pengolahan manual bentuk model regresi ini seperti model regresi linier biasa dengan dua variabel *independent* yaitu  $\cos \alpha$  dan  $\sin \alpha$ . Maka hal pertama yang kita lakukan adalah mencari nilai  $\cos$  dan  $\sin$  dari data arah angin. Lalu untuk mencari nilai  $A_0, C_1$  dan  $C_2$  digunakan matriks (Sembiring, 2003):

$$X'XA = X'Y$$

dimana :

$$\mathbf{Y} = \begin{bmatrix} y_1 \\ \vdots \\ y_n \end{bmatrix}, \mathbf{X} = \begin{bmatrix} 1 & x_{11} & x_{12} \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ 1 & x_{n1} & x_{n2} \end{bmatrix}, \mathbf{A} = \begin{bmatrix} A_0 \\ C_1 \\ C_2 \end{bmatrix}$$

$$\mathbf{X}'\mathbf{X} = \begin{bmatrix} n & \sum x_{i1} & \sum x_{i2} \\ \sum x_{i1} & \sum (x_{i1})^2 & \sum x_{i1}x_{i2} \\ \sum x_{i2} & \sum x_{i1}x_{i2} & \sum (x_{i2})^2 \end{bmatrix} \text{ dan } \mathbf{X}'\mathbf{Y} = \begin{bmatrix} \sum y_i \\ \sum x_{i1}y_i \\ \sum x_{i2}y_i \end{bmatrix}$$

maka untuk mencari nilai  $A = (X'X)^{-1}X'Y$

Tabel 3.2 merupakan salah satu proses membuat model regresi sirkular linier secara manual dimana data arah angin pada Tabel 3.1 diubah dalam

Tabel 3.2: Data pengolahan manual model regresi sirkular-linier

Curah Hujan (y)	Arah Angin (x)	cos (x)	sin (x)
177	315°	0,707	0,707
278	270°	0	-1
31	180°	-1	0
15	315°	0,707	0,707
12	270°	0	-1

bentuk sin dan cos. Lalu dengan menggunakan matriks didapatkan hasil sebagai berikut :

$$\mathbf{Y} = \begin{bmatrix} 177 \\ 278 \\ 31 \\ 15 \\ 12 \end{bmatrix} \text{ dan } \mathbf{X} = \begin{bmatrix} 1 & 0,707 & 0,707 \\ 1 & 0 & -1 \\ 1 & -1 & 0 \\ 1 & 0,707 & 0,707 \\ 1 & 0 & -1 \end{bmatrix}$$

dari nilai  $X$  dan  $Y$  didapatkan:

$$\mathbf{X}'\mathbf{X} = \begin{bmatrix} 5 & 0,414 & -0,586 \\ 0,414 & 0,171 & 0,999 \\ -0,586 & 0,999 & 0,343 \end{bmatrix}$$

dan

$$\mathbf{X}'\mathbf{Y} = \begin{bmatrix} 513 \\ 104,744 \\ -154,256 \end{bmatrix}$$

Sehingga didapat nilai  $A$  :

$$A = (X'X)^{-1}X'Y = \mathbf{X}^{-1}\mathbf{Y} = \begin{bmatrix} 440,018 \\ -127,849 \\ 139,434 \end{bmatrix}$$

Dari perhitungan manual didapatkan model regresi sirkular linier sebagai berikut :

$$E(X) = 440,018 - 127,849 \cos \alpha + 139,434 \sin \alpha + \epsilon$$

### 3.3.2 Statistika Deskriptif dan Representasi Grafis

Statistika deskriptif data sirkular, statistika deskriptif data linier dan representatif data yang digambarkan dengan diagram mawar akan dijelaskan pada subbab ini. Statistika deskriptif dari data arah angin di kota Jakarta tahun 2015 ditunjukkan oleh Tabel 3.3.

Tabel 3.3: Statistika deskriptif arah angin

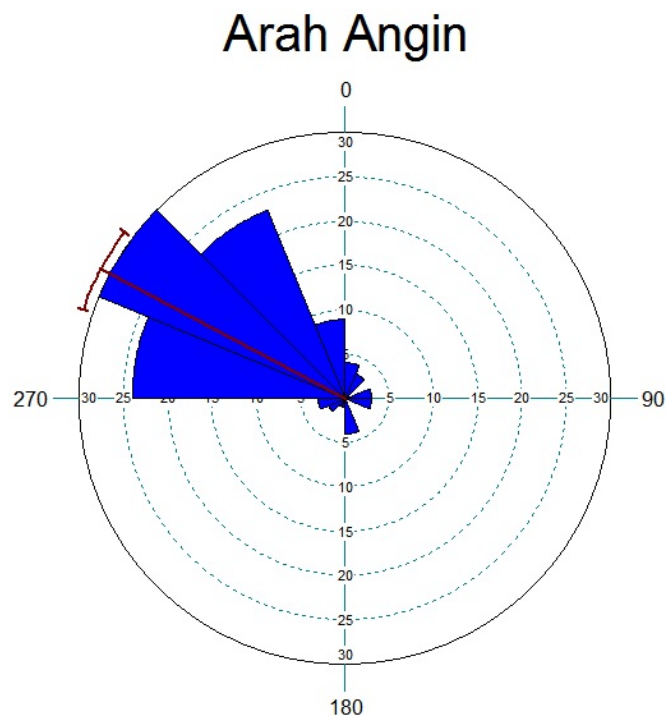
Variabel	Arah Angin
Jumlah Pengamatan	110
Mean Arah	297,923°
Panjang Resultan Vektor	0,695
Variansi Sirkular	0,305

Dari Tabel 3.3 dapat dilihat rata-rata dari arah angin sewaktu terjadi hujan adalah 297,923°. Ini menunjukkan bahwa arah angin sewaktu hujan cenderung berasal dari arah barat laut. Panjang resultan vektor sebesar 0,695 menunjukkan bahwa arah angin cukup terkonsentrasi pada arah rata-ratanya. Lalu dari tabel terlihat nilai variansi sirkular sebesar 0,305 yang menunjukkan bahwa arah angin cukup terkonsentrasi pada suatu arah yaitu arah barat laut.

Tabel 3.4: Statistik deskriptif data linier

	N	Min	Max	Rata-rata
Kecepatan	110	1	9	4,39
Kelembaban	110	19,9	24,9	23,66
Suhu	110	24	30,2	27,51

Statistika data linier ditunjukkan oleh Tabel 3.4. Rata-rata kecepatan angin berhembus saat hujan turun adalah 4,39 knot. Kecepatan terendah saat hujan turun adalah 1 knot dan kecepatan angin maksimalnya adalah 9 knot. Lalu dari tabel terlihat rata-rata hujan turun saat kelembaban udara 23,66°C. Kelembaban udara minimal 19,96°C dan kelembaban maksimal 24,9°C. Rata-rata suhu udara saat hujan turun adalah 27,51°C. Suhu udara minimal 24°C dan kelembaban maksimal 30,2°C.



Gambar 3.1: Diagram Mawar Arah Angin

Diagram mawar pada Gambar 3.1 merupakan representatif grafis dari

data arah angin sewaktu hujan. Garis merah pada diagram mawar di atas menunjukkan arah rata-rata yaitu sebesar  $297,923^\circ$ . Terlihat pada diagram hujan terjadi saat arah angin cenderung berasal dari arah barat. Luas dari sektor berwarna biru proporsional dengan frekuensi kelompok data yang bersesuaian.

### 3.3.3 Model Regresi Sirkular-Linier dengan Variabel *Dependent* Curah Hujan dan Variabel *Independent* Arah Angin

Model regresi sirkular-linier yang akan dibuat adalah model dengan variabel prediktor arah angin *independen* sirkular dan curah hujan sebagai variabel yang akan diprediksi. Berikut ini merupakan proses pengolahan untuk mendapatkan model terbaik yang dapat memprediksi curah hujan.

#### 1. Model Regresi Sirkular-Linier Orde Satu

Pembuatan model regresi sirkular-linier orde 1 dengan variabel *independent* arah angin dan variabel *dependent* curah hujan menggunakan SPSS dapat dilihat pada Tabel 3.5. Variansi model pada orde 1 adalah sebesar 0,078. Ini menunjukkan keragaman yang dapat diterangkan oleh model regresi orde 1 ini sebanyak 7,8%. Pada Tabel 3.5 terlihat F hitung sebesar 4,501 dan F tabel yang dapat dilihat pada lampiran 2 adalah 3,08.

Tabel 3.5: Tabel model regresi sirkular-linier orde satu

$R^2$	F	Signifikansi	SSE
0,078	4,501	0,013	142726,563

Nilai F hitung lebih besar dari F tabel ( $4,501 > 3,08$ ). Ini menunjukkan bahwa semua koefisien regresi signifikan secara statistik. Nilai signifikansi pada model berorde 1 lebih kecil daripada nilai  $\alpha$  ( $0,013 < 0,05$ ). Hal

ini menunjukkan bahwa terdapat bukti yang cukup untuk menyatakan bahwa model regresi orde 1 ini berguna untuk memprediksi curah hujan dengan tingkat kepercayaan 0,05. Untuk menguji apakah ada model yang lebih baik dari model orde 1, maka dibentuklah model regresi dengan orde yang lebih tinggi yaitu model orde 2.

## 2. Model Regresi Sirkular-Linier Orde Dua

Pembuatan model regresi sirkular-linier orde 2 dengan variabel *independent* arah angin dan variabel *dependent* curah hujan menggunakan SPSS dapat dilihat pada Tabel 3.6. Variansi model pada orde 2 adalah 0,14. Ini menunjukkan keragaman yang dapat diterangkan oleh model orde 2 ini sebanyak 14%. Pada Tabel 3.6 terlihat nilai F hitung 4,556 dan F tabel yang dapat dilihat pada lampiran 2 adalah 2,46.

Tabel 3.6: Tabel model regresi sirkular-linier orde dua

$R^2$	F	Signifikansi	SSE
0,14	4,556	0,002	131851,852

Nilai F hitung lebih besar dari F tabel ( $4,556 > 2,46$ ). Ini menunjukkan bahwa semua koefisien regresi signifikan secara statistik. Nilai signifikansi pada model berorde 2 lebih kecil daripada nilai  $\alpha$  ( $0,002 < 0,05$ ). Hal ini menunjukkan terdapat bukti yang cukup untuk menyatakan bahwa model regresi orde 2 ini berguna untuk memprediksi curah hujan dengan tingkat kepercayaan 0,05. Pengurangan nilai *Sum Square of Error* (SSE) orde 1 dan orde 2 sangat besar yaitu 10874,711. Hal ini menunjukkan bahwa model orde 2 lebih baik dibandingkan dengan model orde 1.

## 3. Model Regresi Sirkular-Linier Orde Tiga

Pembuatan model regresi sirkular-linier orde 3 dengan variabel *independ-*



*dent* arah angin dan variabel *dependent* curah hujan menggunakan SPSS dapat dilihat pada Tabel 3.7. Variansi model pada orde 3 adalah 0,221. Ini menunjukkan keragaman yang dapat diterangkan oleh model orde 3 ini sebanyak 22,1% . Pada tabel terlihat F hitung adalah 4,867 dan F tabel yang dapat dilihat pada lampiran 2 adalah 2,19.

Tabel 3.7: Tabel model regresi sirkular-linier orde tiga

$R^2$	F	Signifikansi	SSE
0,221	4,867	0,000	120555,867

Nilai F hitung lebih besar dari F tabel ( $4,867 > 2,19$ ). Ini menunjukkan bahwa semua koefisien regresi signifikan secara statistik. Nilai signifikansi pada model berorde 3 lebih kecil daripada nilai  $\alpha$  ( $0,000 < 0,05$ ) . Hal ini menunjukkan terdapat bukti yang cukup untuk menyatakan bahwa model regresi orde 3 ini berguna bagi memprediksi curah hujan dengan tingkat kepercayaan 0,05. Pengurangan nilai *Sum Square of Error* (SSE) orde 2 dan orde 3 cukup besar yaitu 11295,985. Hal ini menunjukkan bahwa model orde 3 lebih baik dibandingkan dengan model orde 2.

#### 4. Model Regresi Sirkular-Linier Orde Empat

Pembuatan model regresi sirkular-linier orde 4 dengan variabel *independent* arah angin dan variabel *dependent* curah hujan menggunakan SPSS dapat dilihat pada Tabel 3.8. Variansi model pada orde 4 adalah 0,257. Ini menunjukkan keragaman yang dapat diterangkan oleh model orde 4 ini sebanyak 25,7% . Pada tabel terlihat F hitung adalah 4,360 dan F tabel yang dapat dilihat pada lampiran 2 adalah 2,03.

Nilai F hitung lebih besar dari F tabel ( $4,360 > 2,03$ ). Ini menunjukkan bahwa semua koefisien regresi secara bersama-sama signifikan secara statistik. Nilai signifikansi pada model berorde 4 lebih kecil daripada

Tabel 3.8: Tabel model regresi sirkular-linier orde empat

$R^2$	F	Signifikansi	SSE
0,257	4,360	0,000	114981,261

nilai  $\alpha$  ( $0,000 < 0,05$ ) . Hal ini menunjukkan terdapat bukti yang cukup untuk menyatakan bahwa model regresi orde 2 ini berguna untuk memprediksi curah hujan dengan tingkat kepercayaan 0,05. Pengurangan nilai *Sum Square of Error* (SSE) orde 4 dan orde 3 cukup kecil yaitu 5574, 606. Hal ini menunjukkan bahwa model orde 3 lebih baik dibandingkan dengan model orde 4.

#### 5. Model Regresi Sirkular-Linier Orde Lima

Pembuatan model regresi sirkular-linier orde 5 dengan variabel *independent* arah angin dan variabel *dependent* curah hujan menggunakan SPSS dapat dilihat pada Tabel 3.9. Variansi model pada orde 5 adalah 0,270. Ini menunjukkan keragaman yang dapat diterangkan oleh model orde 5 ini sebanyak 27% . Pada tabel terlihat F hitung sebesar 3,660 dan F tabel yang dapat dilihat pada lampiran 2 adalah 1,93.

Tabel 3.9: Tabel model regresi sirkular-linier orde lima

$R^2$	F	Signifikansi	SSE
0,270	3,660	0,000	102973,55

Nilai F hitung lebih besar dari F tabel ( $3,660 > 1,93$ ) ini menunjukkan bahwa semua koefisien regresi secara bersama-sama signifikan secara statistik. Nilai signifikansi pada model berorde 5 lebih kecil daripada nilai  $\alpha$  ( $0,000 < 0,05$ ) . Hal ini menunjukkan terdapat bukti yang cukup untuk menyatakan bahwa model regresi orde 5 ini berguna untuk memprediksi curah hujan dengan tingkat kepercayaan 0,05. Pengurangan nilai *Sum Square of Error* (SSE) orde 4 dan orde 5 sangat kecil yaitu 2007, 906. Hal

ini menunjukkan bahwa model orde 4 lebih baik dibandingkan dengan model orde 5. Karena orde 3 lebih baik dibandingkan dengan orde 4 dan orde 4 lebih baik dari orde 5 maka dapat ditarik kesimpulan bahwa orde 3 lebih baik dibandingkan dengan orde 5.

Berdasarkan uraian diatas diketahui model regresi orde 1, orde 2, orde 3, orde 4 dan orde 5 berguna untuk memprediksi curah hujan. Pemilihan model terbaik dapat dilihat dari pengurangan nilai *Sum Square of Error* (SSE) yang diterangkan pada Tabel 3.10. Maka dari penguraian di atas, didapatkan model terbaik untuk memprediksi curah hujan curah hujan adalah model regresi sirkular-linier orde 3.

Tabel 3.10: Pengurangan nilai *Sum Square of Error* (SSE)

Orde	SSE	Pengurangan SSE
1	142726,563	
2	131851,852	10874,711
3	120555,867	11295,985
4	114981,261	5574,606
5	102973,55	2007,906

### Uji Asumsi Model

Setelah menemukan model terbaik, langkah selanjutnya adalah menguji asumsi dari model terbaik tersebut. Uji asumsi yang akan dilakukan adalah asumsi kenormalan *error*, kesamaan variansi *error* dan asumsi *error* tidak berkorelasi. Untuk menguji asumsi kenormalan *error* digunakan uji *Kolmogorov-Smirnov* seperti pada Gambar 3.2. Terlihat bahwa asumsi terpenuhi karena *p-value* lebih besar dibandingkan  $\alpha(0,2 > 0,05)$

**One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test**

N		110
Normal Parameters <sup>a,b</sup>	Mean	27,4884
	Std. Deviation	2,17109
Most Extreme Differences	Absolute	,068
	Positive	,066
	Negative	-,068
Test Statistic		,068
Asymp. Sig. (2-tailed)		,200 <sup>c,d</sup>

Gambar 3.2: Uji kenormalan *error* model regresi sirkular-linier orde 3

**ANOVA**

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	99780,355	86	1160,237	,486	,991
Within Groups	54953,937	23	2389,302		
Total	154734,292	109			

Gambar 3.3: Uji kesamaan variansi *error* model regresi sirkular-linier orde 3

Uji asumsi kesamaan variansi *error* diterangkan oleh Gambar 3.3. Terlihat bahwa asumsi kesamaan variansi *error* terpenuhi karena *p-value* lebih besar dibandingkan  $\alpha(0,991 > 0,05)$ . Sedangkan untuk uji asumsi *error* tidak berkolerasi dapat dilihat pada Gambar 3.4. Terlihat nilai *Durbin Watson* sebesar 1,621. Pada tabel *Durbin Watson* yang terdapat di lampiran 3 pada tingkat signifikansi 0,05 didapatkan bahwa nilai *Durbin Watson* model berada diantara batas atas dan batas bawah ( $1,5761 < 1,621 < 1,8054$ ).

**Model Summary<sup>b</sup>**

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate	Durbin-Watson
1	,470 <sup>a</sup>	,221	,175	34,211771	1,621

Gambar 3.4: Uji *error* tidak berkolerasi model regresi sirkular-linier orde 3

Semua asumsi telah terpenuhi sehingga dapat dikatakan model regresi orde 3 adalah model terbaik yang dapat digunakan untuk memprediksi curah hujan. Dalam pembuatan model persamaan regresi yang menghubungkan curah hujan dengan arah angin, terlebih dahulu harus memperhatikan nilai signifikansi yang terdapat pada Gambar 3.5. Pada gambar tabel diatas, terli-

**Coefficients<sup>a</sup>**

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	-198,486	105,070		-1,889	,062
	cos	4,111	6,835	,164	,601	,549
	sin	-2,134	6,864	-,053	-,311	,757
	cos2	-9,842	8,410	-,567	-1,170	,245
	sin2	29,254	9,135	1,215	3,203	,002
	cos3	2,691	3,704	,170	,726	,469
	sin3	-14,736	4,747	-1,109	-3,104	,002

Gambar 3.5: Pembuatan model regresi sirkular-linier orde 3

hat walaupun secara bersama-sama model signifikan namun nilai cos dan sin pada orde pertama tidak signifikan, sehingga tidak dimasukkan ke dalam model. Sedangkan nilai cos pada orde kedua tidak signifikan namun nilai sin signifikan. Karena cos dan sin merupakan suatu kesatuan, maka nilai cos pada orde dua tetap dimasukkan ke dalam model. Begitu juga nilai cos pada orde ketiga.

Sehingga didapatkan model persamaan regresi sirkular-linier dengan variabel *Dependent* curah hujan dan variabel *Independent* arah angin adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned}\hat{X} = & -198,486 - 9,842 \cos 2\alpha + 29,254 \sin 2\alpha + 2,691 \cos 3\alpha \\ & -14,736 \sin 3\alpha\end{aligned}\quad (3.1)$$

dimana

$X$  = curah hujan (mm/jam)

$\alpha$  = arah angin ( $^{\circ}$ )

### 3.3.4 Model Regresi Sikular-Linier dengan Variabel *Dependent* Curah Hujan dan Variabel *Independent* Arah Angin, Kelembaban Udara, Suhu Udara dan Kecepatan Angin

Model regresi sirkular-linier akan dibuat dengan variabel prediktor arah angin, kecepatan angin, kelembaban udara dan suhu udara sebagai variabel *independen* dan curah hujan sebagai variabel yang akan diprediksi. Berikut ini merupakan proses pengolahan untuk mendapatkan model terbaik.

#### 1. Model Regresi Sirkular-Linier Orde Satu

Pembuatan model regresi sirkular-linier orde 1 dengan variabel *dependent* curah hujan dan variabel *independent* arah angin, suhu udara, kelembaban udara dan kecepatan angin menggunakan SPSS dapat dilihat pada Tabel 3.11. Variansi model pada orde 1 adalah 0,14. Ini menunjukkan keragaman yang dapat diterangkan oleh model orde 1 ini sebanyak 14%. Pada tabel terlihat F hitung sebesar 3,492 dan F tabel yang dapat dilihat pada lampiran 2 adalah 2,30.

Tabel 3.11: Tabel regresi sirkular-linier orde satu

$R^2$	F	Signifikansi	SSE
0,14	3,492	0,006	132489,226

Nilai F hitung lebih besar dari F tabel ( $3,492 > 2,30$ ). Ini menunjukkan bahwa semua koefisien regresi secara bersama-sama signifikan secara statistik. Nilai signifikansi pada model berorde 1 lebih kecil daripada nilai  $\alpha$  ( $0,006 < 0,05$ ). Hal ini menunjukkan terdapat bukti yang cukup untuk menyatakan bahwa model regresi orde 1 ini berguna untuk memprediksi curah hujan dengan tingkat kepercayaan 0,05. Untuk menguji apakah ada model yang lebih baik dari model orde 1, maka dibentuklah model regresi dengan orde yang lebih tinggi yaitu model orde 2.

## 2. Model Regresi Sirkular-Linier Orde Dua

Pembuatan model regresi sirkular-linier orde 2 dengan variabel *dependent* curah hujan dan variabel *independent* arah angin, suhu udara, kelembaban udara dan kecepatan angin menggunakan SPSS dapat dilihat pada Tabel 3.15. Variansi model pada orde 2 adalah 0,181. Ini menunjukkan keragaman yang dapat diterangkan oleh model orde 2 ini sebanyak 18,1%. Pada tabel terlihat F hitung sebesar 3,214 dan F tabel yang dapat dilihat pada lampiran 2 adalah 2,10.

Tabel 3.12: Tabel regresi sirkular-linier udara orde dua

$R^2$	F	Signifikansi	SSE
0,181	3,214	0,004	126771,823

Nilai F hitung lebih besar dari F tabel ( $3,214 > 2,10$ ). Ini menunjukkan bahwa semua koefisien regresi secara bersama-sama signifikan secara statistik. Nilai signifikansi pada model berorde 2 lebih kecil daripada nilai  $\alpha$  ( $0,004 < 0,05$ ). Hal ini menunjukkan terdapat bukti yang cukup untuk

menyatakan bahwa model regresi orde 2 ini berguna untuk memprediksi curah hujan dengan tingkat kepercayaan 0,05. Pengurangan nilai *Sum Square of Error* (SSE) orde 1 dan orde 2 cukup besar yaitu 5717,403. Hal ini menunjukkan bahwa model orde 2 lebih baik dibandingkan dengan model orde 1.

### 3. Model Regresi Sirkular-Linier Orde Tiga

Pembuatan model regresi sirkular-linier orde 3 dengan variabel *dependent* curah hujan dan variabel *independent* arah angin, suhu udara, kelembaban udara dan kecepatan angin menggunakan SPSS dapat dilihat pada Tabel 3.16. Variansi model pada orde 3 adalah 0,26. Ini menunjukkan keragaman yang dapat diterangkan oleh model orde 1 ini sebanyak 26%. Pada tabel terlihat F hitung sebesar 3,903 dan F tabel yang dapat dilihat pada lampiran 2 adalah 1,97.

Tabel 3.13: Tabel regresi sirkular-linier orde tiga

$R^2$	F	Signifikansi	SSE
0,260	3,903	0,000	114509,597

Nilai F hitung lebih besar dari F tabel ( $3,903 > 1,97$ ). Ini menunjukkan bahwa semua koefisien regresi secara bersama-sama signifikan secara statistik. Nilai signifikansi pada model berorde 3 lebih kecil daripada nilai  $\alpha$  ( $0,000 < 0,05$ ). Hal ini menunjukkan terdapat bukti yang cukup untuk menyatakan bahwa model regresi orde 3 ini berguna untuk memprediksi curah hujan dengan tingkat kepercayaan 0,05. Pengurangan nilai *Sum Square of Error* (SSE) orde 2 dan orde 3 cukup besar yaitu 12262,23. Hal ini menunjukkan bahwa model orde 3 lebih baik dibandingkan dengan model orde 2.

### 4. Model Regresi Sirkular-Linier Orde Empat



Pembuatan model regresi sirkular-linier orde 4 dengan variabel *dependent* curah hujan dan variabel *independent* arah angin, suhu udara, kelembaban udara dan kecepatan angin menggunakan SPSS dapat dilihat pada Tabel 3.17. Variansi model pada orde 4 adalah 0,29. Ini menunjukkan keragaman yang dapat diterangkan oleh model orde 4 ini sebanyak 29%. Pada tabel terlihat F hitung sebesar 3,644 dan F tabel yang dapat dilihat pada lampiran 2 adalah 1,89.

Tabel 3.14: Tabel regresi sirkular-linier orde empat

$R^2$	F	Signifikansi	SSE
0,290	3,644	0,000	109818,347

Nilai F hitung lebih besar dari F tabel ( $3,644 > 1,89$ ). Ini menunjukkan bahwa semua koefisien regresi secara bersama-sama signifikan secara statistik. Nilai signifikansi pada model berorde 4 lebih kecil daripada nilai  $\alpha$  ( $0,000 < 0,05$ ). Hal ini menunjukkan terdapat bukti yang cukup untuk menyatakan bahwa model regresi orde 4 ini berguna untuk memprediksi curah hujan dengan tingkat kepercayaan 0,05. Pengurangan nilai *Sum Square of Error* (SSE) orde 3 dan orde 4 cukup kecil yaitu 4691,25. Hal ini menunjukkan bahwa model orde 3 lebih baik dibandingkan dengan model orde 4.

##### 5. Model Regresi Sirkular-Linier Orde Lima

Pembuatan model regresi sirkular-linier orde 5 dengan variabel *dependent* curah hujan dan variabel *independent* arah angin, suhu udara, kelembaban udara dan kecepatan angin menggunakan SPSS dapat dilihat pada Tabel 3.18. Variansi model pada orde 5 adalah 0,305. Ini menunjukkan keragaman yang dapat diterangkan oleh model orde 5 ini sebanyak 30,5%. Pada tabel terlihat F hitung sebesar 3,248 dan F tabel yang

dapat dilihat pada lampiran 2 adalah 1,82.

Tabel 3.15: Tabel regresi sirkular-linier orde lima

$R^2$	F	Signifikansi	SSE
0,305	3,248	0,000	107463,683

Nilai F hitung lebih besar dari F tabel ( $3,248 > 1,82$ ). Ini menunjukkan bahwa semua koefisien regresi secara bersama-sama signifikan secara statistik. Nilai signifikansi pada model berorde 5 lebih kecil daripada nilai  $\alpha$  ( $0,000 < 0,05$ ). Hal ini menunjukkan terdapat bukti yang cukup untuk menyatakan bahwa model regresi orde 5 ini berguna bagi memprediksi curah hujan dengan tingkat kepercayaan 0,05. Pengurangan nilai *Sum Square of Error* (SSE) orde 4 dan orde 5 cukup kecil yaitu 2354. Hal ini menunjukkan bahwa model orde 4 lebih baik dibandingkan dengan model orde 5. Karena orde 3 lebih baik dibandingkan orde 4 dan orde 4 lebih baik daripada orde 5 maka dapat ditarik kesimpulan bahwa orde 3 lebih baik daripada orde 5.

Berdasarkan uraian di atas diketahui model regresi orde 1, orde 2, orde 3, orde 4 dan orde 5 berguna untuk memprediksi curah hujan. Pemilihan model terbaik dapat dilihat dari pengurangan nilai *Sum Square of Error* (SSE) yang dijelaskan oleh Tabel 3.16. Maka dari penguraian di atas didapatkan bahwa model regresi sirkular-linier orde 3 adalah model terbaik untuk memprediksi curah hujan.

### Uji Asumsi Model

Setelah menemukan model terbaik langkah selanjutnya adalah menguji asumsi dari model terbaik tersebut. Uji asumsi yang akan dilakukan adalah

Tabel 3.16: Pengurangan nilai *Sum Square of Error* (SSE)

Orde	SSE	Pengurangan SSE
1	132489,226	
2	126771,823	5717,403
3	114509,597	12262,23
4	109818,347	4691,25
5	107463,683	2354,664

asumsi kenormalan *error*, kesamaan variansi *error* dan asumsi *error* tidak berkolerasi.

#### One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test

N		110
Normal Parameters <sup>a,b</sup>	Mean	27,5055
	Std. Deviation	1,30165
Most Extreme Differences	Absolute	,084
	Positive	,044
	Negative	-,084
Test Statistic		,084
Asymp. Sig. (2-tailed)		,053 <sup>c</sup>

Gambar 3.6: Uji kenormalan *error* model regresi sirkular-linier orde 3

Untuk menguji asumsi kenormalan *error* digunakan uji *Kolmogorov-Smirnov* seperti pada Gambar 3.5. Asumsi terpenuhi karena *p value* lebih besar dari  $\alpha(0,053 > 0,05)$ . Uji asumsi kesamaan variansi *error* diterangkan oleh Gambar 3.6. Asumsi kesamaan variansi *error* terpenuhi karena *p-value* lebih besar dibandingkan  $\alpha(0,903 > 0,05)$ . Sedangkan untuk uji asumsi *error* tidak berkolerasi dapat dilihat pada Gambar 3.7. Terlihat nilai *Durbin Watson* sebesar 1,660. Pada tabel *Durbin Watson* yang terdapat di lampiran 3 pada tingkat signifikansi 0,05 didapatkan bahwa nilai *Durbin Watson* model berada

**ANOVA**

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	47932,620	43	1114,712	,689	,903
Within Groups	106801,672	66	1618,207		
Total	154734,292	109			

Gambar 3.7: Uji kenormalan *error* model regresi sirkular-linier orde 3**Model Summary<sup>b</sup>**

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate	Durbin-Watson
1	,510 <sup>a</sup>	,260	,193	33,839267	1,660

Gambar 3.8: Uji kenormalan *error* model regresi sirkular-linier orde 3

diantara batas atas dan batas bawah ( $1,5167 < 1,660 < 1,8688$ ).

Semua asumsi telah terpenuhi sehingga dapat dikatakan model regresi orde 3 adalah model terbaik yang dapat digunakan untuk memprediksi curah hujan. Dalam pembuatan model persamaan regresi yang menghubungkan curah hujan dengan arah angin, suhu udara, kelembaban udara dan kecepatan angin terlebih dahulu harus memperhatikan nilai signifikansi yang terdapat pada Gambar 3.9. Pada gambar tabel diatas, terlihat walaupun secara bersama-sama model signifikan namun nilai cos dan sin pada orde pertama tidak signifikan, sehingga tidak dimasukkan ke dalam model. Sedangkan nilai cos pada orde kedua tidak signifikan namun nilai sin signifikan. Karena cos dan sin merupakan suatu kesatuan, maka nilai cos pada orde dua tetap dimasukkan kedalam model. Begitu juga nilai cos pada orde ketiga. Karena nilai sin signifikan maka nilai cos tetap dimasukkan ke dalam model. Pada gambar

**Coefficients<sup>a</sup>**

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	-145,854	144,408		-1,010	,315
	cos	10,277	7,446	,410	1,380	,171
	sin	-6,568	8,136	-,162	-,807	,421
	cos2	-7,839	8,737	-,452	-,897	,372
	sin2	30,264	9,068	1,256	3,338	,001
	cos3	2,464	3,838	,156	,642	,522
	sin3	-15,533	4,748	-1,168	-3,271	,001
	suhu	-11,693	5,147	-,404	-2,272	,025
	kelembaban	6,148	7,867	,118	,781	,436
	kecepatan	,915	1,919	,045	,477	,635

Gambar 3.9: Pembuatan model regresi sirkular-linier orde 3

juga terlihat bahwa kelembaban udara dan kecepatan angin tidak signifikan sehingga tidak dimasukkan ke dalam model. Maka model persamaan regresi sirkular-linier terbaik adalah sebagai berikut:

$$\hat{X} = -145,854 - 7,839 \cos 2\alpha + 30,264 \sin 2\alpha + 2,464 \cos 3\alpha - 15,533 \sin 3\alpha - 11,693z_1 \quad (3.2)$$

$X$  = curah hujan (mm/jam)

$\alpha$  = arah angin ( $^{\circ}$ )

$z_1$  = suhu udara ( $^{\circ}$  C )

# BAB IV

## PENUTUP

### 4.1 Kesimpulan

Pada bab sebelumnya telah dibahas setiap rumusan masalah yang diteliti dalam skripsi ini. Berdasarkan pembahasan tersebut dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Model yang menghubungkan curah hujan dan arah angin dengan menggunakan regresi sirkular-linier adalah model regresi sirkular-linier orde 3 sebagai berikut :

$$\hat{X} = -198,486 - 9,842 \cos 2\alpha + 29,254 \sin 2\alpha + 2,691 \cos 3\alpha - 14,736 \sin 3\alpha$$

2. Model yang menghubungkan curah hujan dengan arah angin dan suhu udara menggunakan regresi sirkular-linier orde 3 sebagai berikut :

$$\hat{X} = -145,854 - 7,839 \cos 2\alpha + 30,264 \sin 2\alpha + 2,464 \cos 3\alpha - 15,533 \sin 3\alpha - 11,693z_1$$

### 4.2 Saran

Penelitian dalam skripsi ini dapat dikembangkan lebih lanjut sehingga dapat lebih bermanfaat memprediksi curah hujan dengan tingkat keakuratan lebih tinggi. Berikut ini beberapa saran yang dapat digunakan untuk penelitian selanjutnya yaitu :

- Mengembangkan penelitian dengan menambahkan variabel-variabel lain yang mempengaruhi curah hujan agar variansi yang diterangkan oleh model menjadi lebih besar.
- Melakukan penelitian menggunakan analisis regresi sirkular-linier dengan variabel-variabel sirkular lainnya seperti arah awan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Abdul, A. N. 2011. *Pengaruh Pemilihan Arah Acuan 0 Derajat dan Arah Rotasi pada Analisis Korelasi dan Regresi Linier Sirkular*. Departemen Statistika Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Fisher, N.J. 1996 *Statistical Analysis of Circular Data*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Hidayati, A. 2003. *Analisis Korelasi dan Regresi Sirkular-Sirkular*. Jurusan Matematika Universitas Indonesia, Depok.
- Irpan, dkk. 2014. *Circular Circular-Linear Regression Analysis of order m in Circular Variable  $\alpha$  and  $\beta$  against Linear Variable (Y)*. Departement of Statistics Bogor Agricultural University, Indonesia.
- Jammalamadaka, S. R. dan Sengupta, A. 2001. *Topic in Circular Statistics (Series on Multivariate Analysis)*. World Scientific, Singapore.
- Kempter, dkk. 2012. *Quantifying circular-linear associations: Hippocampal phase precession*. Humboldt-Universitad zu Berlin, Berlin, Germany.
- Mardia, K. V. 2014. *Statistics of Directional Data*. Departement of Mathematical Statistics The University, Hull, England.
- Sembiring, R. K. 2003. *Analisis Regresi Edisi Kedua*. Institut Teknik Bandung, Bandung, Indonesia.
- Syaeful, B. H. 2004. *geografi Regional Indonesia*. Jurusan Pendidikan Geografi Universitas Negeri Yogyakarta, Yogyakarta.
- . Data Synop Report Summary. [ON LINE]  
<http://www.ogimet.com/cgi-bin/gsynres?lang=en&ind=96745&ndays=30&ano=2015&mes=01&day=23&hora=00&ord=DIR&Send=Send> (diunduh pada tanggal 11 Oktober 2016 pukul 19.45)



## LAMPIRAN-LAMPIRAN

Lampiran 1 :

Data curah Hujan Kota Jakarta Tahun 2015 dari [www.ogimet.com](http://www.ogimet.com)

Tanggal	Suhu	Kelembaban ©	Arah Angin		Kecepatan	Curah Hujan
			Mata Angin	Derajat		
1\1	28,8	21,3	W	270	7,9	25
1\2	26,2	23,1	W	270	6,7	7
1\3	26,4	23,3	W	270	6,6	32
1\4	25,9	23,1	W	270	9	16
1\5	25,8	22,7	WSW	247,5	8,6	3
1\11	28,8	22,4	W	270	7,2	0,5
1\12	28,9	22,6	WNW	292,5	5,8	1
1\13	25,4	23,8	W	270	2,8	51
1\14	25,8	23,6	WNW	292,5	6,7	11
1\15	26,9	23,5	W	270	3,2	4
1\17	27,1	23,7	WNW	292,5	4,2	18
1\18	27,3	23,7	W	270	6	5
1\19	27,9	23,6	SSE	157,5	3,7	3
1\20	25,1	23,5	W	270	1,9	26
1\21	25,1	23	W	270	4,6	36
1\22	26,8	23,5	NNW	337,5	6,1	17
1\23	25,4	24	NW	315	2,5	134
1\25	27,2	23,2	W	270	5,8	3
1\26	26,5	23,9	NW	315	3,9	41
1\27	27	24	WNW	292,5	1,9	32
1\31	28,2	23,7	WNW	292,5	5,1	19

2\1	26,9	23,7	NW	315	3,5	96
2\2	24,2	23,4	SW	225	2,3	2
2\3	27,3	23,6	NW	315	4,4	1
2\4	27,2	23,4	WNW	292,5	3,2	1
2\5	27,3	23,6	WNW	292,5	5,6	2
2\6	27,2	23,7	WNW	292,5	6,9	0,8
2\7	26,7	22,4	WNW	292,5	6,9	12
2\8	26,7	23,6	NW	315	4,6	177
2\9	25,8	23,8	W	270	6	278
2\10	24	23,4	S	180	3	31
2\11	26,1	23,4	NW	315	2,4	15
2\12	25,2	23,3	W	270	3,5	12
2\13	25,9	23,8	WNW	292,5	6,9	31
2\16	26,5	24,7	NW	315	0	59
2\17	28	24,3	NW	315	5,3	0,5
2\18	25,8	24	WNW	292,5	2,5	56
2\19	26,8	23,6	WNW	292,5	6,9	86
2\20	25,3	23,5	WNW	292,5	0	11
2\24	26,9	23,2	NW	315	3,2	2
2\27	28,8	24,5	NW	315	4,5	44
2\28	27,7	24,2	WNW	292,5	2,8	7
3\2	27,4	23,6	WNW	292,5	6	1
3\3	26,9	23,8	W	270	2,1	17
3\4	27,3	23,5	W	270	5,1	5
3\8	27,1	23,1	WSW	247,5	1,6	11
3\9	26,7	22,5	W	270	3,5	3
3\10	27,6	23,8	WNW	292,5	4,8	12
3\11	27,6	23,4	WNW	292,5	5,1	3
3\12	26,5	23,5	NNW	337,5	4,9	4
3\13	27,6	23,8	NW	315	4,4	1
3\16	26,5	24,1	W	270	3,9	55
3\17	27,8	23,4	W	270	4,4	0,8
3\18	28,7	24,3	NW	315	5,3	4
3\20	28,1	24,5	WNW	292,5	3	36

3\21	27,8	24,1	SW	225	3,7	25
3\23	27,6	23,1	NNE	22,5	5,1	6
3\26	26,6	23,8	NW	315	5,1	14
3\27	27,2	23,7	SSE	157,5	1,6	13
3\30	29,1	24,2	NNW	337,5	4,4	3
4\2	29,5	23,9	WNW	292,5	4,9	0,1
4\3	27,2	24,2	WNW	292,5	3	4
4\5	27,7	24,1	NW	315	3	3
4\6	29,1	24,2	N	0	3,2	0,3
4\7	29,3	24,6	NW	315	4,4	5
4\8	28,5	24,6	N	0	2,9	8
4\9	28,9	24,4	NW	315	2,5	7
4\10	28,5	24,2	WNW	292,5	5,1	2
4\11	28,8	24,7	WNW	292,5	6,4	5
4\12	29,2	24,1	W	270	4,8	1
4\13	28,8	23,2	W	270	1,2	5
4\14	27,4	24,4	WNW	292,5	2,8	0,2
4\18	27,6	24,5	NNW	337,5	1,4	1
4\19	28,2	24,9	WNW	292,5	5,1	33
4\21	29,2	23,6	NNW	337,5	3,7	0,3
4\22	29,2	24	WNW	292,5	3,2	1
4\25	27,1	23	W	270	7,9	3
4\26	26,7	23	NW	315	2,9	5,5
5\4	26,2	23,5	WNW	292,5	2,5	17
5\5	27,6	23,8	E	90	2,3	6
5\10	29	23,5	NW	315	3,2	71
6\3	29,6	24,2	ENE	67,5	4,4	1
6\5	29,6	23,8	ENE	67,5	2,3	5
6\8	29,5	24,1	SSW	202,5	2,1	2
6\10	26,7	23,4	ENE	67,5	2,1	7
6\22	29,4	22,6	N	0	3,9	0,2
7\8	28,7	22,1	SSE	157,5	4,9	5

10\18	30,1	19,9	E	90	5,1	1
11\3	29	23,9	NNW	337,5	6,5	1
11\14	28,2	23,8	NW	315	6,5	54
11\17	27,9	23,9	SSE	157,5	4,8	13
11\19	30,2	24,8	E	90	3,7	2
11\20	28,6	23,2	NNE	22,5	4,6	0,6
11\28	29,2	24,1	NNW	337,5	2,1	3
11\30	27,4	24,1	WSW	247,5	1,4	4
12\1	28,3	24,1	NNE	22,5	3,7	9
12\4	28,8	24,3	WNW	292,5	5	3
12\9	27,7	24,4	N	0	1,9	1
12\12	28,8	23,6	NNW	337,5	6	1
12\14	28	24,2	WNW	292,5	8,6	9
12\15	27,6	23,5	W	270	9	0,1
12\17	25,8	23,2	NW	315	4,6	6
12\18	25,7	22,3	W	270	5,3	2
12\19	27,2	23,3	W	270	5,8	6
12\20	27,1	23,9	WNW	292,5	4,9	5
12\21	26,4	23,1	WNW	292,5	3,7	11
12\27	28,9	24,4	NW	315	6,7	5
12\28	28,7	24,9	NW	315	4,9	0,2
12\30	28,3	24,2	NNW	337,5	6,9	93
12\31	27,6	24,9	NW	315	5,1	79

Gambar 4.1: Data Curah Hujan Kota Jakarta Tahun 2015



Lampiran 2 :

Nilai F Tabel dengan  $\alpha = 0,05$ 

df untuk penyebut (N2)	df untuk pembilang (N1)														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
91	3.95	3.10	2.70	2.47	2.31	2.20	2.11	2.04	1.98	1.94	1.90	1.86	1.83	1.80	1.78
92	3.94	3.10	2.70	2.47	2.31	2.20	2.11	2.04	1.98	1.94	1.89	1.86	1.83	1.80	1.78
93	3.94	3.09	2.70	2.47	2.31	2.20	2.11	2.04	1.98	1.93	1.89	1.86	1.83	1.80	1.78
94	3.94	3.09	2.70	2.47	2.31	2.20	2.11	2.04	1.98	1.93	1.89	1.86	1.83	1.80	1.77
95	3.94	3.09	2.70	2.47	2.31	2.20	2.11	2.04	1.98	1.93	1.89	1.86	1.82	1.80	1.77
96	3.94	3.09	2.70	2.47	2.31	2.19	2.11	2.04	1.98	1.93	1.89	1.85	1.82	1.80	1.77
97	3.94	3.09	2.70	2.47	2.31	2.19	2.11	2.04	1.98	1.93	1.89	1.85	1.82	1.80	1.77
98	3.94	3.09	2.70	2.46	2.31	2.19	2.10	2.03	1.98	1.93	1.89	1.85	1.82	1.79	1.77
99	3.94	3.09	2.70	2.46	2.31	2.19	2.10	2.03	1.98	1.93	1.89	1.85	1.82	1.79	1.77
100	3.94	3.09	2.70	2.46	2.31	2.19	2.10	2.03	1.97	1.93	1.89	1.85	1.82	1.79	1.77
101	3.94	3.09	2.69	2.46	2.30	2.19	2.10	2.03	1.97	1.93	1.88	1.85	1.82	1.79	1.77
102	3.93	3.09	2.69	2.46	2.30	2.19	2.10	2.03	1.97	1.92	1.88	1.85	1.82	1.79	1.77
103	3.93	3.08	2.69	2.46	2.30	2.19	2.10	2.03	1.97	1.92	1.88	1.85	1.82	1.79	1.76
104	3.93	3.08	2.69	2.46	2.30	2.19	2.10	2.03	1.97	1.92	1.88	1.85	1.82	1.79	1.76
105	3.93	3.08	2.69	2.46	2.30	2.19	2.10	2.03	1.97	1.92	1.88	1.85	1.81	1.79	1.76
106	3.93	3.08	2.69	2.46	2.30	2.19	2.10	2.03	1.97	1.92	1.88	1.84	1.81	1.79	1.76
107	3.93	3.08	2.69	2.46	2.30	2.18	2.10	2.03	1.97	1.92	1.88	1.84	1.81	1.79	1.76
108	3.93	3.08	2.69	2.46	2.30	2.18	2.10	2.03	1.97	1.92	1.88	1.84	1.81	1.78	1.76
109	3.93	3.08	2.69	2.45	2.30	2.18	2.09	2.02	1.97	1.92	1.88	1.84	1.81	1.78	1.76
110	3.93	3.08	2.69	2.45	2.30	2.18	2.09	2.02	1.97	1.92	1.88	1.84	1.81	1.78	1.76

Gambar 4.2: Tabel F dengan  $\alpha = 0,05$

Lampiran 3 :

Tabel Nilai *Durbin Watson* dengan  $\alpha = 0,05$ 

n	k=6		k=7		k=8		k=9		k=10	
	dL	dU	dL	dU	dL	dU	dL	dU	dL	dU
76	1.4623	1.8011	1.4335	1.8330	1.4043	1.8655	1.3747	1.8989	1.3449	1.9329
77	1.4669	1.8010	1.4384	1.8324	1.4096	1.8644	1.3805	1.8972	1.3511	1.9307
78	1.4714	1.8009	1.4433	1.8318	1.4148	1.8634	1.3861	1.8957	1.3571	1.9286
79	1.4757	1.8009	1.4480	1.8313	1.4199	1.8624	1.3916	1.8942	1.3630	1.9266
80	1.4800	1.8008	1.4526	1.8308	1.4250	1.8614	1.3970	1.8927	1.3687	1.9247
81	1.4842	1.8008	1.4572	1.8303	1.4298	1.8605	1.4022	1.8914	1.3743	1.9228
82	1.4883	1.8008	1.4616	1.8299	1.4346	1.8596	1.4074	1.8900	1.3798	1.9211
83	1.4923	1.8008	1.4659	1.8295	1.4393	1.8588	1.4124	1.8888	1.3852	1.9193
84	1.4962	1.8008	1.4702	1.8291	1.4439	1.8580	1.4173	1.8876	1.3905	1.9177
85	1.5000	1.8009	1.4743	1.8288	1.4484	1.8573	1.4221	1.8864	1.3956	1.9161
86	1.5038	1.8010	1.4784	1.8285	1.4528	1.8566	1.4268	1.8853	1.4007	1.9146
87	1.5075	1.8010	1.4824	1.8282	1.4571	1.8559	1.4315	1.8842	1.4056	1.9131
88	1.5111	1.8011	1.4863	1.8279	1.4613	1.8553	1.4360	1.8832	1.4104	1.9117
89	1.5147	1.8012	1.4902	1.8277	1.4654	1.8547	1.4404	1.8822	1.4152	1.9103
90	1.5181	1.8014	1.4939	1.8275	1.4695	1.8541	1.4448	1.8813	1.4198	1.9090
91	1.5215	1.8015	1.4976	1.8273	1.4735	1.8536	1.4490	1.8804	1.4244	1.9077
92	1.5249	1.8016	1.5013	1.8271	1.4774	1.8530	1.4532	1.8795	1.4288	1.9065
93	1.5282	1.8018	1.5048	1.8269	1.4812	1.8526	1.4573	1.8787	1.4332	1.9053
94	1.5314	1.8019	1.5083	1.8268	1.4849	1.8521	1.4613	1.8779	1.4375	1.9042
95	1.5346	1.8021	1.5117	1.8266	1.4886	1.8516	1.4653	1.8772	1.4417	1.9031
96	1.5377	1.8023	1.5151	1.8265	1.4922	1.8512	1.4691	1.8764	1.4458	1.9021
97	1.5407	1.8025	1.5184	1.8264	1.4958	1.8508	1.4729	1.8757	1.4499	1.9011
98	1.5437	1.8027	1.5216	1.8263	1.4993	1.8505	1.4767	1.8750	1.4539	1.9001
99	1.5467	1.8029	1.5248	1.8263	1.5027	1.8501	1.4803	1.8744	1.4578	1.8991
100	1.5496	1.8031	1.5279	1.8262	1.5060	1.8498	1.4839	1.8738	1.4616	1.8982
101	1.5524	1.8033	1.5310	1.8261	1.5093	1.8495	1.4875	1.8732	1.4654	1.8973
102	1.5552	1.8035	1.5340	1.8261	1.5126	1.8491	1.4909	1.8726	1.4691	1.8965
103	1.5580	1.8037	1.5370	1.8261	1.5158	1.8489	1.4944	1.8721	1.4727	1.8956
104	1.5607	1.8040	1.5399	1.8261	1.5189	1.8486	1.4977	1.8715	1.4763	1.8948
105	1.5634	1.8042	1.5428	1.8261	1.5220	1.8483	1.5010	1.8710	1.4798	1.8941
106	1.5660	1.8044	1.5456	1.8261	1.5250	1.8481	1.5043	1.8705	1.4833	1.8933
107	1.5686	1.8047	1.5484	1.8261	1.5280	1.8479	1.5074	1.8701	1.4867	1.8926
108	1.5711	1.8049	1.5511	1.8261	1.5310	1.8477	1.5106	1.8696	1.4900	1.8919
109	1.5736	1.8052	1.5538	1.8261	1.5338	1.8475	1.5137	1.8692	1.4933	1.8913
110	1.5761	1.8054	1.5565	1.8262	1.5367	1.8473	1.5167	1.8688	1.4965	1.8906

Gambar 4.3: Tabel *Durbin Watson* dengan  $\alpha = 0,05$

Lampiran 4 :

### Hasil Perhitungan dan Pembuatan Model Menggunakan SPSS

Pengolahan model sirkular-linier dengan variabel *dependet* curah hujan dan variabel *independent* arah angin orde 1 :

**Model Summary<sup>b</sup>**

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate	Durbin-Watson
1	,279 <sup>a</sup>	,078	,060	36,522501	1,393

**ANOVA<sup>a</sup>**

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	12007,729	2	6003,865	4,501	,013 <sup>b</sup>
	Residual	142726,563	107	1333,893		
	Total	154734,292	109			

**Coefficients<sup>a</sup>**

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	-34,274	99,774		-,344	,732
	cos	-5,675	2,384	-,227	-2,380	,019
	sin	8,891	3,852	,220	2,308	,023

Pengolahan model sirkular-linier dengan variabel *dependet* curah hujan dan variabel *independent* arah angin orde 2 :

**Model Summary<sup>p</sup>**

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate	Durbin-Watson
1	,385 <sup>a</sup>	,148	,115	35,436308	1,451

**ANOVA<sup>a</sup>**

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	22882,440	4	5720,610	4,556	,002 <sup>b</sup>
	Residual	131851,852	105	1255,732		
	Total	154734,292	109			

**Coefficients<sup>a</sup>**

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	-159,916	106,496		-1,502	,136
	cos	-,893	6,124	-,036	-,146	,884
	sin	4,318	4,413	,107	,979	,330
	cos2	-1,846	4,764	-,106	-,387	,699
	sin2	6,544	3,065	,272	2,136	,035



Pengolahan model sirkular-linier dengan variabel *dependet* curah hujan dan variabel *independent* arah angin orde 3 :

#### Model Summary<sup>b</sup>

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate	Durbin-Watson
1	,470 <sup>a</sup>	,221	,175	34,211771	1,621

a. Predictors: (Constant), sin3, cos3, sin, cos, sin2, cos2

b. Dependent Variable: Curah

#### ANOVA<sup>a</sup>

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	34178,425	6	5696,404	4,867	,000 <sup>b</sup>
	Residual	120555,867	103	1170,445		
	Total	154734,292	109			

a. Dependent Variable: Curah

b. Predictors: (Constant), sin3, cos3, sin, cos, sin2, cos2

#### Coefficients<sup>a</sup>

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	-198,486	105,070		-1,889	,062
	cos	4,111	6,835	,164	,601	,549
	sin	-2,134	6,864	-,053	-,311	,757
	cos2	-9,842	8,410	-,567	-1,170	,245
	sin2	29,254	9,135	1,215	3,203	,002
	cos3	2,691	3,704	,170	,726	,469
	sin3	-14,736	4,747	-1,109	-3,104	,002

Pengolahan model sirkular-linier dengan variabel *dependet* curah hujan dan variabel *independent* arah angin orde 4 :

**Model Summary<sup>b</sup>**

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate	Durbin-Watson
1	,507 <sup>a</sup>	,257	,198	33,740604	1,716

**ANOVA<sup>a</sup>**

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	39753,031	8	4969,129	4,365	,000 <sup>b</sup>
	Residual	114981,261	101	1138,428		
	Total	154734,292	109			

**Coefficients<sup>a</sup>**

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	-212,774	104,219		-2,042	,044
	cos	5,508	6,977	,220	,789	,432
	sin	-3,742	6,935	-,092	-,540	,591
	cos2	-11,786	8,345	-,679	-1,412	,161
	sin2	33,268	9,274	1,381	3,587	,001
	cos3	-,673	3,960	-,043	-,170	,865
	sin3	-19,147	5,510	-1,440	-3,475	,001
	cos4	4,394	2,354	,394	1,867	,065
	sin4	1,970	2,593	,199	,760	,449

Pengolahan model sirkular-linier dengan variabel *dependet* curah hujan dan variabel *independent* arah angin orde 5 :

**Model Summary<sup>b</sup>**

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate	Durbin-Watson
1	,520 <sup>a</sup>	,270	,196	33,780838	1,723

**ANOVA<sup>a</sup>**

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	41760,937	10	4176,094	3,660	,000 <sup>b</sup>
	Residual	112973,355	99	1141,145		
	Total	154734,292	109			

**Coefficients<sup>a</sup>**

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	-214,349	105,076		-2,040	,044
	cos	5,861	7,047	,234	,832	,408
	sin	-3,623	6,946	-,090	-,522	,603
	cos2	-9,997	8,494	-,576	-1,177	,242
	sin2	33,776	9,559	1,402	3,534	,001
	cos3	-2,751	4,450	-,174	-,618	,538
	sin3	-19,805	7,688	-1,490	-2,576	,011
	cos4	8,818	5,772	,791	1,528	,130
	sin4	-,950	5,637	-,096	-,169	,866
	cos5	-3,989	4,145	-,368	-,962	,338
	sin5	2,490	2,558	,335	,974	,333

Pengolahan model sirkular-linier dengan variabel *dependet* curah hujan dan variabel *independent* arah angin, suhu, kelembaban dan kecepatan angin orde 1 :

**Model Summary<sup>b</sup>**

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate	Durbin-Watson
1	,379 <sup>a</sup>	,144	,103	35,692224	1,433

**ANOVA<sup>a</sup>**

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	22245,066	5	4449,013	3,492	,006 <sup>b</sup>
	Residual	132489,226	104	1273,935		
	Total	154734,292	109			

**Coefficients<sup>a</sup>**

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	30,730	129,179		,238	,812
	cos	4,087	4,507	,163	,907	,367
	sin	8,737	6,281	,216	1,391	,167
	suhu	-13,417	5,152	-,464	-2,604	,011
	kelembaban	1,182	7,992	,023	,148	,883
	kecepatan	2,462	1,927	,122	1,278	,204

Pengolahan model sirkular-linier dengan variabel *dependet* curah hujan dan variabel *independent* arah angin, suhu, kelembaban dan kecepatan angin orde 2 :

**Model Summary<sup>b</sup>**

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate	Durbin-Watson
1	,425 <sup>a</sup>	,181	,124	35,254234	1,466

**ANOVA<sup>a</sup>**

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	27962,468	7	3994,638	3,214	,004 <sup>b</sup>
	Residual	126771,823	102	1242,861		
	Total	154734,292	109			

**Coefficients<sup>a</sup>**

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	-100,639	144,707		-,695	,488
	cos	4,488	6,730	,179	,667	,506
	sin	2,643	6,958	,065	,380	,705
	cos2	-,226	4,834	-,013	-,047	,963
	sin2	5,655	3,154	,235	1,793	,076
	suhu	-10,587	5,337	-,366	-1,984	,050
	kelembaban	3,928	8,002	,075	,491	,625
	kecepatan	1,483	1,957	,073	,758	,450

Pengolahan model sirkular-linier dengan variabel *dependet* curah hujan dan variabel *independent* arah angin, suhu, kelembaban dan kecepatan angin orde 3 :

**Model Summary<sup>b</sup>**

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate	Durbin-Watson
1	,510 <sup>a</sup>	,260	,193	33,839267	1,660

**ANOVA<sup>a</sup>**

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	40224,695	9	4469,411	3,903	,000 <sup>b</sup>
	Residual	114509,597	100	1145,096		
	Total	154734,292	109			

**Coefficients<sup>a</sup>**

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	-145,854	144,408		-1,010	,315
	cos	10,277	7,446	,410	1,380	,171
	sin	-6,568	8,136	-,162	-,807	,421
	cos2	-7,839	8,737	-,452	-,897	,372
	sin2	30,264	9,068	1,256	3,338	,001
	cos3	2,464	3,838	,156	,642	,522
	sin3	-15,533	4,748	-1,168	-3,271	,001
	suhu	-11,693	5,147	-,404	-2,272	,025
	kelembaban	6,148	7,867	,118	,781	,436
	kecepatan	,915	1,919	,045	,477	,635

Pengolahan model sirkular-linier dengan variabel *dependet* curah hujan dan variabel *independent* arah angin, suhu, kelembaban dan kecepatan angin orde 4 :

**Model Summary<sup>b</sup>**

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate	Durbin-Watson
1	,539 <sup>a</sup>	,290	,211	33,475295	1,756

**ANOVA<sup>a</sup>**

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	44915,945	11	4083,268	3,644	,000 <sup>b</sup>
	Residual	109818,347	98	1120,595		
	Total	154734,292	109			

**Coefficients<sup>a</sup>**

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	-209,613	146,214		-1,434	,155
	cos	10,707	7,535	,428	1,421	,158
	sin	-8,632	8,266	-,213	-1,044	,299
	cos2	-10,383	8,843	-,598	-1,174	,243
	sin2	33,095	9,285	1,374	3,564	,001
	cos3	-,347	4,038	-,022	-,086	,932
	sin3	-20,754	5,552	-1,561	-3,738	,000
	cos4	4,688	2,399	,420	1,955	,053
	sin4	3,147	2,749	,318	1,145	,255
	suhu	-10,663	5,340	-,368	-1,997	,049
	kelembaban	8,934	7,906	,171	1,130	,261
	kecepatan	,999	2,049	,049	,488	,627

Pengolahan model sirkular-linier dengan variabel *dependet* curah hujan dan variabel *independent* arah angin, suhu, kelembaban dan kecepatan angin orde 5 :

**Model Summary<sup>b</sup>**

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate	Durbin-Watson
1	,553 <sup>a</sup>	,305	,211	33,457635	1,764

**ANOVA<sup>a</sup>**

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	47270,608	13	3636,201	3,248	,000 <sup>b</sup>
	Residual	107463,683	96	1119,413		
	Total	154734,292	109			

**Coefficients<sup>a</sup>**

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	-211,769	146,157		-1,449	,151
	cos	11,483	7,609	,459	1,509	,135
	sin	-9,030	8,274	-,223	-1,091	,278
	cos2	-8,700	8,940	-,501	-,973	,333
	sin2	33,734	9,592	1,401	3,517	,001
	cos3	-2,397	4,470	-,152	-,536	,593
	sin3	-21,258	7,668	-1,599	-2,772	,007
	cos4	9,275	5,750	,832	1,613	,110
	sin4	-,357	5,622	-,036	-,064	,949
	cos5	-4,203	4,171	-,387	-1,008	,316
	sin5	2,805	2,544	,378	1,103	,273
	suhu	-10,900	5,340	-,377	-2,041	,044
	kelembaban	9,487	7,938	,182	1,195	,235
	kecepatan	,702	2,075	,035	,338	,736

Gambar 4.4: Hasil Perhitungan Menggunakan SPSS



## SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Dengan ini saya yang bertanda tangan di bawah ini, mahasiswa Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Jakarta:

Nama : Vinna Angela Wullur  
No. Registrasi : 3125121981  
Program Studi : Matematika

Menyatakan bahwa skripsi ini yang saya buat dengan judul "**Pemodelan Curah Hujan Menggunakan Analisis Regresi-Sirkular**" adalah :

1. Dibuat dan diselesaikan oleh saya sendiri.
2. Bukan merupakan duplikat skripsi yang pernah dibuat oleh orang lain atau jiplakan karya tulis orang lain.

Pernyataan ini dibuat dengan sesungguhnya dan saya bersedia menanggung segala akibat yang timbul jika pernyataan saya tidak benar.

Jakarta, Februari 2017

Yang membuat pernyataan

Vinna Angela Wullur

## DAFTAR RIWAYAT HIDUP



**VINNA ANGELA WULLUR.** Lahir di Bekasi, 7 Agustus 1994. Anak kedua dari pasangan Bapak Jimmy Wullur dan Ibu Titi Herawati. Saat ini bertempat tinggal di Jalan Masjid Almunir RT 012 RW 002 Kecamatan Makasar Jakarta Timur, 13570.

No. Ponsel : 085695319547

Email : vinnaangelaw@gmail.com

**Riwayat Pendidikan :** Penulis mengawali pendidikan di TK Purwarini kemudian melanjutkan pendidikan di SD Negeri Makasar 09 Pagi pada tahun 2000 - 2006. Setelah itu, penulis melanjutkan ke SMP Negeri 128 Jakarta hingga tahun 2009. Kemudian kembali melanjutkan ke SMA Negeri 67 Jakarta dan lulus tahun 2012. Di Tahun yang sama penulis melanjutkan ke Universitas Negeri Jakarta (UNJ), prodi Matematika, melalui jalur SMPTN tulis. Di awal tahun 2017 penulis telah memperoleh gelar Sarjana Sains untuk Jurusan Matematika, Program Studi Matematika, FMIPA, UNJ.

**Riwayat Organisasi :** Selama di bangku perkuliahan, penulis bergabung dalam Bidik Misi sebagai penerima beasiswa dan anggota. Penulis juga pernah menjadi panitia kegiatan Pelangi Matematika. Semasa SMA penulis juga pernah mengikuti kegiatan paskibraka, tari daerah dan basket.

**Riwayat Pekerjaan :** Penulis pernah menjadi pengajar matematika sejak tahun 2012 hingga sekarang. Penulis juga pernah melakukan praktik kerja lapangan di Badan Kepegawaian Negara pada tahun 2015.