



TESIS - KS185411

**PROYEKSI IKLIM DI NUSA TENGGARA TIMUR  
MENGUNAKAN *QUANTILE MATCHING BOOTSTRAP***

**ROSYIDA INAS  
06211750010021**

Dosen Pembimbing  
Dr. rer. pol. Heri Kuswanto, M.Si  
Dr. Kartika Fithriasari, M.Si

Departemen Statistika  
Fakultas Matematika, Komputasi, dan Sains Data  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
2019





**TESIS - KS185411**

**PROYEKSI IKLIM DI NUSA TENGGARA TIMUR  
MENGUNAKAN *QUANTILE MATCHING BOOTSTRAP***

**ROSYIDA INAS  
06211750010021**

**Dosen Pembimbing  
Dr. rer. pol. Heri Kuswanto, M.Si  
Dr. Kartika Fithriasari, M.Si**

**Departemen Statistika  
Fakultas Matematika, Komputasi, dan Sains Data  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
2019**







**THESIS - KS185411**

# **CLIMATE PROJECTION IN EAST NUSA TENGGARA USING QUANTILE MATCHING BOOTSTRAP**

**ROSYIDA INAS  
06211750010021**

**Supervisors  
Dr. rer. pol. Heri Kuswanto, M.Si  
Dr. Kartika Fithriasari, M.Si**

**Department of Statistics  
Faculty of Mathematics, Computing, and Data Science  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
2019**



**LEMBAR PENGESAHAN TESIS**

Tesis disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar

**Magister Statistika (M.Stat)**

di

**Institut Teknologi Sepuluh Nopember**

Oleh:

**ROSYIDA INAS**

**NRP: 06211750010021**

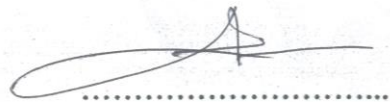
Tanggal Ujian : 09 Juli 2019

Periode Wisuda: September 2019

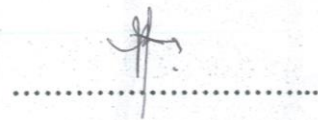
Disetujui oleh:

**Pembimbing:**

1. Dr. rer.pol. Heri Kuswanto, M.Si.  
NIP: 19820326 200312 1 004

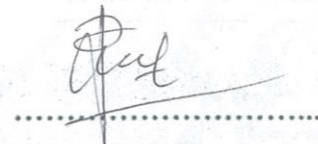


2. Dr. Kartika Fithriasari, M.Si.  
NIP: 19691212 199303 2 002

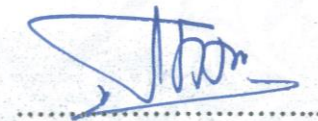


**Penguji :**


1. Santi Puteri Rahayu, M.Si., Ph.D.  
NIP: 19750115 199903 2 003



2. Dr. Agus Suharsono, MS.  
NIP: 19580823 198403 1 003



**Kepala Departemen Statistika  
Fakultas Matematika, Komputasi, dan Sains Data**

  
**Dr. Suhartono, M.Sc.**  
NIP: 19710929 199512 1 001



# PROYEKSI IKLIM DI NUSA TENGGARA TIMUR MENGUNAKAN *QUANTILE MATCHING BOOTSTRAP*

Nama Mahasiswa : Rosyida Inas  
NRP : 062117500100021  
Pembimbing : Dr. rer. pol. Heri Kuswanto, M.Si  
Co. Pembimbing : Dr. Kartika Fithriasari, M.Si

## ABSTRAK

Berubahnya kondisi fisik atmosfer bumi antara lain suhu dan distribusi curah hujan membawa dampak luas terhadap berbagai sektor kehidupan manusia. Menurut Indonesia *Food Security Monitoring Bulletin* (2015), sepuluh kabupaten di Provinsi NTT menjadi prioritas pertama dalam klasifikasi kabupaten yang mengalami dampak kekeringan dari perubahan iklim yang terjadi di Indonesia. Oleh karena itu, proyeksi iklim diperlukan untuk mengetahui kondisi iklim di masa yang akan datang berdasarkan skenario iklim yang ditetapkan. Data untuk proyeksi iklim pada penelitian ini menggunakan data observasi BMKG berupa curah hujan dan suhu maksimum dan juga data *General Circulation Model* (GCM) dengan variabel *mean daily temperature*, tekanan permukaan laut, kelembaban spesifik, komponen angin, *mixing ratio*, dan ketinggian geopotensial. Metode untuk proyeksi iklim yang digunakan adalah metode *Quantile Matching Bootstrap* (QMB) yaitu dengan proyeksi kuantil dan simulasi *bootstrap*. Kuantil yang digunakan adalah 0,1; 0,5; dan 0,9. Hasil analisis yang dilakukan memberikan hasil bahwa persentase data observasi yang masuk ke 95% *bootstrap prediction interval* sudah mencapai sekitar 75% ke atas. Proyeksi curah hujan maupun suhu maksimum di NTT memberikan persentase cukup tinggi untuk bulan-bulan di musim hujan dan bulan transisi dari musim kemarau ke musim hujan. Pengecualian untuk hasil proyeksi suhu maksimum di Stasiun Meteorologi Fransiskus Xaverius Seda yang memiliki hasil paling rendah dibandingkan dengan stasiun lainnya. Dalam evaluasi hasil kebaikan metode QMB untuk proyeksi iklim di NTT diketahui bahwa metode QMB merupakan metode yang baik dikarenakan dapat melakukan proyeksi iklim untuk data harian. Metode QMB dalam hal proyeksi kuantil bulanan memiliki nilai *standard error* yang kecil dalam proyeksi curah hujan kuantil 0,1 dan curah hujan kuantil 0,9, serta suhu maksimum kuantil 0,1.

Kata kunci: Curah hujan, GCM, proyeksi iklim, *quantile matching bootstrap*, suhu maksimum



## **CLIMATE PROJECTION IN EAST NUSA TENGGARA USING QUANTILE MATCHING BOOTSTRAP**

By : Rosyida Inas  
Student Identity Number : 06211750010021  
Supervisor : Dr. rer. pol. Heri Kuswanto, M.Si  
Co. Supervisor : Dr. Kartika Fithriasari, M.Si

### **ABSTRACT**

Changing physical conditions of the Earth's atmosphere include temperature and distribution of rainfall, which has a wide impact on various sectors of human life. According to the Indonesia Food Security Monitoring Bulletin (2015), ten regencies in NTT Province were the first priority in the classification of districts experiencing drought impacts from climate change that occurred in Indonesia. Therefore, climate projection is needed to determine future climate conditions based on the climate scenario that is determined. Data for climate projection in this study uses BMKG observation data in the form of rainfall and maximum temperature and also General Circulation Model (GCM) data with variables: mean daily temperature, sea level pressure, wind components, specific humidity, mixing ratio, and geopotential heights. The quantiles used are 0,1; 0,5; and 0,9. The method for climate projection used is the Quantile Matching Bootstrap (QMB) method, which is the quantile projection and bootstrap simulation. The results of the analysis conducted showed that the percentage of observation data that entered the 95% bootstrap prediction interval had reached around 75% and above. The rainfall and maximum temperature projection in NTT provides a high enough percentage for the months of the rainy season and the transition month from the dry season to the rainy season. Exceptions to the results of the maximum temperature projection at Fransiskus Xaverius Seda Meteorological Station which have the lowest results compared to other stations. In evaluating the results of the fitness value of the QMB method for climate projections in NTT, it is known that the QMB method is a good method because it can do climate projections for daily data. The QMB method in terms of monthly quantile projections has a small standard error value in the 0,1 quantile rainfall and 0,9 quantile rainfall, and the 0,1 quantile maximum temperature projection.

Key words: Climate projection, GCM, maximum temperature, precipitation, quantile matching bootstrap





## KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat, taufik, serta hidayah-Nya sehingga tesis ini dapat diselesaikan tepat pada waktunya. Tesis yang berjudul “Proyeksi Iklim di Nusa Tenggara Timur Menggunakan *Quantile Matching Bootstrap*” ini disusun untuk memenuhi salah satu persyaratan dalam rangka menyelesaikan pendidikan pada Program Magister Departemen Statistika FMKSD ITS.

Dalam penyusunan tesis ini, penulis banyak memperoleh bimbingan dan petunjuk, serta bantuan dan dukungan dari berbagai pihak baik dari institusi maupun luar institusi. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Dr.rer.pol. Heri Kuswanto, M.Si selaku Ketua Program Studi Pascasarjana Departemen Statistika ITS, dosen pembimbing, serta dosen wali yang telah meluangkan waktu, mengarahkan, membimbing dengan sabar, dan memberikan dukungan yang sangat besar bagi penulis dalam menyelesaikan tesis ini.
2. Ibu Dr. Kartika Fithriasari, M.Si selaku dosen pembimbing yang telah membimbing dan memberikan saran-saran untuk tesis ini.
3. Bapak Dr. Agus Suharsono, MS dan Ibu Santi Puteri Rahayu, M.Si, Ph.D selaku dosen penguji yang telah memberikan saran serta perbaikan dalam tesis ini.
4. Bapak Dr. Suhartono selaku ketua Departemen Statistika FMKSD ITS.
5. Seluruh dosen Departemen Statistika ITS yang telah memberikan ilmu selama perkuliahan dan karyawan yang telah membantu dalam penyelenggaraan perkuliahan.
6. Bapak, Mama, Ayah, Ibu, Suami, Kakak, dan Adik sebagai keluarga yang selalu memberikan dukungan selama ini.
7. Teman-teman seperjuangan S2 angkatan ganjil 2017 atas semangat yang diberikan pada penulis.
8. Keluarga Ma’had Ahlul Qur’an yang sudah membantu dan memberikan semangat pada penulis.

9. Semua pihak yang telah membantu penulis yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Pembuatan laporan tesis ini masih jauh dari kesempurnaan, besar harapan dari penulis untuk menerima kritik dan saran yang berguna untuk perbaikan di masa mendatang. Semoga laporan tesis ini bermanfaat.

Surabaya, Juni 2019

Penulis

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL .....	i
TITLE PAGE .....	iii
LEMBAR PENGESAHAN .....	v
ABSTRAK .....	vii
ABSTRACT .....	ix
KATA PENGANTAR .....	xi
DAFTAR ISI .....	xiii
DAFTAR GAMBAR .....	xv
DAFTAR TABEL .....	xxi
DAFTAR LAMPIRAN .....	xxiii
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Rumusan Masalah .....	8
1.3. Tujuan Penelitian .....	9
1.4. Manfaat Penelitian .....	9
1.5. Batasan Penelitian .....	10
BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....	11
2.1 <i>Preprocessing</i> Data .....	11
2.2 <i>General Circulation Model</i> (GCM) .....	12
2.3 <i>Principal Component Regression</i> (PCR) .....	14
2.4 <i>Quantile Matching Bootstrap</i> (QMB) .....	18
2.5 Perubahan Iklim .....	25
2.5.1 Curah Hujan .....	26
2.5.2 Suhu (Temperatur) .....	26
2.5.3 <i>Mean Daily Temperature</i> .....	27
2.5.4 Tekanan Permukaan Laut .....	27
2.5.5 Kelembaban Spesifik .....	28
2.5.6 Komponen Angin Zonal dan Meridional .....	28
2.5.7 <i>Mixing Ratio</i> .....	29

2.5.8 Ketinggian Geopotensial .....	29
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	31
3.1 Sumber Data.....	31
3.2 Variabel Penelitian .....	32
3.3 Kajian Aplikasi .....	34
BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN .....	41
4.1 <i>Preprocessing</i> Data Curah Hujan dan Suhu Maksimum.....	41
4.2 Statistika Deskriptif Curah Hujan dan Suhu Maksimum di Sembilan Stasiun Pengamatan.....	44
4.3 Kovariat Data Luaran GCM dan Agregat Data BMKG .....	49
4.4 Pemodelan pada Kuantil 0,1;0,5 dan 0,9 Menggunakan Regresi Linier .	53
4.4.1 Regresi Linier pada Stasiun Meteorologi Komodo.....	53
4.4.2 Regresi Linier pada Stasiun Meteorologi Frans Sales Lega .....	64
4.4.3 Regresi Linier pada Stasiun Meteorologi Fransiskus Xaverius Seda.....	72
4.4.4 Regresi Linier pada Stasiun Meteorologi Gewayantana .....	80
4.4.5 Regresi Linier pada Stasiun Meteorologi Mali .....	88
4.4.6 Regresi Linier pada Stasiun Meteorologi Umbu Mehang Kunda .....	95
4.4.7 Regresi Linier pada Stasiun Meteorologi Eltari.....	102
4.4.8 Regresi Linier pada Stasiun Klimatologi Lasiana.....	108
4.4.9 Regresi Linier pada Stasiun Meteorologi Tardamu .....	115
4.5 Hasil Proyeksi .....	122
4.6 Nilai <i>Standard Error</i> Metode Proyeksi Kuantil Iklim di Nusa Tenggara Timur.....	145
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	149
5.1 Kesimpulan .....	149
5.2 Saran.....	149
DAFTAR PUSTAKA .....	151
LAMPIRAN .....	157
BIODATA PENULIS .....	203

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Ilustrasi QM .....	20
Gambar 2.2 Fungsi QM untuk Curah Hujan dengan Pemetaan ke Distribusi Proyeksi .....	21
Gambar 2.3 QM untuk Curah Hujan dengan Pemetaan ke Distribusi yang Fit ....	22
Gambar 2.4 Ilustrasi Proses <i>Bootstrap</i> .....	23
Gambar 2.5 Ilustrasi Proses <i>Block Bootstrap</i> .....	24
Gambar 2.6 Identifikasi Perubahan Iklim Secara Statistik dari (a) Perubahan nilai (mean), (b) Perubahan variansi, dan (c) Perubahan nilai rerata dan variansi .....	25
Gambar 3.1 Persebaran Stasiun Meteorologi/Klimatologi di NTT .....	31
Gambar 3.2 Diagram Alir Metode QMB .....	38
Gambar 4.1 Pola Curah Hujan Harian di Stasiun Meteorologi Komodo .....	45
Gambar 4.2 <i>Time Series Plot</i> Bulanan Curah Hujan di Stasiun Meteorologi Komodo .....	46
Gambar 4.3 Pola Suhu Maksimum Harian di Stasiun Meteorologi Komodo.....	48
Gambar 4.4 <i>Time Series Plot</i> Bulanan Suhu Maksimum di Stasiun Meteorologi Komodo .....	49
Gambar 4.5 <i>Correlogram</i> untuk Variabel Kovariat GCM.....	50
Gambar 4.6 <i>Time Series Plot</i> Data Kuantil Curah Hujan Bulanan di Stasiun Meteorologi Komodo .....	51
Gambar 4.7 <i>Time Series Plot</i> Data Kuantil Suhu Maksimum Bulanan di Stasiun Meteorologi Komodo .....	52
Gambar 4.8 <i>Scatterplot</i> Variabel Respon (Curah Hujan Kuantil 0,1) dengan Variabel Kovariat (Prediktor) Stasiun Meteorologi Komodo .....	55
Gambar 4.9 <i>Correlogram</i> antara Variabel Curah Hujan Kuantil 0,1 dengan Variabel Kovariat untuk Stasiun Meteorologi Komodo.....	56
Gambar 4.10 <i>Correlogram</i> antara Variabel Curah Hujan Kuantil 0,5 dengan Variabel Kovariatnya untuk Stasiun Meteorologi Komodo .....	57

Gambar 4.11 <i>Correlogram</i> antara Variabel Curah Hujan Kuantil 0,9 dengan Variabel Kovariatnya untuk Stasiun Meteorologi Komodo .....	57
Gambar 4.12 <i>Scatterplot</i> Variabel Respon (Suhu Maksimum Kuantil 0,1) dengan Variabel Kovariat (Prediktor) Stasiun Meteorologi Komodo .....	60
Gambar 4.13 <i>Correlogram</i> antara Variabel Suhu Maksimum dengan Variabel Kovariatnya untuk Stasiun Meteorologi Komodo (a) Suhu Maksimum 0,1 (b) Suhu Maksimum 0,5 (c) Suhu Maksimum 0,9..	61
Gambar 4.14 <i>Scatterplot</i> Variabel Respon (Suhu Maksimum Kuantil 0,1) dengan Variabel Kovariat (Prediktor) Stasiun Meteorologi Frans Sales Lega .....	66
Gambar 4.15 <i>Correlogram</i> antara Variabel Curah Hujan Kuantil 0,1 dengan Variabel Kovariat untuk Stasiun Meteorologi Frans.....	67
Gambar 4.16 <i>Correlogram</i> antara Variabel Curah Hujan dengan Variabel Kovariat untuk Stasiun Meteorologi Frans (a) Curah Hujan 0,5 (b) Curah Hujan 0,9.....	67
Gambar 4.17 <i>Scatterplot</i> Variabel Respon (Suhu Maksimum Kuantil 0,1) dengan Variabel Kovariat (Prediktor) Stasiun Meteorologi Frans Sales Lega .....	70
Gambar 4.18 <i>Correlogram</i> antara Variabel Suhu Maksimum dengan Variabel Kovariat untuk Stasiun Meteorologi Frans Sales Lega (a) Suhu Maksimum 0,1 (b) Suhu Maksimum 0,5 (c) Suhu Maksimum 0,9 (lanjutan).....	71
Gambar 4.19 <i>Scatterplot</i> Variabel Respon (Curah Hujan Kuantil 0,1) dengan Variabel Kovariat (Prediktor) Stasiun Meteorologi Fransiskus.....	74
Gambar 4.20 <i>Scatterplot</i> Variabel Respon (Suhu Maksimum Kuantil 0,1) dengan Variabel Kovariat (Prediktor) Stasiun Meteorologi Fransiskus .....	77
Gambar 4.21 <i>Correlogram</i> Variabel Respon dengan Variabel Kovariat untuk Stasiun Meteorologi Fransiskus .....	78
Gambar 4. 22 <i>Scatterplot</i> Variabel Respon (Curah Hujan Kuantil 0,1) dengan Variabel Kovariat (Prediktor) Stasiun Meteorologi Gewayantana ..	82

Gambar 4.23 <i>Correlogram</i> antara Variabel Curah Hujan dengan Variabel Kovariat untuk Stasiun Meteorologi Gewayantana .....	82
Gambar 4.24 <i>Scatterplot</i> Variabel Respon (Suhu Maksimum Kuantil 0,1) dengan Variabel Kovariat (Prediktor) Stasiun Meteorologi Gewayantana.....	85
Gambar 4.25 <i>Correlogram</i> antara Variabel Suhu Maksimum dengan Variabel Kovariat untuk Stasiun Meteorologi Gewayantana .....	86
Gambar 4.26 <i>Scatterplot</i> Variabel Respon (Curah Hujan Kuantil 0,1) dengan Variabel Kovariat (Prediktor) Stasiun Meteorologi Mali.....	90
Gambar 4.27 <i>Scatterplot</i> Variabel Respon (Suhu Maksimum Kuantil 0,1) dengan Variabel Kovariat (Prediktor) Stasiun Meteorologi Mali....	92
Gambar 4.28 <i>Correlogram</i> antara Variabel Respon dengan Variabel Kovariat untuk Stasiun Meteorologi Mali .....	93
Gambar 4.29 <i>Scatterplot</i> Variabel Respon (Curah hujan Kuantil 0,1) dengan Variabel Kovariat (Prediktor) Stasiun Meteorologi Umbu .....	97
Gambar 4.30 <i>Scatterplot</i> Variabel Respon (Suhu Maksimum Kuantil 0,1) dengan Variabel Kovariat (Prediktor) Stasiun Meteorologi Umbu .	99
Gambar 4.31 <i>Correlogram</i> antara Variabel Respon dengan Variabel Kovariat untuk Stasiun Meteorologi Umbu .....	100
Gambar 4.32 <i>Scatterplot</i> Variabel Respon (Curah Hujan Kuantil 0,1) dengan Variabel Kovariat (Prediktor) Stasiun Meteorologi Eltari .....	103
Gambar 4.33 <i>Scatterplot</i> Variabel Respon (Suhu Maksimum Kuantil 0,1) dengan Variabel Kovariat (Prediktor) Stasiun Meteorologi Eltari	105
Gambar 4.34 <i>Correlogram</i> antara Variabel Respon dengan Variabel Kovariat untuk Stasiun Meteorologi Eltari .....	107
Gambar 4.35 <i>Scatterplot</i> Variabel Respon (Curah Hujan Kuantil 0,1) dengan Variabel Kovariat (Prediktor) Stasiun Klimatologi Lasiana .....	110
Gambar 4.36 <i>Scatterplot</i> Variabel Respon (Suhu Maksimum Kuantil 0,1) dengan Variabel Kovariat (Prediktor) Stasiun Klimatologi Lasiana.....	112
Gambar 4.37 <i>Correlogram</i> antara Variabel Respon dengan Variabel Kovariat untuk Stasiun Klimatologi Lasiana .....	113

Gambar 4.38 <i>Scatterplot</i> Variabel Respon (Curah Hujan Kuantil 0,1) dengan Variabel Kovariat (Prediktor) Stasiun Meteorologi Tardamu .....	117
Gambar 4.39 <i>Correlogram</i> antara Variabel Curah Hujan Kuantil 0,1 dengan Variabel Kovariat untuk Stasiun Meteorologi Tardamu .....	118
Gambar 4.40 <i>Scatterplot</i> Variabel Respon (Suhu Maksimum Kuantil 0,1) dengan Variabel Kovariat (Prediktor) Stasiun Meteorologi Tardamu .....	120
Gambar 4.41 <i>Correlogram</i> antara Variabel Suhu Maksimum Kuantil 0,1 dengan Variabel Kovariat untuk Stasiun Meteorologi Tardamu ...	121
Gambar 4.42 <i>Plot</i> Nilai Kuantil Observasi dan Prediksi Curah Hujan Stasiun Meteorologi Komodo Periode Dasar (a) Kuantil 0,1 (b) Kuantil 0,5 (c) Kuantil 0,9.....	123
Gambar 4.43 <i>Plot</i> Nilai Kuantil Observasi dan Prediksi Suhu Maksimum Stasiun Meteorologi Komodo (a) Kuantil 0,1 (b) Kuantil 0,5 (c) Kuantil 0,9.....	124
Gambar 4.44 <i>Plot</i> Nilai Kuantil Observasi dan Prediksi Stasiun Meteorologi Komodo (a) Curah Hujan (b) Suhu Maksimum.....	126
Gambar 4.45 <i>Plot</i> Nilai Kuantil Observasi dan Prediksi Stasiun Meteorologi Frans Sales Lega (a) Curah Hujan (b) Suhu Maksimum.....	127
Gambar 4.46 <i>Plot</i> Nilai Kuantil Observasi dan Prediksi Stasiun Meteorologi Fransiskus Xaveirus Seda (a) Curah Hujan (b) Suhu Maksimum .	128
Gambar 4.47 <i>Plot</i> Nilai Kuantil Observasi dan Prediksi Stasiun Meteorologi Gewayantana (a) Curah Hujan (b) Suhu Maksimum .....	129
Gambar 4.48 <i>Plot</i> Nilai Kuantil Observasi dan Prediksi Stasiun Meteorologi Mali (a) Curah Hujan (b) Suhu Maksimum .....	131
Gambar 4.49 <i>Plot</i> Nilai Kuantil Observasi dan Prediksi Stasiun Meteorologi Umbu Mehang Kunda (a) Curah Hujan (b) Suhu Maksimum.....	132
Gambar 4.50 <i>Plot</i> Nilai Kuantil Observasi dan Prediksi Stasiun Meteorologi Eltari (a) Curah Hujan (b) Suhu Maksimum.....	133
Gambar 4.51 <i>Plot</i> Nilai Kuantil Observasi dan Prediksi Stasiun Klimatologi Lasiana (a) Curah Hujan (b) Suhu Maksimum .....	134



Gambar 4.52 <i>Plot</i> Nilai Kuantil Observasi dan Prediksi Stasiun Meteorologi Tardamu (a) Curah Hujan (b) Suhu Maksimum .....	136
Gambar 4.53 Grafik Persentase Hasil Proyeksi Curah Hujan di NTT .....	140
Gambar 4.54 Grafik Rata-rata Persentase Hasil Proyeksi Curah Hujan Berdasarkan Stasiun Pengamatan .....	141
Gambar 4.55 Grafik Persentase Hasil Proyeksi Curah Hujan Berdasarkan Musim.....	141
Gambar 4.56 Grafik Persentase Hasil Proyeksi Suhu Maksimum di NTT .....	143
Gambar 4.57 Grafik Rata-rata Persentase Hasil Proyeksi Suhu Maksimum di Berdasarkan Stasiun Pengamatan .....	143
Gambar 4.58 Grafik Persentase Hasil Proyeksi Suhu Maksimum Berdasarkan Musim.....	144



## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Skenario RCP .....	13
Tabel 2.2 Kriteria Intensitas Curah Hujan di Indonesia .....	26
Tabel 3.1 Struktur Data Variabel Curah Hujan dan Suhu Maksimum Pengamatan Lapangan BMKG .....	32
Tabel 3.2 Struktur Data GCM Variabel <i>Mean Daily Temperature</i> dari RCP 4.5 .....	33
Tabel 3.3 Struktur Data GCM Variabel Tekanan Permukaan Laut dari RCP 4.5 .....	33
Tabel 3.4 Struktur Data GCM Variabel Kelembaban Spesifik dari RCP 4.5 .....	33
Tabel 3.5 Struktur Data GCM Variabel Komponen Angin dari RCP 4.5 .....	34
Tabel 3.6 Struktur Data GCM Variabel <i>Mixing Ratio</i> dari RCP 4.5 .....	34
Tabel 3.7 Struktur Data GCM Variabel Ketinggian Geopotensial dari RCP 4.5 .....	34
Tabel 4.1 Jumlah Data <i>Missing</i> pada Masing-Masing Stasiun .....	41
Tabel 4.2 Data Curah Hujan Harian di Stasiun Meteorologi Umu, Lasiana, Eltari, dan Tardamu Tanggal 4-10 Januari 2006 .....	42
Tabel 4.3 Nilai Rata-Rata, Standar Deviasi, dan Kisaran Tinggi Curah Hujan di Sembilan Stasiun Pengamatan Tahun 2006-2018 .....	44
Tabel 4.4 Nilai Rata-Rata, Standar Deviasi, dan Kisaran Suhu Maksimum di Sembilan Stasiun Pengamatan Tahun 2006-2018 .....	47
Tabel 4.5 Data Kovariat untuk Wilayah Nusa Tenggara Timur .....	49
Tabel 4.6 Nilai Kuantil dari Agregat Data Curah Hujan dan Suhu Maksimum Stasiun Meteorologi Komodo .....	51
Tabel 4.7 Matriks Korelasi antara Respon Curah Hujan Kuantil 0,1 dengan Variabel Kovariat <i>Mean Daily Temperature</i> .....	56
Tabel 4.8 Persamaan Regresi Stasiun Meteorologi Komodo .....	62
Tabel 4.9 Persamaan Regresi Stasiun Meteorologi Frans Sales Lega .....	71
Tabel 4.10 Persamaan Regresi Stasiun Meteorologi Fransiskus Xaverius Seda .....	79
Tabel 4.11 Persamaan Regresi Stasiun Meteorologi Gewayantana .....	87
Tabel 4.12 Persamaan Regresi Stasiun Meteorologi Mali .....	94

Tabel 4.13 Persamaan Regresi Stasiun Meteorologi Umbu Mehang Kunda .....	101
Tabel 4.14 Persamaan Regresi Stasiun Meteorologi Eltari .....	107
Tabel 4.15 Persamaan Regresi Stasiun Klimatologi Lasiana .....	114
Tabel 4.16 Persamaan Regresi Stasiun Meteorologi Tardamu .....	122
Tabel 4.17 Nilai Kuantil Periode Validasi di Stasiun Meteorologi Komodo.....	125
Tabel 4.18 Data <i>Generate</i> Curah Hujan Januari 2006 di Stasiun Meteorologi Komodo.....	137
Tabel 4.19 Curah Hujan Periode Dasar Januari 2006 Sebelum Diurutkan Berdasarkan Kuantil Bulanan.....	137
Tabel 4.20 Curah Hujan Periode Dasar Januari 2006 Setelah Diurutkan Berdasarkan Kuantil Bulanan.....	138
Tabel 4.21 <i>Quantile Matching</i> Curah Hujan Periode Dasar Tahun 2006 .....	138
Tabel 4.22 Contoh Nilai Proyeksi ( $\tilde{Y}_{m_f}$ ) Curah Hujan Berdasarkan Periode Dasar Januari 2006 .....	139
Tabel 4.23 Persentase Data Observasi Curah Hujan yang Masuk ke 95% <i>Bootstrap Prediction Interval</i> .....	139
Tabel 4.24 Persentase Data Observasi Suhu Maksimum yang Masuk ke 95% <i>Bootstrap Prediction Interval</i> .....	142
Tabel 4.25 Nilai <i>Standard Error</i> Metode Regresi dan QMB untuk Proyeksi Kuantil Curah Hujan .....	145
Tabel 4.26 Nilai <i>Standard Error</i> Metode Regresi dan QMB untuk Proyeksi Kuantil Suhu Maksimum .....	146

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Data Curah Hujan (mm) Sembilan Stasiun Pengamatan di NTT Tahun 2006-2018 .....	157
Lampiran 2. Data Suhu Maksimum (Celcius) Sembilan Stasiun Pengamatan di NTT Tahun 2006-2018.....	158
Lampiran 3. Pola Curah Hujan Harian di Stasiun Pengamatan Tahun 2006-2018 ...	159
Lampiran 4. <i>Time Series Plot</i> Bulanan Curah Hujan .....	162
Lampiran 5. Pola Suhu Maksimum Harian di Stasiun Pengamatan Tahun 2006- 2018 .....	164
Lampiran 6. <i>Time Series Plot</i> Bulanan Suhu Maksimum.....	167
Lampiran 7. Agregat Data Curah Hujan dan Suhu Maksimum .....	169
Lampiran 8. <i>Time Series Plot</i> Data Kuantil Curah Hujan Bulanan.....	173
Lampiran 9. <i>Time Series Plot</i> Data Kuantil Suhu Maksimum Bulanan .....	175
Lampiran 10. <i>Plot</i> Nilai Kuantil Observasi dan Prediksi Curah Hujan Periode Dasar.....	177
Lampiran 11. <i>Plot</i> Nilai Kuantil Observasi dan Prediksi Suhu Maksimum Periode Dasar.....	185
Lampiran 12. Nilai Kuantil Periode Mendatang .....	193
Lampiran 13. <i>Syntax</i> .....	199
Lampiran 14. Surat Pernyataan Data Tesis.....	201



# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1. Latar Belakang**

Berubahnya kondisi fisik atmosfer bumi antara lain suhu dan distribusi curah hujan membawa dampak luas terhadap berbagai sektor kehidupan manusia. Perubahan fisik ini tidak terjadi hanya sesaat tetapi dalam kurun waktu yang panjang. LAPAN (2002) mendefinisikan perubahan iklim adalah perubahan rata-rata salah satu atau lebih elemen cuaca pada suatu daerah tertentu. Perubahan iklim berdampak pada pergeseran musim, seperti semakin singkatnya musim hujan namun dengan curah hujan yang lebih besar (yang mengakibatkan banjir) dan musim kemarau semakin panjang yang berdampak kekeringan (Radini, 2015). Kondisi suhu udara yang terasa semakin meningkat di hampir semua tempat serta banyaknya fenomena kondisi cuaca yang seringkali ekstrem dapat dijadikan indikator nyata bahwa rata-rata kondisi cuaca jangka panjang atau iklim bumi telah berubah (Apip, 2014). Sektor yang akan menerima dampak perubahan iklim antara lain adalah sektor kehutanan dan pertanian. Hal ini disebabkan karena kedua sektor tersebut sangat dipengaruhi oleh curah hujan (Naylor, Battisti, Vimont, Falcon, dan Burke, 2007).

Suatu lembaga pengkajian yang dibentuk oleh WMO (*World Meteorological Organization*) dan UNEP (*United Nations Enviromental Program*) pada tahun 1988, yakni IPCC (*Intergovernmental Panel on Climate Change*) menyatakan bahwa isu perubahan iklim global telah memengaruhi opini sebagian besar masyarakat dunia dan mulai mewarnai berbagai kebijakan pembangunan di banyak negara, termasuk Indonesia. Laporan kajian ke-5 (*Assessment Report, AR5*) dari IPCC (2007) mempublikasikan bahwa suhu bumi meningkat sekitar 0,8°C selama satu abad terakhir dan dalam tiga dekade terakhir ini kondisinya lebih hangat daripada dekade sebelumnya. Peningkatan suhu tersebut cenderung menurunkan curah hujan di kawasan benua maritim, terutama wilayah Indonesia bagian Selatan dan Timur (Las, Estiningtyas, dan Surmaini, 2017).

Menurut Indonesia *Food Security Monitoring Bulletin* (2015), sepuluh kabupaten di Provinsi NTT menjadi prioritas pertama dalam klasifikasi kabupaten yang mengalami dampak kekeringan dari perubahan iklim yang terjadi di Indonesia. Kabupaten prioritas pertama merupakan kabupaten yang tidak hujan selama lebih dari 60 hari dan tingkat kemiskinannya di atas 20%. Selain itu, Badan Perencanaan dan Pembangunan Daerah Nusa Tenggara Timur (2016) menyebutkan bahwa Provinsi Nusa Tenggara Timur (NTT) merupakan salah satu daerah di Indonesia yang rentan terhadap perubahan iklim. Selama El Nino, awal musim hujan sering tertunda dan jumlah curah hujan berkurang. Kondisi iklim di NTT terdiri dari sebagian kering dan basah, yakni antara bulan basah dan bulan kering sangat berdekatan. Ada beberapa daerah yang curah hujan sangat memadai sepanjang tahun sehingga prospek pengembangan pertanian untuk lahan persawahan maupun untuk komoditas pertanian selain padi cukup menjanjikan (kopi, cengkeh, panili, coklat, kemiri, dan lain-lain), namun sebagian besar daerah lain di NTT iklimnya relatif kering. NTT juga harus bertahan dengan kondisi cuaca ekstrem setiap musim (Kaho, 2018). Selain musim, lahan-lahan di NTT juga masih banyak yang masuk ke dalam kategori kritis sampai sangat kritis. Selain itu, Putra (2017) menyatakan bahwa deforestasi (proses penghilangan hutan alam dengan cara penebangan untuk diambil kayunya atau mengubah peruntukan lahan hutan menjadi non-hutan) dan lahan kritis mencapai hampir separuh dari kawasan hutan di NTT sehingga ini menjadi peringatan bagi masyarakat NTT untuk lebih peduli terhadap keberadaan hutan di sekitarnya. Berdasarkan data pengamatan curah hujan yang diolah dari 9 stasiun Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG) yang tersebar di NTT, tren (kecenderungan) kekuatan kekeringan akibat perubahan iklim meningkat mengikuti sebaran dari masing-masing durasi dan kekuatan kekeringan. Banyaknya kekeringan yang telah terjadi di Nusa Tenggara Timur (NTT) pun umumnya sekitar 12-15% selama periode 17 tahun (1999-2015) (Kuswanto, Fithriasari, dan Inas, 2018).

Kekeringan menjadi salah satu dampak dari perubahan iklim yang terjadi. Dinas Pengelolaan Sumber Daya Air (PSDA) membagi dua kategori kekeringan yaitu kekeringan alamiah dan kekeringan yang diakibatkan perbuatan



manusia (Handayani, 2003). Adapun kekeringan alamiah salah satunya adalah kekeringan meteorologis berkaitan dengan tingkat curah hujan di bawah normal dalam satu musim. Pengukuran kekeringan meteorologis merupakan indikasi pertama adanya kekeringan dan variabel curah hujan dapat dipertimbangkan sebagai pembawa sinyal kekeringan (Changnon, 1987). Selain curah hujan, menurut Balai Penelitian Lingkungan Pertanian (2016), kenaikan suhu juga mengakibatkan beberapa dampak negatif. Kenaikan suhu akan berpengaruh terhadap siklus air, yakni akan mengubah evaporasi, transpirasi, kelembaban tanah, dan curah hujan. Hal tersebut mengakibatkan suhu yang lebih tinggi akan menyebabkan curah hujan yang lebat, tetapi dalam periode waktu lebih pendek dan menimbulkan kemarau panjang. Musim kemarau yang lebih panjang akan menimbulkan kekeringan. Dampak anomali iklim khususnya kekeringan sangat beragam tergantung pada intensitas El-Nino (kuat, sedang, lemah), serta wilayah yang dilandanya. Penelitian sebelumnya terkait curah hujan dan suhu telah dilakukan oleh Palmer (1965) memanfaatkan data iklim berupa curah hujan, suhu udara, dan kelengasan tanah sebagai peubah untuk menduga tingkat kekeringan di suatu wilayah yang dinyatakan sebagai Indeks Palmer.

Proyeksi iklim diperlukan untuk mengetahui kondisi iklim di masa yang akan datang berdasarkan skenario iklim yang ditetapkan. IPCC telah melakukan kajian skenario iklim untuk mengetahui proyeksi perubahan iklim global dan regional sampai tahun 2100 yang disebut sebagai skenario perubahan iklim generasi terbaru yang dikenal dengan istilah *Representative Concentration Pathways/RCP* (Moss, Edmonds, Hibbard, Manning, Rose, Vuuren, Carter, Emori, Kainuma, Kram, Meel, Mitchell, Nakicevonic, Raihi, Smith, Stouffer, Thomson, Weyant, dan Wilbanks, 2010). Proyeksi iklim berkaitan erat dengan perubahan iklim (*climate change*) dan merupakan langkah awal dalam strategi adaptasi perubahan iklim (Pratopo, 2012). Analisis dan proyeksi perubahan iklim perlu dilakukan secermat mungkin karena isu ini terkait dengan aspek ketidakpastian yang tinggi, terutama menyangkut hasil keluaran (*output*) model iklim global (Schneider, 2002). Proyeksi curah hujan (sebagai salah satu indikator perubahan iklim) di NTT pernah dilakukan oleh Apriyana, Susanti, Suciantini, Ramadhani, dan Surmaini (2016). Proyeksi yang dilakukan berdasarkan skenario

SRESA2 menunjukkan bahwa pada tahun 2025 terjadi penurunan curah hujan di Kabupaten Sumba Barat Daya, Sumba Tengah, dan Sumba Barat. Selain skenario SRESA2, penelitian tersebut juga menggunakan skenario SRESB1 yang memberikan hasil tidak ada kabupaten di NTT yang mengalami penurunan curah hujan pada tahun 2050.

Proyeksi iklim menggunakan *General Circulation Model* (GCM) berguna untuk mengetahui dan memahami sistem iklim. GCM merupakan alat prediksi utama iklim dan cuaca secara numerik dan sebagai sumber informasi primer untuk menilai pengaruh perubahan iklim (Wigena, 2006). Kemampuan GCM adalah mensimulasikan iklim pada masa lampau, sekarang, dan memprediksi perubahan-perubahan iklim di masa mendatang. Informasi GCM masih berskala global dan beresolusi terlalu rendah untuk memprediksi iklim lokal, sehingga untuk memperoleh informasi skala lokal atau regional digunakan teknik *statistical downscaling*. Pada penelitian ini digunakan data GCM meliputi variabel *mean daily temperature*, tekanan permukaan laut, komponen angin, kelembaban spesifik, *mixing ratio*, dan ketinggian geopotensial. Penelitian terkait penggunaan data GCM tersebut telah dikembangkan antara lain menggunakan metode *Principal Component Regression* (PCR) dan regresi ROBPCA (Khotimah, 2009). Penelitian tersebut dilakukan pada data curah hujan di Kabupaten Indramayu dan diperoleh kesimpulan bahwa tidak ada perbedaan yang signifikan antara hasil validasi model *statistical downscaling* menggunakan metode PCR dan regresi ROBPCA, namun secara umum metode PCR cenderung menghasilkan dugaan yang lebih baik dibanding dengan regresi ROBPCA.

*Statistical downscaling* (SD) adalah proses *downscaling* yang bersifat statik dimana data pada *grid-grid* berskala besar dalam periode dan jangka waktu tertentu digunakan sebagai dasar untuk menentukan data pada *grid* yang berskala kecil (Wigena, 2006). Teknik SD digunakan untuk pemanfaatan kajian iklim, salah satu kegunaannya yaitu untuk memprediksi curah hujan pada skala lokal berdasarkan data GCM berskala global. Teknik SD juga dapat diterapkan untuk penelitian terkait perubahan iklim sebagaimana yang dilakukan oleh Kim, Chang, Baker, Wilks, dan Gates (1984) dengan menggunakan variabel suhu dan curah hujan. Salah satu keuntungan utama dari teknik SD adalah komputasinya lebih

mudah dan dapat dengan mudah diaplikasikan pada luaran berbagai simulasi dan eksperimen berbasis GCM (Sutikno, 2008). Efektivitas dari metode *downscaling* ini dapat diukur terhadap empat kriteria, yakni: konsistensi dengan data dasar yang ada, konsistensi dengan data iklim skala yang lebih luas yang digunakan untuk menghasilkan proyeksi, tingkat transparansi dan pengulangan, serta kelogisan dari hasil yang didapatkan.

Pendekatan *statistical downscaling* memiliki kelemahan terkait efektivitasnya, yakni gagal memenuhi satu atau lebih dari empat kriteria efektivitas yang ada sehingga dipandang tidak efektif. Kokic, Jin, dan Crimp (2013) mempunyai alternatif pendekatan lain yang dapat digunakan untuk mengatasi masalah tersebut yaitu dengan menggunakan teknik berdasarkan proyeksi kuantil dan simulasi *bootstrap* dalam hal melakukan proyeksi untuk perubahan iklim. Kesimpulan yang didapatkan dari penelitian tersebut adalah proyeksi skala titik yang didapatkan menghasilkan nilai yang lebih efektif untuk pendekatan di wilayah Pasifik. Simulasi *bootstrap* ketika dikombinasikan dengan proyeksi kuantil menghasilkan nilai simulasi yang konsisten dengan karakteristik data yang diamati (Elfron, 1982). Teknik ini terbagi menjadi tiga langkah: (1) Beberapa kuantil dari variabel iklim pada skala waktu bulanan atau musiman diproyeksikan ke titik waktu masa depan dengan menggunakan model statistik dan kovariat berskala besar yang berasal dari GCM atau RCM; (2) Pencocokan kuantil digunakan untuk memproyeksikan data harian (Li, Sheffield, dan Wood, 2010); dan (3) *Block bootstrap* dikoordinasikan di seluruh variabel dan lokasi untuk mensimulasikan data iklim harian. Kokic dkk. (2013) menyebut metode ini dengan metode *quantile matching bootstrap* (QMB).

Penerapan dari metode QMB tersebut juga dilakukan oleh Crimp, Jin, Kokic, Bakar, dan Nicholls (2018) yakni penelitian dengan mengimplementasikan pendekatan QM dan *spatio-temporal* dengan QM (*spTimerQM*) untuk meningkatkan akurasi dari simulasi dan proyeksi suhu minimum regional. Metode QM yang digunakan yakni dengan mencocokkan fungsi kepadatan probabilitas (PDF) dari periode dasar ke periode waktu mendatang. Kemudian menyesuaikan CDF untuk periode proyeksi berdasarkan perbedaan antara CDF dari model dan observasi untuk periode dasar (*training*). Kesimpulan dari penelitian tersebut

adalah baik pendekatan QM maupun *spTimerQM* menghasilkan nilai statistik untuk masa mendatang yang sudah baik berdasarkan data observasi (historis). Selain itu, *spTimerQM* menghasilkan nilai korelasi yang lebih tinggi daripada metode QM. Penerapan *spatio-temporal* sebelumnya juga pernah dilakukan oleh Bakar dan Kokic (2017) untuk interpretasi parameter kovariat dan untuk prediksi yang reliabel. Model yang digunakan pada penelitian tersebut adalah model Gaussian dan digunakan pendekatan hierarki Bayesian untuk inferensi dan prediksi dengan algoritma Markov Chain Monte Carlo (MCMC). Model tersebut untuk data referensi titik, namun juga dapat digunakan untuk data spasial. Terdapat dua macam prediksi yang dihasilkan dari model *spatio-temporal*, yakni: prediksi untuk lokasi teramati dan prediksi ke titik mendatang.

*Quantile matching* (QM) oleh Li dkk. (2010) digunakan untuk proyeksi data harian dengan kemungkinan terjadi perubahan bentuk distribusi untuk data harian di masa mendatang. Selain itu, pada fungsi QM juga ditambahkan *error* terkoreksi pada nilai proyeksi iklim mendatang. Nilai koreksi dihitung menggunakan kuantil observasi yang dimasukkan ke model fungsi QM untuk periode bulan dasar. Hasil dari penelitian tersebut adalah hasil *bootstrap* metode QM dilakukan sebanyak 30 kali untuk meniru kondisi iklim berbeda yang mungkin terjadi dan hasilnya cukup sesuai untuk diterapkan pada abad ke-20, baik untuk curah hujan maupun suhu. Selanjutnya, penelitian terkait QM, yakni tentang *equidistance quantile matching* (EQM) untuk memperbarui kurva IDF (*Intensity-Duration-Frequency*) berdasarkan perubahan iklim (Srivastav, Schardong, dan Simonovic 2014). Pada penelitian tersebut terdapat dua tahap utama EQM, yakni: (1) *spatial downscaling* dari nilai curah hujan harian maksimum pada data GCM dan (2) *temporal downscaling* atau deskripsi eksplisit dari perubahan data GCM antara periode dasar dengan periode mendatang. Metode ini sederhana dan efisien secara komputasi. Metode QM yang digunakan pada penelitian ini pun dapat menangkap hubungan statistik antara GCM maksimum dan observasi harian maksimum. Selain keunggulan dari hasil penelitian yang didapatkan, terdapat hal-hal yang belum dikembangkan dari penelitian tersebut misalnya menguji efisiensi metode QM untuk model GCM lainnya atau penerapan metode QM untuk data RCM. Jin, Kokic, Hopwood,

Ricketts, dan Crimp (2015) menggunakan QM yang merupakan bagian dari 2 *downscaling* dimana salah satunya adalah perubahan faktor. QM menggunakan regresi untuk kuantil bulanan dari data harian untuk memprediksi kuantil pada periode mendatang sehingga dapat mensimulasikan iklim harian. Metode QM tersebut terdiri atas *quantile forecast bias correction*, autokorelasi, dan korelasi antar variabel. Penelitian ini dapat menangani *missing data* pada pengamatan historis dengan memodelkan 12 bulan dan 3 kuantil secara bersamaan. Penelitian ini juga menggunakan model *multivariate Linear Mixed Effect State Space* (LMESS) yang dapat meningkatkan akurasi *hindcast* dan mempertahankan persebaran kuantil, namun hasilnya tidak signifikan secara statistik sehingga disarankan untuk regresi linier (menggunakan semua data 12 bulan). Penelitian lainnya terkait pendekatan *multivariate QM nesting* untuk menghilangkan bias pada keluaran data GCM (Mehrotra dan Sharma, 2016). Pendekatan tersebut merupakan sebuah alternatif QM untuk koreksi bias dengan koreksi bias dilakukan pada skala waktu tertentu (misalnya harian). Penelitian juga dilakukan dengan pendekatan *multivariate recursive quantile nesting bias correction* (MRQNBC) yang dapat mengoreksi bias pada skala waktu musiman dan tahunan. Hasil dari penelitian ini adalah bias dari prediktor (atmosfer) memberikan representasi yang lebih baik dari variabilitas jangka panjang dalam simulasi *downscaled*.

Pada metode QMB, *block bootstrap* dilakukan dengan memerhatikan antarvariabel dan lokasi, namun ada juga metode kedua yakni QMB yang hanya melakukan *block bootstrap* dengan memerhatikan antarvariabel sehingga untuk lokasi pengamatan adalah independen. Kokic dkk. (2013) juga menyebutkan bahwa terdapat metode ketiga yakni QMB dengan simulasi *bootstrap* yang digunakan independen antara lokasi dan variabelnya. *Block bootstrap* sebagai metode nonparametrik untuk simulasi *time series* dimana dilakukan pengambilan acak sampel blok dari observasi (Kunsch, 1989). Pada penelitian tersebut digunakan *coordinated cross variable* dan lokasi untuk mensimulasikan data iklim harian sehingga didapatkan hasil yang akurat dalam merepresentasikan spasial dan *cross-variable*. Radovanov (2014) mendeskripsikan 4 macam perbedaan metode *block bootstrap*. Keempat metode tersebut adalah non-

*overlapping block bootstrap*, *overlapping block bootstrap*, *stationary block bootstrap* dan *subsampling*. Berdasarkan penelitian pada makalah tersebut didapatkan kesimpulan bahwa *moving block* dan *stationary block* direkomendasikan untuk kasus struktur dinamik pada *time series*. *Block bootstrap* memberikan hasil yang reliabel untuk kasus pemodelan dan peramalan. Secara keseluruhan, *moving block bootstrap* menunjukkan eror yang rendah untuk estimasi dan prediksi baik untuk *in-sample* maupun *out-sample*. Penelitian lain terkait *block bootstrap* oleh Dudek (2018) adalah penggunaan dua metode *bootstrap*, yaitu *extension of the usual moving block bootstrap* (EMBB) dan *generalized seasonal block bootstrap* (GSBB) untuk mempelajari karakteristik periodik *time series*. EMBB digunakan karena memberikan hasil yang konsisten untuk kasus penelitian jika dibandingkan dengan *moving block bootstrap*. Begitupun dengan GSBB yang memberikan hasil konsisten untuk varian musiman.

Hasil proyeksi iklim menggunakan data GCM dengan metode QMB dapat dibandingkan berdasarkan proporsi dari banyaknya nilai observasi lapangan yang masuk ke interval prediksi *bootstrap* untuk masing-masing data. Proyeksi iklim menggunakan data GCM dengan metode QMB sebagaimana dijabarkan sebelumnya belum pernah dilakukan di Provinsi NTT. Oleh karena itu, kajian yang dibahas dalam penelitian ini yakni mengenai proyeksi iklim di Provinsi NTT dengan menggunakan metode QMB.

## **1.2. Rumusan Masalah**

Perubahan iklim membawa dampak luas terhadap berbagai sektor kehidupan manusia. Oleh karena itu, diperlukan proyeksi iklim untuk mengetahui kondisi iklim di masa yang akan datang. Proyeksi iklim dapat dibentuk dengan menggunakan beberapa variabel iklim. Data BMKG sebagai salah satu sumber data yang dapat digunakan, namun data BMKG mempunyai keterbatasan dalam ketersediaan data, baik dari segi panjangnya periode waktu maupun jenis variabel iklimnya. Padahal dalam melakukan proyeksi iklim, diperlukan data yang relatif panjang periode waktunya dengan variabel iklim yang beragam. Untuk mengatasi

kekurangan data BMKG, maka dapat digunakan data GCM yang mempunyai periode waktu yang cukup panjang dan juga mempunyai simulasi data untuk beberapa periode mendatang. Variabel iklim data GCM pun jenisnya lebih banyak dan beragam. Dalam melakukan proyeksi iklim, penelitian terdahulu di NTT menggunakan pendekatan *statistical downscaling*. *Statistical downscaling* memiliki kelemahan terkait efektivitasnya, yakni gagal memenuhi satu atau lebih dari empat kriteria efektivitas yang ada sehingga dipandang tidak efektif. Salah satu alternatif pendekatan lain yang dapat digunakan untuk mengatasi masalah tersebut yaitu dengan menggunakan metode QMB. Metode QMB adalah metode dengan teknik menggunakan proyeksi kuantil dan simulasi *bootstrap* dalam hal melakukan proyeksi untuk perubahan iklim. Dalam metode QMB, digunakan data GCM, sedangkan untuk validasi datanya menggunakan data BMKG. Berdasarkan penjelasan tersebut, maka metode QMB ini dapat diterapkan untuk mendapatkan proyeksi iklim di NTT. Oleh karena itu, permasalahan yang akan dibahas dalam penelitian ini adalah mengetahui hasil proyeksi iklim (curah hujan dan suhu maksimum) harian metode QMB menggunakan data GCM di Nusa Tenggara Timur.

### **1.3. Tujuan Penelitian**

Tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Mengetahui hasil proyeksi iklim harian di Nusa Tenggara Timur menggunakan metode QMB.
2. Mendapatkan evaluasi hasil kebaikan metode QMB dalam proyeksi iklim di Nusa Tenggara Timur.

### **1.4. Manfaat Penelitian**

Manfaat penelitian ini adalah mengetahui gambaran hasil proyeksi iklim harian di Nusa Tenggara Timur sebagai penerapan ilmu statistika. Di samping itu, memberikan informasi dan rekomendasi bagi Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG) terkait penggunaan data GCM dengan metode QMB untuk proyeksi iklim di Indonesia, terutama di Nusa Tenggara Timur.

### **1.5. Batasan Penelitian**

Batasan permasalahan dalam penelitian ini adalah data curah hujan dan suhu maksimum untuk verifikasi terhadap data lapangan BMKG di Nusa Tenggara Timur menggunakan data curah hujan dan suhu maksimum periode 1 Januari 2006 hingga 31 Desember 2018. Batasan permasalahan lainnya adalah jumlah *Principal Component* (PC) yang digunakan untuk masing-masing variabel GCM berjumlah 4 PC. Selain itu, model yang dibangun untuk proyeksi kuantil diasumsikan model regresi linier.



## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

Bab ini membahas mengenai *preprocessing* data, *General Circulation Model* (GCM), *Principal Component Regression* (PCR), metode *Quantile Matching Bootstrap* (QMB), perubahan iklim, dan juga beberapa teori tentang variabel pada perubahan iklim.

#### **2.1 *Preprocessing* Data**

*Preprocessing* data adalah tahapan awal dalam mengolah data input sebelum memasuki proses tahapan utama dari analisis data. *Preprocessing* data dilakukan pada *missing value*. *Missing value* merupakan informasi yang tidak tersedia untuk sebuah objek (kasus). *Missing value* terjadi karena informasi untuk sesuatu yang berkaitan dengan objek tidak diberikan, sulit dicari, atau memang informasi tersebut tidak ada. *Missing value* membatasi analisa data serta keputusan dari inferensia statistik yang dilakukan, oleh karena itu imputasi (pendugaan terhadap nilai *missing value*) penting dilakukan untuk mempertahankan informasi dan memberikan hasil yang lebih baik dalam analisa (Fogarty, 2006).

Pengumpulan data iklim jangka panjang membutuhkan waktu yang lama. Lembaga di Indonesia yang memantau dan mengkaji masalah iklim dan cuaca adalah Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG). Data iklim di Indonesia direkam oleh BMKG melalui stasiun-stasiun Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (MKG) pada masing-masing daerah di Indonesia. Dalam proses merekam (mengumpulkan) data, ada kalanya terjadi perpindahan lokasi (relokasi) stasiun, pergantian alat, maupun pergantian pengamat. Hal tersebut mengakibatkan terjadinya *missing value* atau bahkan variasi pada data tersebut berubah sehingga data bersifat tidak homogen (Kolsiana, 2017). Imputasi untuk data curah hujan dan suhu maksimum yang *missing* dilakukan dengan menggunakan nilai regresi dari stasiun terdekat yang dibahas pada persamaan

(4.1), serta dengan nilai rata-rata dari data harian curah hujan pada tanggal terjadinya *missing value* tersebut.

## 2.2 *General Circulation Model (GCM)*

*General Circulation Model (GCM)* adalah suatu model berbasis komputer yang terdiri dari berbagai persamaan numerik dan deterministik yang terpadu dan mengikuti kaidah-kaidah fisika. GCM merupakan alat prediksi utama iklim dan cuaca secara numerik dan sebagai sumber informasi primer untuk menilai pengaruh perubahan iklim (Wigena, 2006). GCM dianggap sebagai model penting dalam upaya memahami iklim di masa lampau, sekarang, dan yang akan datang. Kemampuan GCM adalah mensimulasikan iklim pada masa lampau, sekarang, dan memprediksi perubahan-perubahan iklim di masa mendatang.

GCM menggambarkan kondisi iklim menggunakan *grid* tiga dimensi untuk wilayah seluruh dunia, biasanya memiliki resolusi horizontal antara 250 dan 600 kilometer, 10 sampai 20 lapisan vertikal di atmosfer dan sebanyak 30 lapisan di lautan. Resolusinya relatif cukup kasar terhadap skala lokal dalam penilaian dampak (IPCC, 2007). *Grid* atau petak wilayah dengan resolusi rendah ( $2,5^\circ$  atau  $\pm 300\text{km}$ ) yang merepresentasikan keadaan iklim global. Data GCM dalam bentuk *grid-grid* menunjukkan bahwa GCM merupakan salah satu contoh bentuk data spasial, yaitu data yang berkaitan dengan keruangan. Pada umumnya penentuan domain ditetapkan dengan *grid-grid* persegi atau bujur sangkar dengan ukuran lebih dari satu *grid* dengan posisi ditengah-tengah lokasi variabel respon. Namun, penentuan domain masih bersifat subyektif meskipun berdasarkan nilai korelasi antara *grid-grid* dan lokasi pendugaan, sehingga diperlukan suatu metode penentuan domain yang lebih objektif.

Berdasarkan Wigena (2006), model GCM yang ada antara lain GISS (*Goddard Institute for Space Studies*) dari NASA, GFDL (*Geophysical Fluid Dynamic Laboratory*) dari NOAA, UKMO (*United Kingdom Meteorological Office*), CSIRO (*Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization*) dari Australia, dan NCEP (*National Centers for Environmental Prediction*). Perbedaan dalam setiap model GCM yaitu dalam bentuk resolusi spasial dan persamaan untuk membangkitkan parameter-parameter atmosfer. Di Indonesia

GCM telah dikembangkan untuk simulasi, prediksi, dan pembuatan skenario iklim. GCM juga telah dimanfaatkan untuk mempelajari variabilitas iklim dan mengkaji dampak perubahan iklim.

Gambaran kondisi iklim di masa mendatang dapat dilakukan dengan skenario. Menurut IPCC (2007), skenario bukanlah metode untuk memprediksi masa mendatang tetapi untuk memahami ketidakpastian dan gambaran alternatif tentang iklim masa mendatang. IPCC telah menyusun beberapa skenario iklim untuk mengetahui proyeksi iklim global dan regional hingga tahun 2100 melalui skenario *Representative Concentration Pathway* (RCP) (Moss dkk., 2010). RCP ini merupakan salah satu GCM. RCP didasarkan pada *Radiative Forcing* (RF) yang ditimbulkan oleh konsentrasi gas rumah kaca. Peningkatan nilai RF dapat menyebabkan terjadinya peningkatan suhu rata-rata global. Terdapat empat skenario RCP, yaitu RCP 2.6, RCP 4.5, RCP 6.0, dan RCP 8.5 sebagaimana disajikan pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Skenario RCP

<b>Skenario</b>	<b><i>Radiative Forcing</i></b>	<b>Konsentrasi (ppm)</b>	<b><i>Pathway</i></b>	<b>Penyedia</b>
RCP 8.5	>8.5 W/m <sup>2</sup> pada 2100	Setara dengan CO <sub>2</sub> >1370 pada 2100	Meningkat	MESSAGE
RCP 6.0	~6.0 W/m <sup>2</sup> stabil setelah 2100	Setara dengan CO <sub>2</sub> ~850 stabil setelah 2100	Stabil tanpa melampaui	AIM
RCP 4.5	~4.5 W/m <sup>2</sup> stabil setelah 2100	Setara dengan CO <sub>2</sub> ~650 stabil setelah 2100	Stabil tanpa melampaui	GCAM
RCP 2.6	Mencapai ~3.5 W/m <sup>2</sup> sebelum 2100 dan kemudian turun	Mencapai ~490 setara dengan CO <sub>2</sub> sebelum 2100 dan kemudian turun	Mencapai nilai tertinggi kemudian menurun	IMAGE

Sumber: Moss dkk., 2010

Skenario pada Tabel 2.1 dibangun dari besaran emisi yang masih dapat dihasilkan agar kenaikan temperatur rata-rata bumi tidak melebihi 2°C. Data skenario RCP yang digunakan pada penelitian ini adalah RCP 4.5. RCP 4.5 adalah kondisi dimana manusia melakukan pencegahan terhadap perubahan iklim secara

berkelanjutan. RCP 4.5 menggunakan model GFDL CM3, dimana CM3 adalah salah satu model iklim untuk prediksi perubahan iklim. RCP 4.5 adalah skenario stabilitas dimana total *radiative forcing* distabilkan dengan cepat setelah tahun 2100 tanpa melampaui tingkatan target *radiative forcing* jangka panjang (Kusumo dan Septiadi, 2016).

### 2.3 *Principal Component Regression (PCR)*

*Principal Component Regression (PCR)* merupakan salah satu metode yang dikembangkan untuk mengatasi masalah multikolinieritas. Dampak dari multikolinieritas antara lain nilai *standard error*nya besar, penaksir estimasi parameter dan *standard error* peka terhadap perubahan kecil pada data, perubahan pada satu variabel dapat menyebabkan perubahan besar pada nilai koefisien regresi parsial variabel lainnya, dan nilai interval kepercayaan sangat lebar sehingga akan menjadi sulit untuk menolak hipotesis nol (Gujarati, 2003). PCR merupakan teknik analisis yang mengombinasikan antara analisis regresi dengan *Principal Component Analysis (PCA)*.

Data luaran GCM mempunyai resolusi spasial (*grid domain*) yang kasar. Model regresi dapat menghubungkan antara data luaran GCM yang berskala global pada *grid domain* tertentu dengan data pengukuran pada skala lokal (Wigena, 2006). Adanya hubungan fungsional antara skala lokal (respon) dengan skala global (GCM) sebagai variabel prediktor dapat disusun model regresi. Dalam PCR, analisis regresi digunakan untuk mengetahui ada atau tidaknya hubungan antara variabel respon dan prediktor sedangkan PCA bertujuan untuk menyederhanakan variabel yang diamati dengan mereduksi dimensinya.

Reduksi dimensi merupakan langkah awal untuk mengatasi masalah dimensi tinggi dan multikolinearitas pada data luaran GCM. PCA dilakukan dengan cara menghilangkan korelasi diantara variabel bebas melalui transformasi beberapa variabel bebas asal ke variabel baru yang tidak berkorelasi sama sekali atau yang biasa disebut dengan komponen utama (*Principal Component*). Jumlah komponen utama yang terbentuk memiliki keragaman  $\geq 85\%$  (Khotimah, 2009). Secara matematis PCA didefinisikan sebagai transformasi linear ortogonal pada

data ke sistem koordinat yang baru yang menyebabkan variansi terbesar dari proyeksi data manapun berada pada koordinat pertama yang disebut sebagai komponen utama pertama, sedangkan variansi terbesar kedua pada koordinat kedua, hingga variansi-variansi selanjutnya.

*Principal Component* (PC) dapat dibentuk dengan dua cara, yaitu dengan matrik kovarian dan matrik korelasi (Jolliffe, 2002). Misalkan vektor random  $\mathbf{X}' = [X_1, X_2, \dots, X_p]$  yang terdiri dari sejumlah observasi sebanyak  $p$  variabel, maka PC adalah kombinasi linier dari  $p$  variabel tersebut yang merupakan sistem koordinat baru yang didapatkan dari hasil transformasi sistem asal dengan  $X_1, X_2, \dots, X_p$  sebagai sumbu koordinat. Matriks  $\mathbf{Z}$  merupakan matriks yang berisi data dari variabel random  $\mathbf{X}$  yang distandarisasi. Berikut ini merupakan matriks kovarians dari proses transformasi tersebut.

$$\Sigma = \text{cov}(\mathbf{Z}) = \begin{bmatrix} \sigma_{11} & \sigma_{12} & \cdots & \sigma_{1p} \\ \sigma_{21} & \sigma_{22} & \cdots & \sigma_{2p} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \sigma_{p1} & \sigma_{p2} & \cdots & \sigma_{pp} \end{bmatrix} \quad (2.1)$$

Dimana  $\sigma_{ij}$  merupakan kovarians dari baris ke- $i$  dan kolom ke- $j$ . Persamaan (2.1) memiliki pasangan *eigen value-eigen vector*  $(\lambda_1 e_1), (\lambda_2 e_2), \dots, (\lambda_p e_p)$  dengan  $\lambda_1 \geq \lambda_2 \geq \dots \geq \lambda_p \geq 0$ . Maka model PC dapat ditulis sebagai berikut.

$$\begin{aligned} PC_1 &= e_1' \mathbf{Z} = e_{11} Z_1 + e_{21} Z_2 + \dots + e_{p1} Z_p \\ PC_2 &= e_2' \mathbf{Z} = e_{12} Z_1 + e_{22} Z_2 + \dots + e_{p2} Z_p \\ &\vdots \\ PC_p &= e_p' \mathbf{Z} = e_{1p} Z_1 + e_{2p} Z_2 + \dots + e_{pp} Z_p \end{aligned} \quad (2.2)$$

Dengan:

$PC_1$  : PC pertama, yang memiliki varians paling besar

$PC_2$  : PC kedua, yang memiliki varians terbesar kedua

$PC_p$  : PC ke- $p$ , yang memiliki varians terbesar ke- $p$

$Z_1$  : variabel bakupertama

$Z_2$  : variabel baku kedua

$Z_p$  : variabel baku ke- $p$

$e_p$  : *eigenvector* variabel ke- $p$

Model *Principal Component* ke- $i$  secara umum ditulis dengan:

$$PC_i = e_i' \mathbf{Z}, \text{ dimana } i = 1, 2, \dots, p \quad (2.3)$$

Analisis regresi komponen utama atau PCR merupakan analisis regresi variabel dependen terhadap komponen-komponen utama yang tidak saling berkorelasi. Regresi komponen utama dapat dinyatakan sebagai berikut.

$$Y = w_0 + w_1 PC_1 + w_2 PC_2 + \dots + w_p PC_p + \varepsilon \quad (2.4)$$

Dimana:

$Y$  : variabel respon

$w_0, w_1, \dots, w_p$  : koefisien regresi komponen utama

$PC_1, PC_2, \dots, PC_p$  : *Principal Component*

$\varepsilon$  : *error*

Apabila  $PC_1, PC_2, \dots, PC_p$  dalam persamaan (2.2) disubstitusikan ke dalam persamaan (2.4), maka diperoleh:

$$\begin{aligned} Y &= w_0 + w_1(e_{11}Z_1 + e_{21}Z_2 + \dots + e_{p1}Z_p) + w_2(e_{12}Z_1 + e_{22}Z_2 + \dots + e_{p2}Z_p) + \dots \\ &\quad + w_p(e_{1p}Z_1 + e_{2p}Z_2 + \dots + e_{pp}Z_p) + \varepsilon \\ &= w_0 + w_1e_{11}Z_1 + w_1e_{21}Z_2 + \dots + w_1e_{p1}Z_p + w_2e_{12}Z_1 + w_2e_{22}Z_2 + \dots + w_2e_{p2}Z_p \\ &\quad + \dots + w_p e_{1p}Z_1 + w_p e_{2p}Z_2 + \dots + w_p e_{pp}Z_p + \varepsilon \\ &= w_0 + (w_1e_{11} + w_2e_{12} + \dots + w_p e_{1p})Z_1 + (w_1e_{21} + w_2e_{22} + \dots + w_p e_{2p})Z_2 \\ &\quad + \dots + (w_1e_{p1} + w_2e_{p2} + \dots + w_p e_{pp})Z_p + \varepsilon \end{aligned} \quad (2.5)$$

Dari persamaan (2.5) diperoleh persamaan regresi dugaan komponen utama yakni:

$$\hat{Y} = \beta_0 + \beta_1 Z_1 + \beta_2 Z_2 + \dots + \beta_p Z_p + \varepsilon \quad (2.6)$$

Dengan:

$$\beta_0 = \hat{w}_0$$

$$\beta_1 = \hat{w}_1 e_{11} + \hat{w}_2 e_{12} + \dots + \hat{w}_p e_{1p}$$

$$\beta_2 = \hat{w}_1 e_{21} + \hat{w}_2 e_{22} + \dots + \hat{w}_p e_{2p}$$

⋮

$$\beta_p = \hat{w}_1 e_{p1} + \hat{w}_2 e_{p2} + \dots + \hat{w}_p e_{pp}$$

Untuk model regresi linier berganda dapat ditulis sebagai berikut:

$$\mathbf{Y} = \mathbf{X}\boldsymbol{\beta} + \boldsymbol{\varepsilon} \quad (2.7)$$

dimana,

$$\mathbf{Y} = \begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \\ \vdots \\ y_n \end{bmatrix}, \mathbf{X} = \begin{bmatrix} 1 & x_{11} & x_{12} & \cdots & x_{1p} \\ 1 & x_{21} & x_{22} & \cdots & x_{2p} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 1 & x_{n1} & x_{n2} & \cdots & x_{np} \end{bmatrix}, \boldsymbol{\beta} = \begin{bmatrix} \beta_0 \\ \beta_1 \\ \vdots \\ \beta_p \end{bmatrix}, \text{ dan } \boldsymbol{\varepsilon} = \begin{bmatrix} \varepsilon_1 \\ \varepsilon_2 \\ \vdots \\ \varepsilon_n \end{bmatrix}$$

dengan:

$\mathbf{Y}$  = vektor variabel respon berukuran ( $n \times 1$ )

$\mathbf{X}$  = matriks variabel prediktor berukuran  $n \times (p + 1)$

$\boldsymbol{\beta}$  = vektor parameter koefisien regresi berukuran  $(p + 1) \times 1$

$\boldsymbol{\varepsilon}$  = vektor *error* berukuran ( $n \times 1$ )

Model regresi yang digunakan pada penelitian ini sesuai dengan persamaan (3.1) dan (3.2). Pendugaan parameter model regresi linier diperoleh dengan menggunakan metode *Ordinary Least Square* (OLS). Metode OLS didapat dengan meminimumkan jumlah kuadrat error. Pendugaan parameter model didapat dari persamaan sebagai berikut (Draper dan Smith, 1998).

$$\hat{\boldsymbol{\beta}} = (\mathbf{X}'\mathbf{X})^{-1} \mathbf{X}'\mathbf{Y} \quad (2.8)$$

Dengan:

$\hat{\boldsymbol{\beta}}$  = vektor dari parameter yang diestimasi berukuran  $(p + 1) \times 1$

$\mathbf{X}$  = matriks variabel prediktor berukuran  $n \times (p + 1)$

$\mathbf{Y}$  = vektor variabel respon berukuran ( $n \times 1$ )

Dalam analisis regresi, *standard error* ( $\sigma_e$ ) mencerminkan *standard deviasi* yang mengukur variasi titik-titik di atas dan di bawah garis regresi populasi. Nilai *standard error* dibutuhkan terutama untuk keperluan inferensia (Farida, 2010). Selain itu, dalam persamaan model regresi yang diperoleh, maka antara nilai  $Y$  dan nilai  $\hat{Y}$  (nilai prediksi) akan menimbulkan perbedaan hasil yang sering disebut dengan *error*. Untuk mengetahui ketepatan estimasi, dapat digunakan *standard error of estimate* ( $S_e$ ).

Pada populasi yang tidak diketahui, maka  $\sigma_e$  diduga dengan  $S_e$  dengan rumus sebagai berikut.

$$S_e = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Y_i - \hat{Y}_i)^2}{p}} \quad (2.9)$$

Dimana:

$S_e$  = *standard error of estimate*

$Y_i$  = nilai data aktual ke- $i$

$\hat{Y}_i$  = nilai prediksi ke- $i$

$p$  = banyaknya parameter

Semakin kecil nilai *standard error of estimate*, maka semakin tinggi ketepatan estimasi yang dihasilkan untuk menjelaskan nilai variabel respon yang sesungguhnya.

#### 2.4 *Quantile Matching Bootstrap (QMB)*

Tujuan dari metode *Quantile Matching Bootstrap (QMB)* adalah proyeksi iklim harian. Metode QMB terdiri dari tiga tahap utama, yaitu: proyeksi beberapa kuantil dari variabel iklim, pembuatan fungsi pencocokan kuantil (*quantile matching*) untuk setiap variabel iklim yang digunakan sehingga dapat digunakan untuk mengubah distribusi setiap variabel iklim dari periode dasar (*base*) ke periode proyeksi, dan melakukan simulasi dengan *block bootstrap* menggunakan fungsi pencocokan kuantil yang sudah diturunkan. Proyeksi dilakukan untuk variabel iklim ( $Y_t$ ), yakni hasil observasi setiap hari selama periode waktu dasar (*base*)  $T_B$  dimana  $t = 1, 2, \dots \in T_B$ . Periode waktu dasar ini dapat dibagi menjadi tahunan dan bulanan (atau musiman) dengan disimbolkan  $m = 1, 2, \dots, M$ . Berikut merupakan penjelasan untuk masing-masing tahap QMB:

Tahap 1: Proyeksi kuantil

Tujuan yang dicapai adalah memproyeksikan dan mensimulasikan  $Y_t$  selama beberapa periode masa mendatang ( $t \in T_F$ ), mencakup bulan (atau musim)



dimana  $m = F + 1, \dots, F + N$ , dengan  $m = 1, 2, \dots, M$  dan  $F \geq M$ . Langkah-langkahnya:

- a. Menentukan jumlah kuantil yang akan diproyeksi, misal pada penelitian ini terbatas pada tiga kuantil yaitu:  $q = 0, 1; 0, 5$  dan  $0, 9$ .
- b. Menghitung nilai kuantil  $Y_t$  untuk setiap bulan,  $m$  pada periode dasar dan didapatkan nilai kuantil berupa  $\theta_m(q)$  dengan  $m = 1, 2, \dots, M$  dan  $q = 0, 1; 0, 5$  dan  $0, 9$ .
- c. Menghitung proyeksi kuantil  $Y_t$  untuk setiap bulan,  $m$  pada periode mendatang dan didapatkan nilai kuantil berupa  $\hat{\theta}_m(q)$  dengan  $m = F + 1, \dots, F + N$  dan  $q = 0, 1; 0, 5$  dan  $0, 9$ .

Dalam kasus curah hujan, pembentukan kuantil sedikit lebih rumit karena variabel ini direpresentasikan sebagai campuran dari nilai tunggal dengan probabilitas non-nol (hari kering), dan variabel positif kontinu (curah hujan pada hari basah). Dalam hal ini, maka proporsi dari hari kering,  $p_m$ , juga perlu diproyeksikan ( $\hat{p}_m$ ). Ada berbagai metode statistika yang dapat digunakan untuk memproyeksikan proporsi ini sebagaimana dijelaskan dalam Fowler, Blenkinsop, dan Tebaldi (2007) dan Frost dkk. (2011) yakni menggunakan kovariat, atau terkadang disebut sebagai variabel prediktor. Kovariat ini berasal dari GCM atau RCM untuk memproyeksikan kuantil iklim berdasarkan nilai-nilai masa mendatang dari kovariat. Pada penelitian ini, proyeksi kuantil dilakukan dengan menggunakan regresi linier berganda.

#### Tahap 2: *Quantile Matching* (QM)

QM digunakan untuk proyeksi nilai variabel iklim ( $Y_t$ ) pada periode dasar ke nilai yang sesuai pada bulan mendatang ( $Y_{m_f}$ ). *Constraint* ketika melakukan QM adalah bahwa bulan (musim) dalam periode dasar dipetakan ke bulan yang sama (musim) di periode masa mendatang, yaitu Januari dipetakan ke Januari, musim dingin ke musim dingin, dan lain-lain. Hal tersebut untuk memastikan variabel dari iklim selama berbulan-bulan atau musim telah terwakili.

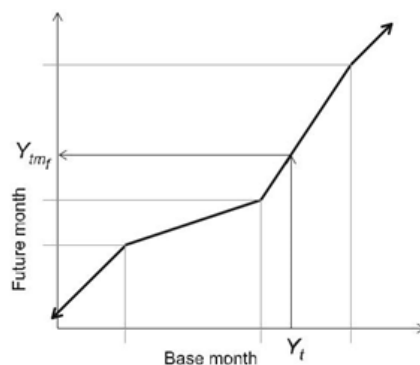
Proses QM pada penelitian ini menggunakan nilai proyeksi kuantil yang sudah didapatkan pada tahap sebelumnya. Langkah pada QM adalah:

- Menentukan nilai kuantil  $0,1 \leq q \leq 0,9$  dari  $Y_t$ .
- Memisalkan untuk memproyeksikan nilai  $Y_t$  dari satu hari di bulan periode dasar ke nilai  $Y_{m_f}$  (nilai masa mendatang).
- Memetakan nilai  $q$  dari  $Y_t$  di periode dasar ke nilai  $Y$  masa mendatang.
- Setelah kuantil diproyeksikan ke QM, maka dapat dikembangkan untuk memproyeksikan nilai-nilai iklim yang diamati dalam periode dasar ke periode waktu mendatang.
- Memetakan  $Y_t$  ke periode dasar dengan mengganti *subscript*  $m_f$  menjadi  $m_b$  dan didapatkan nilai  $Y_{m_b}$ .
- Menambahkan nilai koreksi *error* pada nilai  $Y_{m_f}$ , yakni:

$$\tilde{Y}_{m_f} = Y_{m_f} + Y_t - Y_{m_b} \quad (2.10)$$

dengan  $Y_t - Y_{m_b}$  sebagai nilai koreksi *error*.

Ilustrasi QM disajikan pada Gambar 2.1.



**Ket:** Garis putus-putus menunjukkan kuantil dengan nilai 0,1; 0,5 dan 0,9 pada bulan dasar dan masa depan

Gambar 2.1 Ilustrasi QM (Kokic dkk., 2013)

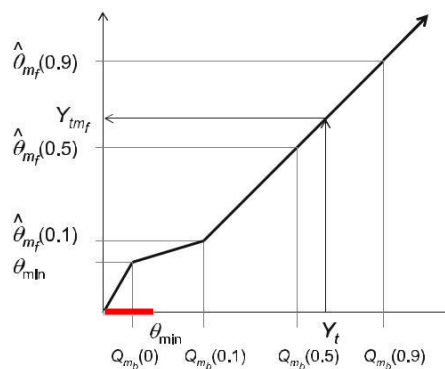
Pemetaan atau ilustrasi pada Gambar 2.1 adalah yang disebut sebagai QM karena terdapat kecocokan antara kuantil dari satu fungsi distribusi ke fungsi distribusi lainnya.

QM untuk curah hujan sedikit berbeda dengan QM variabel iklim lainnya, yakni:

- a. Mendefinisikan hari kering, yakni hari dengan curah hujan kurang dari  $\theta_{\min}$  dimana  $\theta_{\min} = 1$  mm/hari. Nilai  $\theta_{\min}$  adalah curah hujan minimum yang dapat diamati sehingga perubahan tersebut tidak memberikan pengaruh pada distribusi data, tetapi nilai  $\theta_{\min}$  penting dalam simulasi data.
- b. Menentukan nilai kuantil  $0,1 \leq q \leq 0,9$  dari  $Y_t$ .
- b. Memisalkan untuk memproyeksikan nilai  $Y_t$  dari satu hari di bulan periode dasar ke nilai  $Y_{tm_f}$  (nilai masa mendatang).
- c. Menghitung nilai proyeksi kuantil periode mendatang  $\hat{\theta}_m(q)$ .
- d. Memetakan  $Y_t$  pada kuantil periode dasar ( $q_{mb}$ ) ke nilai  $Y_{tm_f}$  pada kuantil periode mendatang. Jika  $Y_t = 0$ , maka nilai tersebut akan diganti dengan nilai acak antara 0 sampai  $\theta_{\min}$  sebelum diproyeksikan.
- f. Menambahkan nilai koreksi *error* pada nilai  $Y_{tm_f}$ , yakni:

$$\tilde{Y}_{tm_f} = \begin{cases} Y_{tm_f} + Y_t - Y_{tm_b}, & \text{jika } Y_{tm_f} + Y_t - Y_{tm_b} > \theta_{\min} \\ 0, & \text{untuk nilai lainnya} \end{cases} \quad (2.11)$$

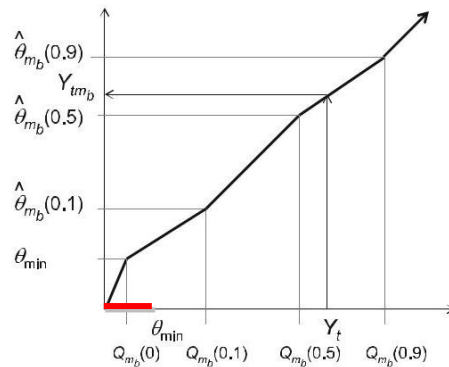
Fungsi QM untuk curah hujan diilustrasikan pada Gambar 2.2.



Ket: Jika  $Y_t = 0$  maka nilai tersebut diganti dengan nilai acak yang berasal dari *region* garis merah

Gambar 2.2 Fungsi QM untuk Curah Hujan dengan Pemetaan ke Distribusi Proyeksi (Kokic dkk., 2013)

Pada Gambar 2.2 digunakan interpolasi linier untuk aproksimasi kuantil pada nilai antara 0,1 sampai 0,9. Sebuah prosedur analog digunakan untuk menentukan  $Y_{tm_f}$  di bulan dasar sebagaimana hasilnya diilustrasikan pada Gambar 2.3.



Ket: Jika  $Y_t = 0$  maka nilai tersebut diganti dengan nilai random yang berasal dari *region* garis merah Gambar 2.3 QM untuk Curah Hujan dengan Pemetaan ke Distribusi yang *Fit* (Kokic dkk., 2013)

### Tahap 3: *Bootstrapping*

Metode *bootstrap* adalah metode simulasi berbasis data yang dapat digunakan untuk menarik kesimpulan (Efron dan Tibshirani, 1993). *Bootstrap* merupakan prosedur pengambilan sampel baru secara berulang dari sebuah data asal yang dilakukan dengan pengembalian. Keuntungan dari *resampling* dengan pendekatan nonparametrik adalah tidak ada asumsi yang harus dipenuhi terkait dengan distribusi asli dari data.

Sebuah sampel *bootstrap* didefinisikan sebagai sampel random berukuran  $n$  yang diambil dari dataset  $x$ , sehingga didapatkan  $x^* = (x_1^*, x_2^*, \dots, x_n^*)$ .

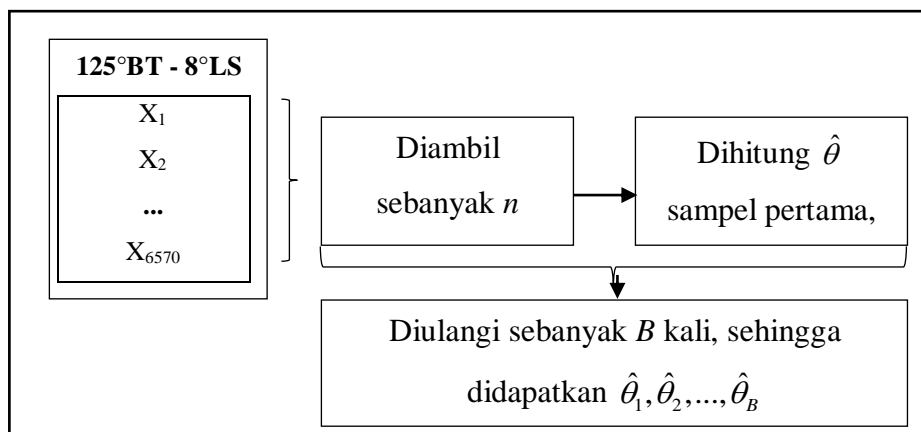
Notasi bintang menunjukkan bahwa  $x^*$  bukan data asli, melainkan data hasil *resampling* dari  $x$  dengan *resampling* yang dilakukan sebanyak  $B$  kali. Estimasi parameter *bootstrap* yakni  $\hat{\theta}^* = \bar{x}^* = \sum_{i=1}^n \frac{x_i^*}{n}$ .

Estimasi *bootstrap* untuk standar *error* didefinisikan sebagai  $se_B(\hat{\theta}^*)$ . Standar *error* dapat diestimasi dengan standar deviasi sampel dengan replikasi sebanyak  $B$  kali pada persamaan 2.12 berikut.

$$se_B = \left\{ \sum_{b=1}^B [\hat{\theta}^*(b) - \hat{\theta}^*(.)]^2 / (B-1) \right\}^{1/2} \quad (2.12)$$

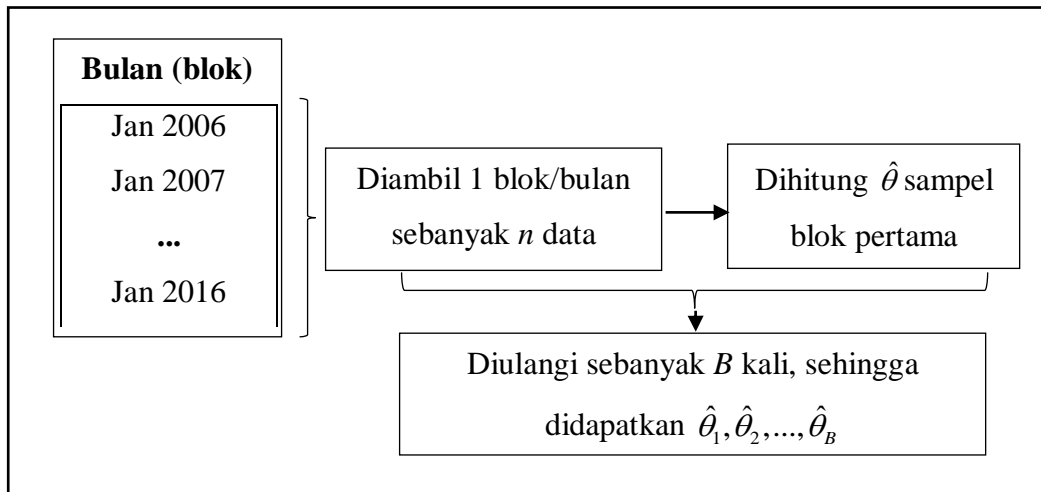
dimana  $\hat{\theta}^*(.) = \sum_{b=1}^B \hat{\theta}^*(b) / B$ .

Setiap pengambilan sampel *bootstrap* akan menghasilkan nilai yang berbeda. Secara teoritis, hal tersebut dikarenakan sampel diambil berulang kali sehingga sifat asimtotis distribusi *bootstrap* akan mendekati distribusi data yang sebenarnya. Berikut merupakan ilustrasi proses *bootstrap*.



Gambar 2.4 Ilustrasi Proses *Bootstrap*

Selanjutnya, dalam penerapan untuk mendapatkan nilai proyeksi harian iklim, dapat digunakan metode *block bootstrap* sebagai langkah terakhir dalam metode QMB. *Block bootstrap* adalah metode nonparametrik sederhana untuk simulasi *time series* (Kunsch, 1989). Untuk *bootstrap* tanpa blok sebagaimana penjelasan sebelumnya dan juga ilustrasi pada Gambar 2.4, pengambilan sampel baru dilakukan secara acak dari pengamatan individu. Berbeda halnya dengan pengambilan sampel baru pada *block bootstrap*, yakni dilakukan secara acak pada blok pengamatan. Kocic dkk. (2013) memodifikasi sampling acak dari blok untuk membantu menghitung musiman dalam data. Untuk bulan tertentu, misalnya Januari, salah satu dari Januari di periode dasar dipilih secara acak dan berikut merupakan ilustrasi proses *block bootstrap*.



Gambar 2.5 Ilustrasi Proses *Block Bootstrap*

Kemudian setiap  $Y_t$  (hari-hari dalam bulan ini secara berurutan) dari 1 Januari hingga 31 Januari diubah menjadi nilai yang diproyeksikan yakni  $Y_{m_f}$ . Proses ini membantu menangkap dependensi temporal dalam data, namun jika dibandingkan dengan *bootstrap* tanpa blok, maka akan terpilih hari-hari dalam setiap bulan dalam urutan acak dan akibatnya menghilangkan dependensi temporal. Proses *block bootstrap* ini kemudian diulang untuk setiap bulan (musim) berikutnya dalam periode waktu mendatang, dengan memilih secara acak bulan (musim) yang sesuai dari periode waktu dasar sehingga dihasilkan *single bootstrap time series*. Seluruh prosedur *bootstrap* dapat diulang beberapa kali untuk mendapatkan simulasi *multiple bootstrap* untuk iklim masa mendatang.

Aplikasi dari metode resampling *bootstrap* ini antara lain adalah untuk estimasi selang kepercayaan parameter sampel. Selang kepercayaan untuk sampel didapatkan dengan beberapa cara, salah satunya adalah metode normal standar *bootstrap*. Selang kepercayaan bisa dikonstruksikan menggunakan *standard error* yang diestimasi pada persamaan (2.12) sehingga selang kepercayaannya adalah:

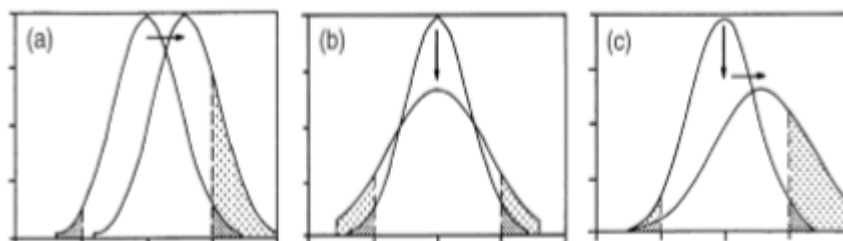
$$\hat{\theta}^* \pm Z_{\alpha/2} se_B \quad (2.13)$$

dengan  $se_B$  didapat dari persamaan (2.12).

## 2.5 Perubahan Iklim

Sistem iklim bumi merupakan sistem yang sangat kompleks dibentuk oleh interaksi komponen-komponen bumi berupa: atmosfer, hidrosfer, litosfer, kriosfer (lapisan es), dan biosfer (vegetasi). Definisi iklim secara luas adalah keadaan (*state*) dari keseluruhan sistem iklim tersebut. Pengertian iklim yang lebih umum digunakan untuk suatu lokasi atau daerah tertentu adalah deskripsi statistik dari unsur-unsur iklim seperti temperatur (suhu), presipitasi (hujan), angin, dan sebagainya yang menyatakan nilai rerata (*mean*) dan variansinya dalam rentang waktu mulai dari bulanan hingga jutaan tahun. Secara operasional, WMO mendefinisikan rentang waktu klimatologis adalah 30 tahun.

Perubahan iklim dapat diidentifikasi dengan membandingkan kurva distribusi peluang seperti diperlihatkan pada Gambar 2.6 sehingga diketahui perubahan (antar kurun 30 tahun) pada nilai rerata (*mean*) atau variansi, atau keduanya (Meehl, Zwiers, Evans, Knutson, Mearns, dan Whetton, 2000).



**Ket:** Sumbu vertikal menyatakan peluang dan sumbu horizontal menyatakan nilai parameter (iklim)  
Gambar 2.6 Identifikasi Perubahan Iklim Secara Statistik dari (a) Perubahan nilai (*mean*), (b) Perubahan variansi, dan (c) Perubahan nilai rerata dan variansi (Meehl dkk., 2000)

Berdasarkan pengertian ini, perubahan yang terjadi dalam kurun 30 tahun dikatakan sebagai variabilitas iklim dan untuk melakukan identifikasi perubahan iklim saat ini (*current climate change*) setidaknya diperlukan data pengamatan (historis) selama kurang lebih 60 tahun ke belakang. Analisis perubahan iklim menggunakan data historis dimaksudkan untuk mengetahui *trend* (kecenderungan) pola iklim yang akan berpengaruh sampai kurang lebih 15 tahun ke depan. Perubahan iklim terutama untuk daerah tropis seperti di Indonesia

sangat dipengaruhi oleh variabel iklim berupa curah hujan dan suhu (Meehl dkk., 2000).

### 2.5.1 Curah Hujan

Letak geografis mengakibatkan Indonesia rentan terhadap terjadinya perubahan iklim. Salah satu faktor penyebab perubahan iklim adalah curah hujan. Curah hujan merupakan ketinggian air yang terkumpul dalam tempat yang datar, tidak menguap, tidak meresap dan tidak mengalir. Umumnya, curah hujan dinyatakan dalam satuan millimeter. Menurut Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (2015), curah hujan satu bulan adalah jumlah curah hujan yang terkumpul selama 28 atau 29 hari untuk bulan Februari dan 30 atau 31 untuk bulan-bulan lainnya. Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika menyatakan bahwa jika curah hujan kurang dari 50 mm/10 hari, maka dikatakan musim kering dan jika curah hujan lebih dari atau sama dengan 50 mm/10 hari, maka dikatakan sudah memasuki periode musim hujan (Stasiun Klimatologi Darmaga Bogor, 2013). Kriteria hujan dalam sehari ditunjukkan oleh Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Kriteria Intensitas Curah Hujan di Indonesia

<b>Kategori</b>	<b>Keterangan</b>
Ringan	1-5 mm/jam atau 5-20 mm/hari
Sedang	5-10 mm/jam atau 20-50 mm/hari
Lebat	10-20 mm/jam atau 50-100 mm/hari
Sangat Lebat	>20 mm/jam atau >100 mm/hari

Sumber: Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika, 2012

### 2.5.2 Suhu (Temperatur)

Suhu udara adalah ukuran energi kinetik rata-rata dari pergerakan molekul-molekul. Radiasi matahari sangat menentukan distribusi suhu di dalam atmosfer, menyebabkan suhu udara selalu mengalami perubahan (Sampe dan Sutowo, 2017). Keadaan suhu pada suatu tempat di permukaan bumi akan ditentukan oleh faktor-faktor sebagai berikut:



1. Lamanya Penyinaran Matahari  
Semakin lama matahari memancarkan sinarnya di suatu daerah, maka semakin banyak panas yang diterima.
2. Kemiringan Sinar Matahari  
Suatu tempat yang posisi matahari berada tegak lurus di atasnya, maka radiasi matahari yang diberikan akan lebih besar dan suhu di tempat tersebut akan tinggi.
3. Keadaan Awan  
Adanya awan di atmosfer akan menyebabkan berkurangnya radiasi matahari yang diterima di permukaan bumi karena radiasi yang mengenai awan.
4. Keadaan Permukaan Bumi  
Perbedaan sifat darat dan laut akan memengaruhi penyerapan dan pemantulan radiasi matahari. Permukaan darat akan lebih cepat menerima dan melepaskan panas daripada permukaan laut.

### **2.5.3 Mean Daily Temperature**

*Mean daily temperature* merupakan rata-rata suhu yang diamati selama 24 jam secara terus-menerus (*National Oceanic and Atmospheric Administration, 2009*). *Mean daily temperature* digunakan untuk menentukan suhu rata-rata bulanan dan suhu rata-rata tahunan digunakan untuk menentukan suhu rata-rata tahunan (Purwantara, 2011).

### **2.5.4 Tekanan Permukaan Laut**

Tekanan permukaan laut adalah tekanan atmosfer di permukaan laut di lokasi tertentu. Ketika diamati di stasiun pelaporan yang tidak di permukaan laut (hampir semua stasiun), maka dinyatakan sebagai koreksi tekanan stasiun ke permukaan laut. Koreksi ini memperhitungkan variasi standar tekanan dengan tinggi dan pengaruh variasi suhu dengan ketinggian pada tekanan. Suhu yang digunakan dalam koreksi permukaan laut adalah dua belas jam rata-rata dengan menghilangkan efek harian. Setelah dihitung, variasi horizontal dari tekanan

permukaan laut dapat dibandingkan untuk lokasi area tekanan tinggi dan rendah (*National Oceanic and Atmospheric Administration, 2009*).

### **2.5.5 Kelembaban Spesifik**

Kelembaban spesifik adalah massa uap air dalam massa udara tertentu dan biasanya dinyatakan dalam gram uap air per kilogram udara pada suhu tertentu (*National Oceanic and Atmospheric Administration, 2009*). Kelembaban spesifik merupakan kuantitas yang sangat berguna dalam meteorologi. Stabilitas dari kelembaban spesifik berguna sebagai pengidentifikasi dari massa udara yang bergerak. Kelembaban spesifik tidak bervariasi karena suhu atau tekanan dari suatu benda udara yang berubah, selama kelembaban tidak ditambahkan atau diambil. Kelembaban spesifik udara jenuh, yakni dalam kesetimbangan dengan sumber uap, air, atau es dapat meningkat dengan cepat sejalan dengan meningkatnya suhu.

### **2.5.6 Komponen Angin Zonal dan Meridional**

Angin adalah udara yang bergerak dari daerah bertekanan udara tinggi ke daerah yang bertekanan udara lebih rendah. Pergerakan udara ini disebabkan oleh adanya perbedaan tekanan udara antara satu tempat dengan tempat yang lain, sehingga udara akan mengalir dari tekanan udara tinggi ke tempat tekanan udara yang lebih rendah. Akan tetapi, perputaran bumi pada sumbunya, akan menimbulkan gaya yang memengaruhi arah pergerakan angin yang disebut pengaruh *coriolis* (*coriolis effect*). Pengaruh *coriolis* menyebabkan angin bergerak searah jarum jam mengitari daerah bertekanan rendah di belahan bumi selatan dan sebaliknya bergerak dengan arah berlawanan arah jarum jam mengitari daerah bertekanan rendah di belahan bumi utara (*National Oceanic and Atmospheric Administration, 2009*).

Gerakan arah horizontal angin terbagi menjadi dua arah yaitu arah lintang dan arah bujur, untuk arah timur barat disebut angin zonal dan untuk arah selatan utara disebut angin meridional. Angin zonal merupakan angin yang bergerak dari arah timur ke barat atau barat ke timur. Angin zonal yang bergerak

kearah timur, umumnya terjadi pada saat musim hujan. Pada saat musim basah angin zonal baratan dominan terjadi di wilayah Indonesia dengan kecepatan 0 sampai 10 meter/detik, Pada saat musim kemarau angin zonal timuran dominan terjadi di wilayah Indonesia dengan kecepatan angin 0 sampai 10 meter/detik. Angin meridional merupakan angin yang bergerak dari utara ke selatan atau dari selatan ke utara. Pada saat musim hujan kecepatan angin tersebut berkisar antara 0 sampai 10 meter/detik, sedangkan pada saat musim kemarau kecepatan angin berkisar antara 0 sampai 5 meter/detik. Proses gerakan angin ini akan mengalami kecepatan bervariasi dan berfluktuasi secara dinamis (Sandy, 1987).

### **2.5.7 *Mixing Ratio***

*Mixing ratio* (nisbah pencampuran) adalah nisbah massa uap air terhadap massa udara kering (Stasiun Meteorologi Ahmad Yani Semarang, 2009). Nisbah pencampuran uap air di udara adalah berat uap air yang dicampur ke dalam berat kering udara tertentu. Ada dua kegunaan umum dari nisbah pencampuran. Dalam meteorologi, nisbah pencampuran berguna untuk melacak sifat-sifat massa udara di atmosfer. Dalam ilmu pengondisian udara, nisbah pencampuran berguna dalam perhitungan yang melibatkan udara sebagai pengangkut uap air melalui saluran untuk mengontrol kelembaban ruangan. Dalam studi forensik iklim mikro, nisbah pencampuran digunakan untuk mempelajari efek infiltrasi, karena nilainya jauh lebih sensitif untuk membedakan antara aliran udara daripada kelembaban relatif, yang merupakan pengukuran lingkungan yang lazim digunakan.

### **2.5.8 Ketinggian Geopotensial**

Ketinggian geopotensial adalah ukuran ketinggian dari tekanan permukaan di atas permukaan air laut. Observasi ketinggian geopotensial menunjukkan ketinggian tekanan permukaan dimana observasi tersebut dilakukan. Karena udara dingin lebih padat daripada udara hangat, maka tekanan permukaan menjadi lebih rendah di udara dingin dan lebih tinggi di udara hangat. Oleh karena itu, maka ketinggian geopotensial menjadi lebih rendah di udara dingin dan lebih tinggi di udara hangat (*State Climate Office of North Carolina*, 2010).



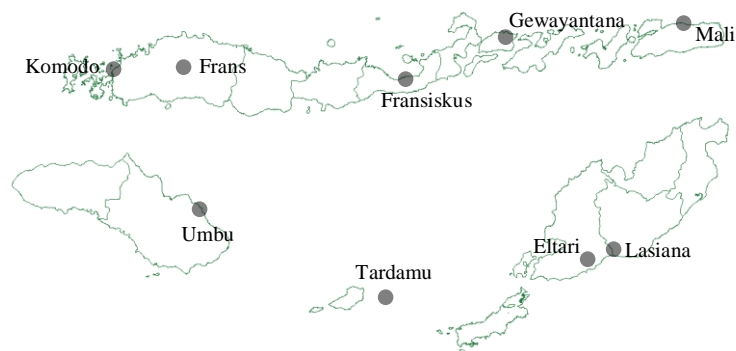
## BAB III

### METODOLOGI PENELITIAN

#### 3.1 Sumber Data

Sumber data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data sekunder yang berasal dari dua sumber yang berbeda, dimana sumber data terbagi menjadi data observasi lapangan dan data luaran GCM. Periode data yang digunakan adalah sama, yakni 01 Januari 2006 hingga 31 Desember 2018. Rincian data yang digunakan dijelaskan pada penjelasan sebagai berikut:

- a. Sumber data pertama diperoleh dari *website* resmi Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG) yaitu *website* [dataonline.bmkg.go.id](http://dataonline.bmkg.go.id). Data yang diperoleh berupa data observasi lapangan yang diambil dari 9 stasiun BMKG di Nusa Tenggara Timur. Ilustrasi data penelitian ditampilkan pada peta di bawah ini, yakni terdapat peta lokasi stasiun pengamatan lapangan milik BMKG di Nusa Tenggara Timur.



Gambar 3.1 Persebaran Stasiun Meteorologi/Klimatologi di NTT (Kuswanto dkk., 2018)

Pada Gambar 3.1 menunjukkan persebaran stasiun pengamatan yang mencatat curah hujan di sekitar lokasi tersebut.

- b. Sumber data kedua diperoleh dari luaran GCM pada *website* <http://nomads.gfdl.noaa.gov:8080/DataPortal/cmip5.jsp>. Model yang digunakan adalah model GFDL-CM3, dimana CM3 adalah salah satu model

iklim untuk prediksi perubahan iklim. Untuk skenario yang digunakan adalah RCP 4.5, RCP 4.5 adalah skenario stabilitas dimana *total radiative forcing* distabilkan dengan cepat setelah tahun 2100 tanpa melampaui tingkatan target *radiative forcing* jangka panjang (Kusumo dkk., 2016).

### 3.2 Variabel Penelitian

Variabel yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. Data lapangan, merupakan data hasil pengamatan di stasiun Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG). Variabel data lapangan yang digunakan adalah data curah hujan dan suhu maksimum di NTT. Struktur data lapangan yang digunakan dalam penelitian terlihat pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Struktur Data Variabel Curah Hujan dan Suhu Maksimum Pengamatan Lapangan BMKG

Tanggal	Stasiun						
	Komodo		Frans		...	Tardamu	
01-01-06	$Y_{1,1}$	$Z_{1,1}$	$Y_{1,2}$	$Z_{1,2}$	...	$Y_{1,9}$	$Z_{1,9}$
02-01-06	$Y_{2,1}$	$Z_{2,1}$	$Y_{2,2}$	$Z_{2,2}$	...	$Y_{2,9}$	$Z_{2,9}$
...	...	...	...	...	...	...	...
31-12-18	$Y_{4748,1}$	$Z_{4748,1}$	$Y_{4748,2}$	$Z_{4748,2}$	...	$Y_{4748,9}$	$Z_{4748,9}$

Keterangan :

$Y_{ab}$  = Y adalah data curah hujan (mm/hari) pada tanggal ke-a dari stasiun ke-b, dimana  $a = 1,2,\dots,4748$  dan  $b = 1,2,\dots,9$

$Z_{ab}$  = Z adalah data suhu maksimum (Celcius) pada tanggal ke-a dari stasiun ke-b, dimana  $a = 1,2,\dots,4748$  dan  $b = 1,2,\dots,9$

- b. Variabel data luaran GCM model GFDL-CM3 dari skenario RCP 4.5 yang merupakan variabel prediktor meliputi: *mean daily temperature (temp)*, tekanan permukaan laut (*psl*), kelembaban spesifik (*rnd*), komponen angin (*dir*), *mixing ratio (mixr)*, dan ketinggian geopotensial (*cld*) pada koordinat 8 sampai 12 LS dan 118 sampai 125 BT (posisi NTT). Berikut merupakan struktur data untuk variabel *mean daily temperature*.

Tabel 3.2 Struktur Data GCM Variabel *Mean Daily Temperature* dari RCP 4.5

Koordinat	8° LS			...	12° LS		
	Bulan	118° BT	...		125° BT	...	118° BT
01-06	H <sub>1,1,1</sub>	...	H <sub>1,1,8</sub>	...	H <sub>1,5,1</sub>	...	H <sub>1,5,8</sub>
02-06	H <sub>2,1,1</sub>	...	H <sub>2,1,8</sub>	...	H <sub>2,5,1</sub>	...	H <sub>2,5,8</sub>
...	...	...	...	...	...	...	...
12-18	H <sub>156,1,1</sub>	...	H <sub>156,1,8</sub>	...	H <sub>156,5,1</sub>	...	H <sub>156,5,8</sub>

Keterangan :

H<sub>abc</sub> = H adalah data *mean daily temperature* pada bulan ke-a, titik lintang ke-b, dan titik bujur ke-c, dimana a = 1,2,...,156, b = 1,2,...,5 dan c = 1,2,...,8

Selanjutnya adalah struktur data tekanan permukaan laut (*psl*) yang ditabelkan pada Tabel 3.3.

Tabel 3.3 Struktur Data GCM Variabel Tekanan Permukaan Laut dari RCP 4.5

Koordinat	8° LS			...	12° LS		
	Bulan	118° BT	...		125° BT	...	118° BT
01-06	I <sub>1,1,1</sub>	...	I <sub>1,1,8</sub>	...	I <sub>1,5,1</sub>	...	I <sub>1,5,8</sub>
02-06	I <sub>2,1,1</sub>	...	I <sub>2,1,8</sub>	...	I <sub>2,5,1</sub>	...	I <sub>2,5,8</sub>
...	...	...	...	...	...	...	...
12-18	I <sub>156,1,1</sub>	...	I <sub>156,1,8</sub>	...	I <sub>156,5,1</sub>	...	I <sub>156,5,8</sub>

Keterangan :

I<sub>abc</sub> = I adalah data tekanan permukaan laut pada bulan ke-a, titik lintang ke-b, dan titik bujur ke-c, dimana a = 1,2,...,156, b = 1,2,...,5 dan c = 1,2,...,8.

Selanjutnya adalah struktur data kelembaban spesifik yang ditabelkan pada Tabel 3.4.

Tabel 3.4 Struktur Data GCM Variabel Kelembaban Spesifik dari RCP 4.5

Koordinat	8° LS			...	12° LS		
	Bulan	118° BT	...		125° BT	...	118° BT
01-06	J <sub>1,1,1</sub>	...	J <sub>1,1,8</sub>	...	J <sub>1,5,1</sub>	...	J <sub>1,5,8</sub>
02-06	J <sub>2,1,1</sub>	...	J <sub>2,1,8</sub>	...	J <sub>2,5,1</sub>	...	J <sub>2,5,8</sub>
...	...	...	...	...	...	...	...
12-18	J <sub>156,1,1</sub>	...	J <sub>156,1,8</sub>	...	J <sub>156,5,1</sub>	...	J <sub>156,5,8</sub>

Keterangan :

J<sub>abc</sub> = J adalah data kelembaban spesifik (gr/kg) pada bulan ke-a, titik lintang ke-b, dan titik bujur ke-c, dimana a = 1,2,...,156, b = 1,2,...,5 dan c = 1,2,...,8.

Struktur data untuk variabel komponen angin, *mixing ratio* dan ketinggian geopotensial berturut-turut ditabelkan pada Tabel 3.5, Tabel 3.6, dan Tabel 3.7.

Tabel 3.5 Struktur Data GCM Variabel Komponen Angin dari RCP 4.5

<b>Koordinat</b>	<b>8° LS</b>			...	<b>12° LS</b>		
<b>Bulan</b>	<b>118° BT</b>	...	<b>125° BT</b>	...	<b>118° BT</b>	...	<b>125° BT</b>
01-06	K <sub>1,1,1</sub>	...	K <sub>1,1,8</sub>	...	K <sub>1,5,1</sub>	...	K <sub>1,5,8</sub>
02-06	K <sub>2,1,1</sub>	...	K <sub>2,1,8</sub>	...	K <sub>2,5,1</sub>	...	K <sub>2,5,8</sub>
...	...	...	...	...	...	...	...
12-18	K <sub>156,1,1</sub>	...	K <sub>156,1,8</sub>	...	K <sub>156,5,1</sub>	...	K <sub>156,5,8</sub>

Keterangan :

K<sub>abc</sub> = K adalah data komponen angin pada bulan ke-a, titik lintang ke-b, dan titik bujur ke-c, dimana a = 1,2,...,156, b = 1,2,...,5 dan c = 1,2,...,8.

Tabel 3.6 Struktur Data GCM Variabel *Mixing Ratio* dari RCP 4.5

<b>Koordinat</b>	<b>8° LS</b>			...	<b>12° LS</b>		
<b>Bulan</b>	<b>118° BT</b>	...	<b>125° BT</b>	...	<b>118° BT</b>	...	<b>125° BT</b>
01-06	L <sub>1,1,1</sub>	...	L <sub>1,1,8</sub>	...	L <sub>1,5,1</sub>	...	L <sub>1,5,8</sub>
02-06	L <sub>2,1,1</sub>	...	L <sub>2,1,8</sub>	...	L <sub>2,5,1</sub>	...	L <sub>2,5,8</sub>
...	...	...	...	...	...	...	...
12-18	L <sub>156,1,1</sub>	...	L <sub>156,1,8</sub>	...	L <sub>156,5,1</sub>	...	L <sub>156,5,8</sub>

Keterangan :

L<sub>abc</sub> = L adalah data *mixing ratio* pada bulan ke-a, titik lintang ke-b, dan titik bujur ke-c, dimana a = 1,2,...,156, b = 1,2,...,5 dan c = 1,2,...,8.

Tabel 3.7 Struktur Data GCM Variabel Ketinggian Geopotensial dari RCP 4.5

<b>Koordinat</b>	<b>8° LS</b>			...	<b>12° LS</b>		
<b>Bulan</b>	<b>118° BT</b>	...	<b>125° BT</b>	...	<b>118° BT</b>	...	<b>125° BT</b>
01-06	M <sub>1,1,1</sub>	...	M <sub>1,1,8</sub>	...	M <sub>1,5,1</sub>	...	M <sub>1,5,8</sub>
02-06	M <sub>2,1,1</sub>	...	M <sub>2,1,8</sub>	...	M <sub>2,5,1</sub>	...	M <sub>2,5,8</sub>
...	...	...	...	...	...	...	...
12-18	M <sub>156,1,1</sub>	...	M <sub>156,1,8</sub>	...	M <sub>156,5,1</sub>	...	M <sub>156,5,8</sub>

Keterangan :

M<sub>abc</sub> = M adalah data ketinggian geopotensial pada bulan ke-a, titik lintang ke-b, dan titik bujur ke-c, dimana a = 1,2,...,156, b = 1,2,...,5 dan c = 1,2,...,8.

### 3.3 Kajian Aplikasi

Langkah-langkah analisis yang dibutuhkan untuk mencapai tujuan penelitian aplikatif yang pertama pada Bab 1 adalah sebagai berikut.



- a. Melakukan *pre-processing* data curah hujan harian dan suhu maksimum pengamatan BMKG yakni dengan mendeteksi *missing value*. Apabila terdapat *missing value* maka diatasi dengan melakukan imputasi data menggunakan regresi stasiun terdekat atau nilai *mean* dari data curah hujan harian maupun suhu maksimum pada tanggal yang sama terjadinya *missing value*.
- b. Mendeskripsikan data curah hujan dan suhu maksimum pengamatan data BMKG menggunakan statistika deskriptif untuk melihat karakteristik dari curah hujan dan suhu maksimum. Statistika deskriptif yang digunakan meliputi diagram batang dan *time series plot* untuk curah hujan dan suhu maksimum bulanan pada setiap tahun di Nusa Tenggara Timur.
- c. Data observasi BMKG diagregatkan untuk mendapatkan data bulanan. Langkah awal yang dilakukan adalah mengidentifikasi hari hujan, yakni hari yang memiliki curah hujan tidak sama dengan 0 mm. Setelah proses tersebut maka dilakukan agregat data curah hujan bulanan dan didapatkan nilai untuk kuantil 0,1; 0,5 dan 0,9 untuk masing-masing bulannya. Sedangkan untuk suhu maksimum tidak dilakukan identifikasi hari hujan sehingga langsung dilakukan agregat data bulanan. Sama seperti data curah hujan, data suhu maksimum juga dihitung nilainya untuk kuantil 0,1; 0,5 dan 0,9. Nilai kuantil 0,1; 0,5; dan 0,9 curah hujan dan suhu maksimum tersebut yang selanjutnya digunakan sebagai variabel respon dalam pemodelan regresi linier berganda.
- d. *Cropping grid* data GCM sesuai dengan lokasi Nusa Tenggara Timur, yakni terdapat 5 *grid* untuk koordinat lintang dan 8 *grid* untuk koordinat bujur.
- e. Reduksi dimensi *grid* menjadi ukuran 2x2 dengan menggunakan PCA untuk 6 variabel GCM. Pada masing-masing variabel hasil reduksi diperoleh 4 komponen utama sehingga didapatkan 24 variabel kovariat.
- f. Membagi data BMKG dan data GCM menjadi dua bagian, yakni data untuk periode dasar (2006-2016) sebagai data *training* untuk membentuk model regresi linier berganda, sedangkan data validasi (data tahun 2017-2018) digunakan sebagai data *testing* dan validasi pada *quantile matching bootstrap*.

- g. Melakukan pendekatan regresi linier berganda untuk data *training* dan *testing* menggunakan variabel prediktor dari kovariat data GCM. Untuk variabel responnya dari data BMKG, yaitu nilai kuantil 0,1; 0,5 dan 0,9 untuk masing-masing variabel curah hujan dan suhu maksimum. Regresi dilakukan agar mendapatkan model dalam memproyeksikan tiga nilai kuantil setiap indikator iklim (curah hujan dan suhu maksimum) bulanan. Berikut merupakan model regresi yang terbentuk untuk variabel respon kuantil curah hujan.

$$\begin{aligned} \log(Y_{abc}) = & \beta_0 + \beta_1 temp_{1bcd} + \dots + \beta_4 temp_{3,2bcd} + \beta_5 psl_{1bcd} + \dots + \beta_8 psl_{3,2bcd} \\ & + \beta_9 rnd_{1bcd} + \dots + \beta_{12} rnd_{3,2bcd} + \beta_{13} dir_{1bcd} + \dots + \beta_{16} dir_{3,2bcd} \\ & + \beta_{17} mixr_{1bcd} + \dots + \beta_{20} mixr_{3,2bcd} + \beta_{21} cld_{1bcd} + \dots + \beta_{24} cld_{3,2bcd} \\ & + \varepsilon_{abcd} \end{aligned} \quad (3.1)$$

Selanjutnya, model regresi yang terbentuk untuk variabel respon kuantil suhu maksimum adalah.

$$\begin{aligned} Z_{abc} = & \gamma_0 + \gamma_1 temp_{1bcd} + \dots + \gamma_4 temp_{3,2bcd} + \gamma_5 psl_{1bcd} + \dots + \gamma_8 psl_{3,2bcd} \\ & + \gamma_9 rnd_{1bcd} + \dots + \gamma_{12} rnd_{3,2bcd} + \gamma_{13} dir_{1bcd} + \dots + \gamma_{16} dir_{3,2bcd} \\ & + \gamma_{17} mixr_{1bcd} + \dots + \gamma_{20} mixr_{3,2bcd} + \gamma_{21} cld_{1bcd} + \dots + \gamma_{24} cld_{3,2bcd} + \eta_{abcd} \end{aligned} \quad (3.2)$$

Keterangan:

$Y_{abc}$  : variabel curah hujan (mm/hari) kuantil ke-a pada bulan ke-b dari stasiun ke-c, dimana a = 0,1; 0,5; 0,9; b = 1,2,...,12 dan c = 1,2,...,9

$Z_{abc}$  : variabel suhu maksimum (Celcius) kuantil ke-a pada bulan ke-b dari stasiun ke-c, dimana a = 0,1; 0,5; 0,9; b = 1,2,...,12 dan c = 1,2,...,9

$temp_{abcd}$  : kovariat *mean daily temperature* ke-a, kuantil ke-b, bulan ke-c dari stasiun ke-d, dimana a = 1,2,3,1,3,2, b = 0,1; 0,5; 0,9; c = 1,2,...,12 dan d = 1,2,...,9

$psl_{abcd}$  : kovariat tekanan permukaan laut ke-a, kuantil ke-b, bulan ke-c dari stasiun ke-d, dimana a = 1,2,3,1,3,2, b = 0,1; 0,5; 0,9; c = 1,2,...,12 dan d = 1,2,...,9

$rnd_{abcd}$  : kovariat kelembaban spesifik ke-a, kuantil ke-b, bulan ke-c dari stasiun ke-d, dimana  $a = 1,2,3.1,3.2$ ,  $b = 0,1; 0,5; 0,9$ ;  $c = 1,2,\dots,12$  dan  $d = 1,2,\dots,9$

$dir_{abcd}$  : kovariat komponen angin ke-a, kuantil ke-b, bulan ke-c dari stasiun ke-d, dimana  $a = 1,2,3.1,3.2$ ,  $b = 0,1; 0,5; 0,9$ ;  $c = 1,2,\dots,12$  dan  $d = 1,2,\dots,9$

$mixr_{abcd}$  : kovariat *mixing ratio* ke-a, kuantil ke-b, bulan ke-c dari stasiun ke-d, dimana  $a = 1,2,3.1,3.2$ ,  $b = 0,1; 0,5; 0,9$ ;  $c = 1,2,\dots,12$  dan  $d = 1,2,\dots,9$

$cld_{abcd}$  : kovariat ketinggian geopotensial ke-a, kuantil ke-b, bulan ke-c dari stasiun ke-d, dimana  $a = 1,2,3.1,3.2$ ,  $b = 0,1; 0,5; 0,9$ ;  $c = 1,2,\dots,12$  dan  $d = 1,2,\dots,9$

$\beta_0, \dots, \beta_{24}$  : nilai koefisien regresi (3.1)

$\gamma_0, \dots, \gamma_{24}$  : nilai koefisien regresi (3.2)

$\varepsilon_{abcd}$  : *error* (3.1) untuk kuantil ke-a pada bulan ke-b dari stasiun ke-c, dimana  $a = 0,1; 0,5; 0,9$ ;  $b = 1,2,\dots,12$  dan  $c = 1,2,\dots,9$ ,  
 $\varepsilon_{abcd} \sim N(0, \sigma^2)$

$\eta_{abcd}$  : *error* (3.2) untuk kuantil ke-a pada bulan ke-b dari stasiun ke-c, dimana  $a = 0,1; 0,5; 0,9$ ;  $b = 1,2,\dots,12$  dan  $c = 1,2,\dots,9$ ,  
 $\eta_{abcd} \sim N(0, \sigma^2)$

- h. Mendapatkan model untuk prediksi kuantil bulanan curah hujan maupun kuantil bulanan suhu maksimum dengan data yang digunakan dalam regresi adalah data *testing/validasi*.
- i. *Generate* data harian variabel curah hujan dan suhu maksimum berdasarkan nilai kuantil bulanan yang didapatkan dari model regresi, baik untuk data periode dasar maupun periode mendatang.
- j. Melakukan *Quantile Matching (QM)*, yakni dengan mengurutkan (*sort*) data asli berdasarkan nilai kuantil bulanan. Kemudian mencocokkan nilai *generate* dengan nilai asli yang telah diurutkan berdasarkan nilai kuantil

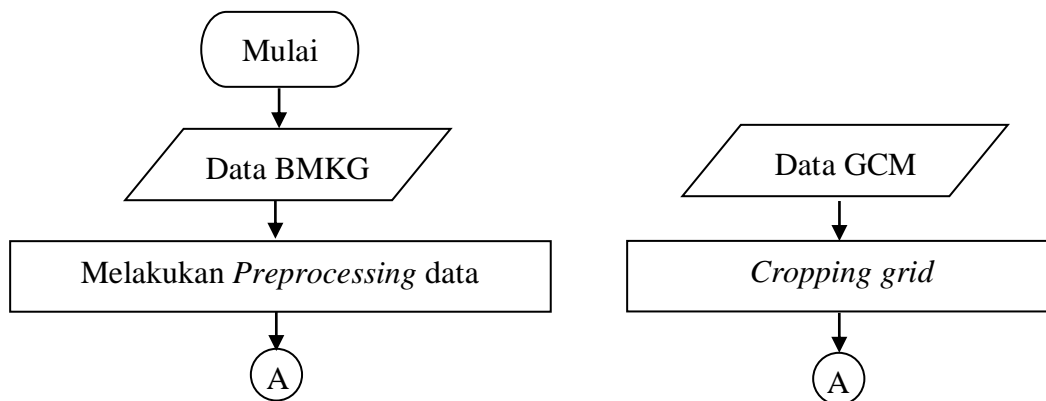
bulanan dan menghitung nilai koreksi error sebagaimana tertera pada persamaan (2.10). Proses tersebut dilakukan untuk masing-masing bulan pada periode dasar. QM juga dilakukan untuk periode mendatang, yakni *sort* data asli berdasarkan nilai kuantil bulanan lalu melakukan pencocokan nilai *generate* dengan nilai asli periode mendatang berdasarkan nilai kuantil bulanan. Selanjutnya mendapatkan nilai  $Y_{m_f}$  sehingga dapat dilakukan perhitungan untuk nilai  $\tilde{Y}_{m_f}$  pada persamaan (2.10). Proses QM dilakukan untuk masing-masing variabel curah hujan maupun suhu maksimum.

- k. Melakukan *block bootstrap* untuk masing-masing bulan yang akan diproyeksi dengan *resampling* dilakukan sebanyak 1000 kali. Kemudian membangun interval kepercayaan *bootstrap* 95% dan menghitung proporsi data observasi yang masuk ke dalam interval prediksi *bootstrap*.

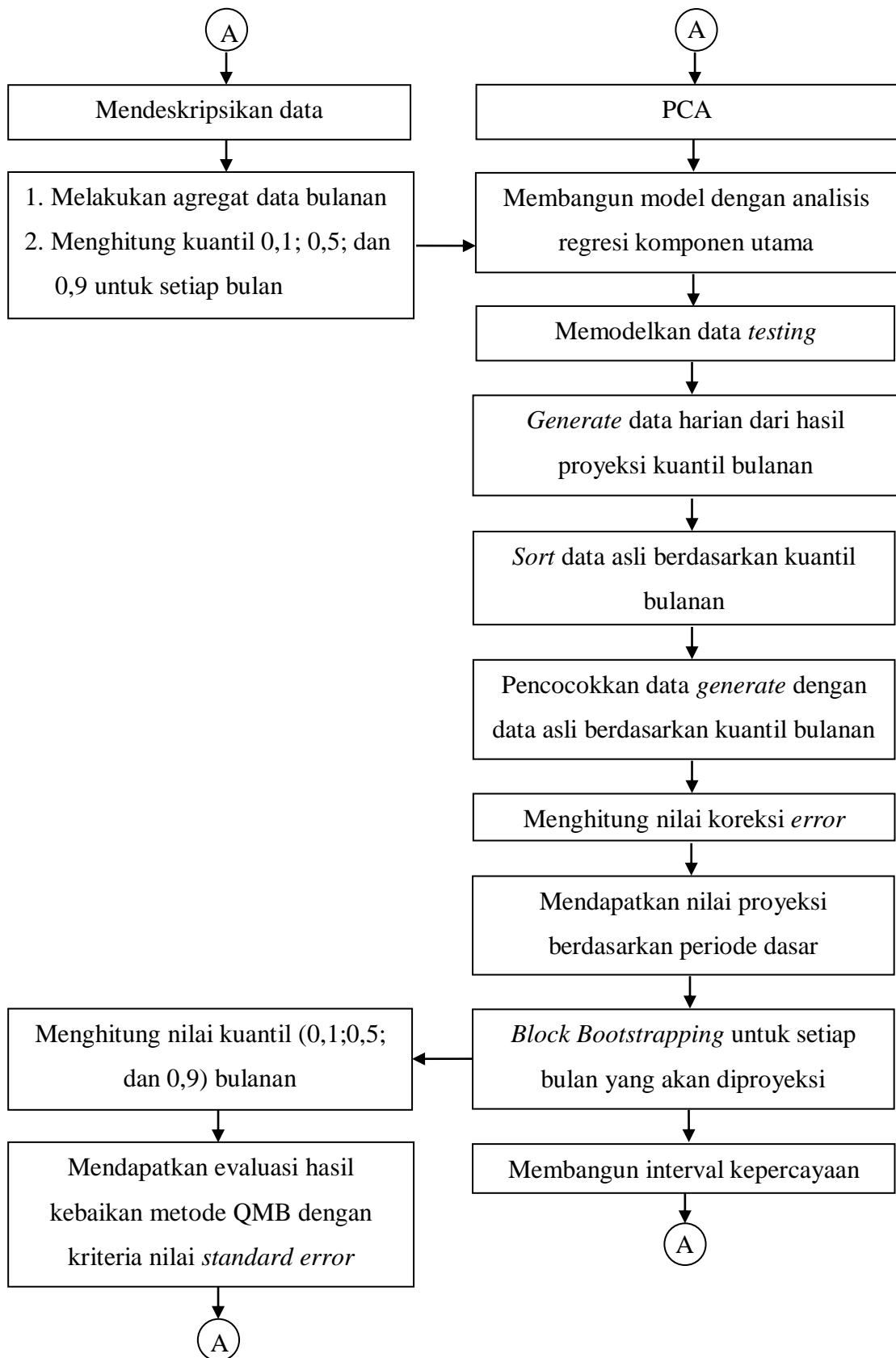
Langkah-langkah analisis yang dibutuhkan untuk mencapai tujuan penelitian aplikatif yang kedua pada Bab 1 adalah sebagai berikut.

- a. Mendapatkan nilai proyeksi kuantil bulanan metode regresi.
- b. Menghitung nilai kuantil (0,1; 0,5; dan 0,9) bulanan dari hasil proyeksi iklim harian metode QMB.
- c. Mendapatkan evaluasi hasil kebaikan metode QMB dalam melakukan proyeksi iklim dengan kriteria berupa nilai *standard error* dan pembatasan perbandingan dilakukan hanya untuk proyeksi kuantil bulanan.

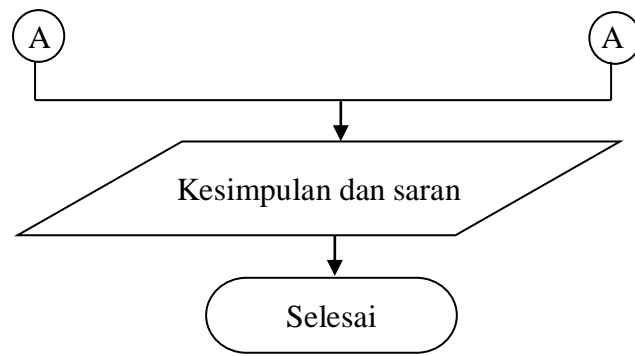
Prosedur analisis data untuk mencapai tujuan penelitian ditampilkan dalam bentuk diagram alir pada Gambar 3.2.



Gambar 3.2 Diagram Alir Metode QMB



Gambar 3.2 Diagram Alir Metode QMB (lanjutan)



Gambar 3.2 Diagram Alir Metode QMB (lanjutan)

## BAB IV

### ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian ini analisis mengenai curah hujan dan suhu maksimum dilakukan empat tahap yaitu, *preprocessing* data, statistika deskriptif, regresi linier data BMKG dengan kovariat data luaran GCM, serta proyeksi iklim menggunakan *Quantile Matching Bootstrap* (QMB). Berikut merupakan hasil analisis dan pembahasan yang diperoleh.

#### 4.1 *Preprocessing* Data Curah Hujan dan Suhu Maksimum

Setelah data curah hujan dan suhu maksimum didapatkan dari *website* BMKG, perlu dilakukan imputasi data dikarenakan ada data missing dengan rincian sebagai berikut.

Tabel 4.1 Jumlah Data *Missing* pada Masing-Masing Stasiun

No.	Stasiun	% <i>Missing</i> Curah Hujan	% <i>Missing</i> Suhu Maksimum
1	Stasiun Meteorologi Komodo	3,03	2,81
2	Stasiun Meteorologi Frans Sales Lega	10,23	3,83
3	Stasiun Meteorologi Fransiskus Xaverius Seda	16,99	2,26
4	Stasiun Meteorologi Gewayantana	9,73	10,86
5	Stasiun Meteorologi Mali	29,23	17,23
6	Stasiun Meteorologi Umbu Mehang Kunda	11,46	9,06
7	Stasiun Klimatologi Lasiana	39,15	27,38
8	Stasiun Meteorologi Eltari	28,45	11,36
9	Stasiun Meteorologi Tardamu	17,21	9,47

Total data untuk masing-masing variabel di masing-masing stasiun adalah 4.748 data, yakni data harian selama 13 tahun dari tahun 2006 sampai 2018. Data *missing* (variabel curah hujan dan suhu maksimum) paling banyak terdapat pada Stasiun Klimatologi Lasiana yakni hampir 40% data *missing* untuk variabel curah hujan dan hampir 30% data *missing* untuk variabel suhu maksimum. Stasiun Meteorologi Komodo merupakan stasiun yang paling sedikit

jumlah data *missing*nya untuk variabel curah hujan, sedangkan Stasiun Meteorologi Fransiskus Xaverius Seda adalah stasiun yang paling sedikit jumlah data *missing*nya untuk variabel suhu maksimum sebagaimana ditampilkan pada Tabel 4.1.

Imputasi pada data *missing* dilakukan dengan menggunakan imputasi regresi antara stasiun dengan stasiun terdekatnya. Stasiun Meteorologi/Klimatologi di NTT tersebar di beberapa titik wilayah sebagaimana disajikan pada Gambar 3.1. Stasiun Meteorologi Eltari dengan Stasiun Meteorologi Tardamu adalah yang paling berdekatan jaraknya. Stasiun Meteorologi Komodo paling dekat dengan Stasiun Meteorologi Frans Sales Lega, dan persebaran stasiun lainnya terlihat pada Gambar 3.1.

Kedekatan stasiun pengamatan sebagaimana disajikan Gambar 3.1 digunakan untuk imputasi regresi pada data *missing*. Sebagai contoh, terdapat data *missing* untuk variabel curah hujan di Stasiun Meteorologi Tardamu pada tanggal 4 Januari 2006. Imputasi dapat dilakukan dengan regresi stasiun terdekat dari Stasiun Meteorologi Tardamu. Diketahui bahwa Stasiun Meteorologi Tardamu memiliki tiga stasiun yang cukup dekat, yaitu Stasiun Meteorologi Umbu Mehang Kunda, Stasiun Klimatologi Lasiana, dan Stasiun Meteorologi Eltari. Untuk mendapatkan nilai imputasi stasiun mana yang digunakan, maka dilakukan regresi antara Stasiun Meteorologi Tardamu dengan stasiun terdekatnya. Berikut ini disajikan data yang digunakan untuk regresi.

Tabel 4.2 Data Curah Hujan Harian di Stasiun Meteorologi Umbu, Lasiana, Eltari, dan Tardamu Tanggal 4-10 Januari 2006

<b>Tanggal</b>	<b>Umbu</b>	<b>Lasiana</b>	<b>Eltari</b>	<b>Tardamu</b>
04/01/2006	4	9,4	5	*
05/01/2006	0,5	6,3	3	4,3
06/01/2006	32,1	0	69	13,1
07/01/2006	6	54,6	9	1,3
08/01/2006	0	7,6	0	0
09/01/2006	0	0	33	0
10/01/2006	8,3	15,5	34	8,9

Data yang digunakan untuk regresi imputasi adalah data curah hujan harian setelah terjadi data *missing* yaitu tanggal 5-10 Januari 2006 sebagaimana



ditunjukkan pada Tabel 4.2. Data curah hujan harian Stasiun Meteorologi Tardamu sebagai respon ( $y$ ) dan prediktornya ( $x$ ) adalah curah hujan harian stasiun terdekat sehingga terdapat tiga persamaan regresi. Kemudian memilih nilai  $R^2$  paling tinggi yang dihasilkan dari ketiga regresi sehingga didapatkan nilai imputasi yang paling baik untuk data *missing*.

Setelah dilakukan regresi, diketahui bahwa hanya regresi antara Stasiun Meteorologi Tardamu dan Stasiun Meteorologi Umbu yang memberikan hasil berpengaruh signifikan. Sedangkan regresi dengan dua stasiun lainnya tidak signifikan berpengaruh. Nilai  $R^2$  yang dihasilkan dari regresi antara Stasiun Meteorologi Tardamu dan Stasiun Meteorologi Umbu sudah cukup tinggi yakni sebesar 75,2%. Oleh karena itu, imputasi data *missing* pada Stasiun Meteorologi Tardamu dapat dilakukan dengan persamaan regresi:

$$y = 1,67 + 0,375x \quad (4.1)$$

Selanjutnya adalah menghitung nilai imputasi untuk tanggal 4 Januari 2006, yakni dengan mensubstitusi  $x = 4$  (nilai curah hujan Stasiun Meteorologi Umbu pada tanggal 4 Januari 2006) pada persamaan regresi yang telah didapatkan. Diperoleh hasil nilai  $y$  (curah hujan harian Stasiun Meteorologi Tardamu tanggal 4 Januari 2006) sebesar 3,17 mm.

Imputasi regresi ini dilakukan untuk data-data *missing* lainnya, baik untuk variabel curah hujan maupun suhu maksimum. Sedangkan apabila pada tanggal yang sama terdapat data *missing* di dua stasiun yang berdekatan, maka tidak dilakukan imputasi regresi, tetapi dilakukan imputasi *mean*. Imputasi *mean* yakni dengan menghitung nilai rata-rata curah hujan atau suhu maksimum harian pada tanggal yang *missing* di tahun-tahun sebelumnya. Sebagai contoh, terdapat data *missing* di Stasiun Meteorologi Tardamu pada tanggal 1-15 Januari 2013. Stasiun terdekatnya, yakni Stasiun Meteorologi Umbu juga terdapat data *missing* pada tanggal yang sama sehingga tidak dapat dilakukan imputasi regresi. Oleh karena itu, dilakukan imputasi *mean* dari data curah hujan harian pada masing-masing data *missing* di tahun-tahun sebelumnya.

## 4.2 Statistika Deskriptif Curah Hujan dan Suhu Maksimum di Sembilan Stasiun Pengamatan

Statistika deskriptif curah hujan harian NTT periode tahunan untuk tahun 2006-2018 pada sembilan stasiun pengamatan dilakukan sebagai informasi awal untuk mengetahui karakteristik dan pola curah hujan di NTT. Tabel 4.3 menunjukkan bahwa rata-rata curah hujan harian selama 13 tahun di sembilan stasiun pengamatan memiliki nilai yang hampir sama, kecuali Stasiun Meteorologi Frans Sales Lega memiliki rata-rata curah hujan harian tertinggi, yakni sebesar 10,85 mm/hari. Untuk rata-rata curah hujan harian lainnya ditabelkan pada Tabel 4.3 berikut ini.

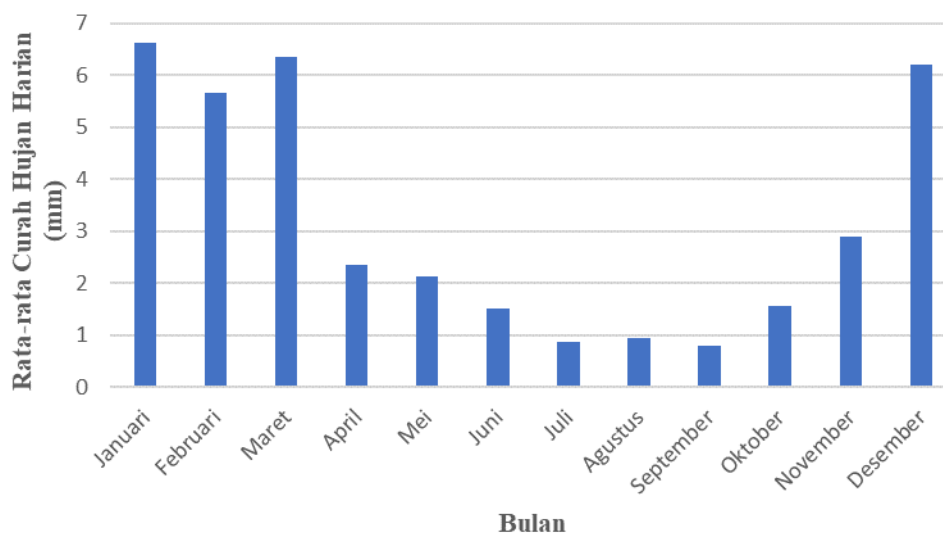
Tabel 4.3 Nilai Rata-Rata, Standar Deviasi, dan Kisaran Tinggi Curah Hujan di Sembilan Stasiun Pengamatan Tahun 2006-2018

No.	Stasiun Pengamatan	Rata-rata (mm/hari)	Std Dev	Kisaran tinggi curah hujan (mm)
1	Komodo	3,18	8,84	0-105,7
2	Frans Sales Lega	10,85	17,93	0-218,7
3	Fransiskus Xaverius Seda	2,92	8,29	0-110,4
4	Gewayantana	3,66	11,53	0-180,5
5	Mali	3,42	10,02	0-164,6
6	Umbu Mehang Kunda	2,55	7,96	0-115,2
7	Lasiana	4,37	12,52	0-210,9
8	Eltari	4,94	12,52	0-182,0
9	Tardamu	3,31	10,01	0-239,3

Curah hujan di daerah Sumba Timur dan sekitarnya (Stasiun Meteorologi Umbu Mehang Kunda) memiliki nilai standar deviasi yang paling kecil yaitu sebesar 7,96, hal tersebut menunjukkan bahwa keragaman curah hujan harian selama 13 tahun di daerah Sumba Timur yang paling kecil. Sedangkan keragaman curah hujan terbesar yaitu 17,93 (Stasiun Meteorologi Frans Sales Lega) sebagaimana disajikan pada Tabel 4.3. Curah hujan harian tertinggi terjadi di daerah Pulau Sawu (Stasiun Meteorologi Tardamu) dengan curah hujan sebesar 239,3 mm.

Pola curah hujan di sembilan stasiun pengamatan dapat diidentifikasi dengan menggunakan diagram batang yang didapatkan dari nilai rata-rata per

bulan curah hujan harian di masing-masing stasiun pengamatan pada tahun 2006 sampai 2018. Pola curah hujan harian periode bulanan di Stasiun Meteorologi Komodo disajikan pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Pola Curah Hujan Harian di Stasiun Meteorologi Komodo

Gambar 4.1 merupakan pola curah hujan di Stasiun Meteorologi Komodo (Kabupaten Manggarai dan sekitarnya) yang terbentuk dari rata-rata curah hujan harian dari bulan Januari 2006 hingga bulan Desember 2018 membentuk pola monsun. Puncak musim hujan pada Stasiun Meteorologi Komodo terjadi pada bulan Januari dengan rata-rata curah hujan sebesar 6,6 mm/hari.

Pola hujan monsun memiliki 4 pengelompokan zona musim, yaitu musim hujan, transisi musim hujan ke musim kemarau, musim kemarau, dan transisi musim kemarau ke musim hujan. Pada bulan Juni, Juli, Agustus, September, dan Oktober memiliki curah hujan yang rendah dibandingkan dengan bulan-bulan yang lain. Hal tersebut dikarenakan pada bulan Juni, Juli, Agustus, September, dan Oktober terjadi musim kemarau, sedangkan pada bulan November terjadi transisi musim kemarau ke musim hujan. Puncak kemarau terjadi pada bulan September dengan rata-rata curah hujan sebesar 0,79 mm/hari.

Pola curah hujan harian di delapan stasiun lainnya disajikan pada Lampiran 3. Kedelapan stasiun lainnya juga memiliki pola curah hujan harian

yang sama yaitu pola monsun. Stasiun Meteorologi Frans Sales Lega memiliki satu puncak musim hujan pada bulan Desember dengan rata-rata curah hujan sebesar 17,26 mm/hari. Untuk Stasiun Meteorologi Fransiskus Xaverius Seda dan Stasiun Meteorologi Umbu Mehang Kunda memiliki puncak musim hujan pada bulan Februari sebesar hampir 7 mm/hari. Sedangkan kelima stasiun lainnya memiliki puncak musim hujan yang sama yaitu pada bulan Januari dengan rata-rata curah hujan Stasiun Meteorologi Gewayantana, Stasiun Meteorologi Mali, Stasiun Klimatologi Lasiana, dan Stasiun Meteorologi Eltari mencapai di atas 10 mm/hari. Sedangkan Stasiun Meteorologi Tardamu memiliki rata-rata curah hujan untuk puncak musim hujan yakni sekitar 9 mm/hari.

Tidak berbeda dengan Stasiun Meteorologi Komodo, kedelapan stasiun lainnya juga memiliki nilai rata-rata curah hujan harian rendah yang terjadi pada bulan Mei, Juni, Juli, Agustus, September, dan Oktober. Pada Stasiun Meteorologi Umbu Mehang Kunda, Stasiun Klimatologi Lasiana, dan Stasiun Meteorologi Tardamu bulan Agustus hampir pernah tidak terjadi hujan, hal tersebut dibuktikan dengan rata-rata curah hujan untuk masing-masing stasiun pada Agustus sekitar 0,06 mm/hari.

Sedangkan untuk contoh *time series plot* bulanan curah hujan di Stasiun Meteorologi Komodo disajikan pada gambar berikut.



Gambar 4.2 *Time Series Plot* Bulanan Curah Hujan di Stasiun Meteorologi Komodo

Gambar 4.2 menunjukkan bahwa curah hujan yang tinggi terlihat pada awal bulan untuk masing-masing tahunnya. Selain itu, pada akhir bulan juga relative tinggi curah hujannya, hal tersebut sesuai dengan pola monsoon

sebagaimana dijabarkan sebelumnya. *Time series plot* stasiun lainnya disajikan pada Lampiran 4.

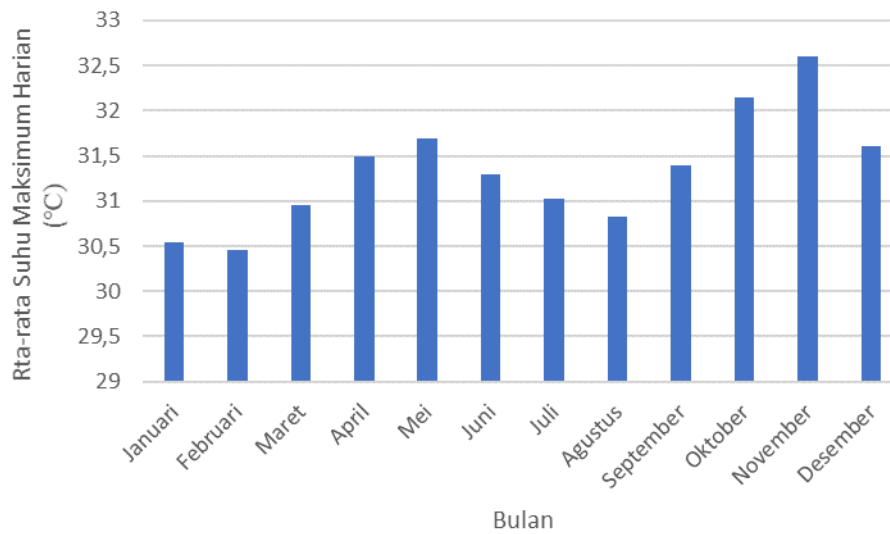
Selanjutnya adalah statistika deskriptif untuk variabel suhu maksimum. Suhu maksimum untuk stasiun pengamatan memiliki nilai yang hampir sama, kecuali Stasiun Meteorologi Frans Sales Lega dan Stasiun Fransiskus Xaverius Senda yang memiliki rata-rata suhu maksimum harian di bawah 30°C. Untuk rata-rata suhu maksimum harian lainnya ditabelkan pada Tabel 4.4 berikut ini.

Tabel 4.4 Nilai Rata-Rata, Standar Deviasi, dan Kisaran Suhu Maksimum di Sembilan Stasiun Pengamatan Tahun 2006-2018

No.	Stasiun Pengamatan	Rata-rata (°C)	Std Dev	Kisaran Suhu Maksimum (°C)
1	Komodo	31,3	1,22	25,2-38,8
2	Frans Sales Lega	25,0	1,38	15,1-32,0
3	Fransiskus Xaverius Seda	28,7	2,43	22,7-36,2
4	Gewayantana	32,1	1,45	23,1-37,2
5	Mali	31,7	1,19	22,8-37,2
6	Umbu Mehang Kunda	32,0	1,32	21,6-36,8
7	Lasiana	32,2	1,62	24,9-39,4
8	Eltari	32,2	1,91	19,3-38,6
9	Tardamu	32,0	1,41	24,4-36,5

Suhu maksimum di daerah Alor dan sekitarnya (Stasiun Meteorologi Mali) memiliki nilai standar deviasi yang paling kecil yaitu sebesar 1,19, hal tersebut menunjukkan bahwa keragaman suhu maksimum harian selama 13 tahun di daerah Alor yang paling kecil. Sedangkan keragaman suhu maksimum untuk stasiun lainnya juga tidak terlalu besar yaitu berkisar pada nilai 1,2-2,5 sebagaimana disajikan pada Tabel 4.4. Suhu maksimum harian tertinggi terjadi di daerah Kupang (Stasiun Klimatologi Lasiana) dengan suhu maksimum harian hampir mencapai 40°C.

Pola suhu maksimum di sembilan stasiun pengamatan dapat diidentifikasi dengan menggunakan diagram batang yang didapatkan dari nilai rata-rata per bulan suhu maksimum harian di masing-masing stasiun pengamatan pada tahun 2006 sampai 2018. Pola curah hujan harian periode bulanan di Stasiun Meteorologi Komodo disajikan pada Gambar 4.3.



Gambar 4.3 Pola Suhu Maksimum Harian di Stasiun Meteorologi Komodo

Gambar 4.3 merupakan pola suhu maksimum di Stasiun Meteorologi Komodo (Kabupaten Manggarai dan sekitarnya). Pada bulan Januari dan Februari terlihat bahwa suhu maksimum harian berada pada nilai 30°C yang merupakan nilai terendah jika dibandingkan dengan bulan-bulan lainnya. Hal tersebut dikarenakan pada dua bulan tersebut mengalami puncak musim hujan yang terjadi untuk Stasiun Meteorologi Komodo sebagaimana ditampilkan pada Gambar 4.1. Pada bulan Oktober memiliki suhu maksimum yang tinggi dibandingkan dengan bulan-bulan yang lain dikarenakan pada bulan Oktober terjadi musim kemarau, sedangkan pada bulan November terjadi transisi musim kemarau ke musim hujan. Puncak kemarau terjadi pada bulan Oktober dengan rata-rata suhu maksimum sekitar 33°C/hari. Pola suhu maksimum harian di delapan stasiun lainnya disajikan pada Lampiran 5. Kedelapan stasiun lainnya juga memiliki pola suhu maksimum harian hampir sama dengan Stasiun Meteorologi Komodo serta memiliki nilai rata-rata suhu maksimum harian rendah yang terjadi pada bulan September, Oktober, dan November, yakni berkisar 32°C-34°C/hari.

Selain pola suhu maksimum harian, berikut juga disajikan contoh *time series plot* bulanan suhu maksimum di Stasiun Meteorologi Komodo pada Gambar 4.4.



Gambar 4.4 *Time Series Plot* Bulanan Suhu Maksimum di Stasiun Meteorologi Komodo

Suhu Maksimum di Stasiun Meteorologi Komodo untuk masing-masing awal dan akhir tahun terlihat pada Gambar 4.4 memiliki nilai yang cukup rendah dibandingkan dengan bulan-bulan lainnya. Hal tersebut dikarenakan pada awal dan akhir tahun adalah musim hujan. Untuk *time series plot* stasiun lainnya dapat dilihat pada Lampiran 6.

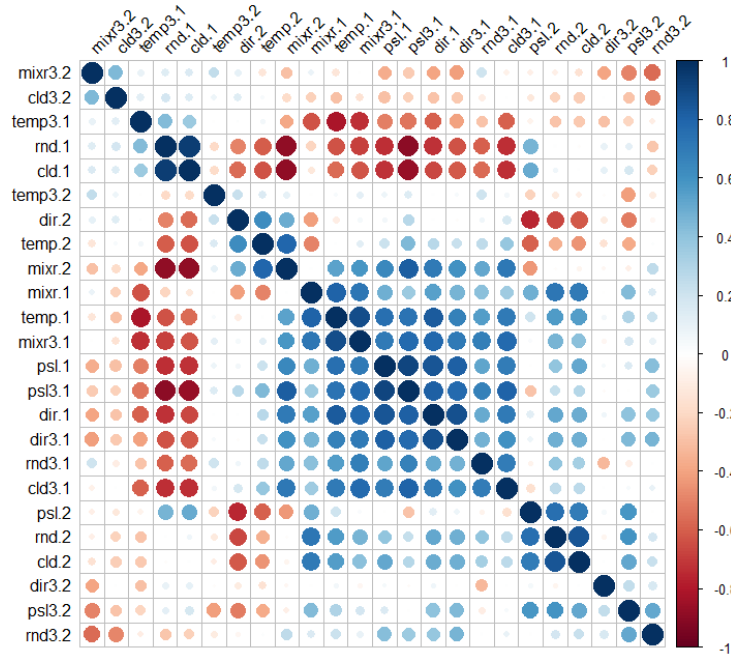
### 4.3 Kovariat Data Luaran GCM dan Agregat Data BMKG

Langkah awal yang dilakukan terhadap data luaran GCM adalah reduksi dimensi dengan menggunakan PCA. Dimensi awal data GCM untuk NTT adalah 5 *grid* untuk koordinat lintang dan 8 *grid* untuk koordinat bujur dengan variabel GCMnya berjumlah 6 variabel. Hasil reduksi dimensinya menjadi *grid* 2x2 dengan masing-masing variabel memiliki 4 PC sehingga didapatkan total keseluruhan 24 PC. 24 PC yang terbentuk memiliki proporsi nilai total varians sebesar 0,985, artinya keragaman yang dapat dijelaskan oleh komponen tersebut adalah sebesar 98,5%. Hasil data kovariat bulanan (PC) dari tahun 2006-2018 untuk wilayah Nusa Tenggara Timur sebagaimana disajikan pada Tabel 4.5.

Tabel 4.5 Data Kovariat untuk Wilayah Nusa Tenggara Timur

Tahun	Bulan	temp <sub>1</sub>	temp <sub>2</sub>	temp <sub>3.1</sub>	...	cld <sub>3.1</sub>	cld <sub>3.2</sub>
2006	1	-100,59	25,87	-0,58	...	-7,52	-0,39
2006	2	-110,80	27,26	5,03	...	-10,51	0,93
2006	3	-115,37	53,96	2,78	...	-1,49	0,28
...	...	...	...	...	...	...	...
2018	10	9,91	-22,75	6,69	...	-4,89	-2,12
2018	11	-30,85	-54,36	9,08	...	-5,24	1,71
2018	12	-48,99	-65,76	2,95	...	-4,88	0,05

Total keseluruhan untuk data kovariat yang dihasilkan pada Tabel 4.5 berjumlah 24 variabel kovariat. Variabel kovariat inilah yang selanjutnya akan digunakan sebagai variabel prediktor dalam regresi. Untuk variabel responnya dari data BMKG, yaitu variabel curah hujan dan suhu maksimum. Untuk nilai korelasi dari kovariat GCM disajikan pada *correlogram* berikut.



Gambar 4.5 *Correlogram* untuk Variabel Kovariat GCM

*Correlogram* menampilkan nilai korelasi dengan bentuk lingkaran. Pada Gambar 4.5 diketahui bahwa korelasi positif ditampilkan dengan warna biru, sedangkan korelasi negatif disajikan pada warna merah. Semakin kecil korelasi, maka semakin kecil ukuran lingkaran dan warnanya semakin pudar.

Selanjutnya adalah data BMKG akan diintegrasikan untuk mendapatkan data bulanan. Agregat dilakukan untuk masing-masing stasiun pengamatan. Langkah pertama yang dilakukan adalah mengidentifikasi hari hujan, yakni hari yang memiliki curah hujan tidak sama dengan 0 mm. Setelah proses tersebut maka dilakukan agregat data curah hujan bulanan dan didapatkan nilai untuk kuantil 0,1;0,5; dan 0,9 untuk masing-masing bulannya. Sedangkan untuk suhu maksimum tidak dilakukan identifikasi hari hujan sehingga langsung dilakukan agregat data bulanan. Sama seperti data curah hujan, data suhu maksimum juga

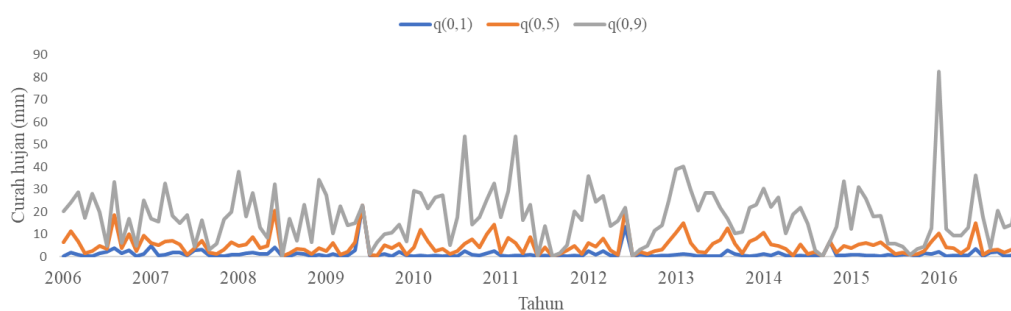


dihitung nilainya untuk kuantil 0,1;0,5; dan 0,9. Contoh hasil dari nilai kuantil agregat data untuk Stasiun Meteorologi Komodo disajikan pada Tabel 4.6 berikut. Untuk hasil stasiun pengamatan lainnya dapat dilihat pada Lampiran 7.

Tabel 4.6 Nilai Kuantil dari Agregat Data Curah Hujan dan Suhu Maksimum Stasiun Meteorologi Komodo

Tahun	Bulan	Curah Hujan			Suhu Maksimum		
		q <sub>0,1</sub>	q <sub>0,5</sub>	q <sub>0,9</sub>	q <sub>0,1</sub>	q <sub>0,5</sub>	q <sub>0,9</sub>
2006	1	0,29	6,45	20,08	28,60	29,80	31,20
2006	2	1,77	11,35	24,16	28,82	30,70	31,80
2006	3	0,76	6,85	28,57	28,80	29,80	31,00
2006	4	0,20	1,60	17,15	29,56	31,00	31,60
2006	5	0,10	2,30	28,00	30,40	31,20	32,00
...	...	...	...	...	...	...	...
2016	8	1,67	2,75	3,83	30,40	31,60	32,60
2016	9	1,99	3,15	20,55	31,80	33,00	33,82
2016	10	0,20	1,80	12,90	32,40	33,20	33,80
2016	11	0,42	3,20	14,40	33,18	34,00	34,80
2016	12	0,33	5,25	33,19	30,40	31,60	32,80

Data nilai kuantil untuk curah hujan pada Tabel 4.6 disajikan pada Gambar 4.6 berikut.

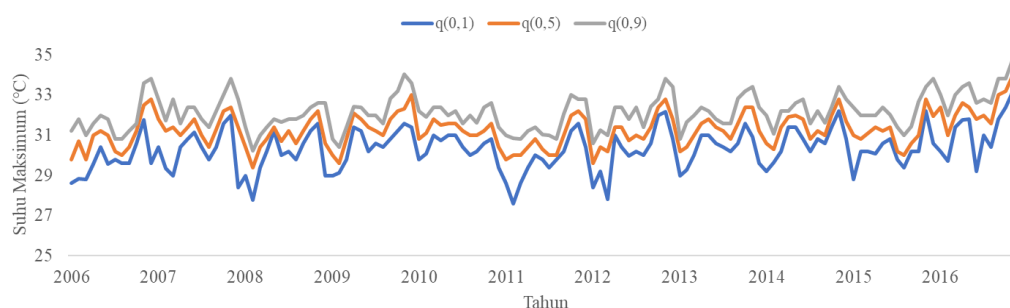


Gambar 4.6 *Time Series Plot* Data Kuantil Curah Hujan Bulanan di Stasiun Meteorologi Komodo

Berdasarkan Gambar 4.6, nilai kuantil 0,1 untuk curah hujan bulanan di Stasiun Meteorologi Komodo tahun 2006-2016 cenderung memiliki nilai sekitar 1 mm. Sedangkan untuk nilai kuantil 0,5 curah hujan bulannya kebanyakan bernilai di bawah 10 mm. Pada kuantil 0,9, curah hujan bulanan cukup bervariasi

nilainya, terlihat pula nilai curah hujan yang mendekati 90 mm, yakni terjadi pada bulan Januari 2016 dikarenakan pada bulan Januari tersebut adalah puncak musim hujan. Pola dari data kuantil terlihat bahwa nilai untuk bulan-bulan pada awal tahun dan akhir tahun cenderung memiliki nilai yang tinggi dibandingkan dengan bulan-bulan lainnya. Hal tersebut dikarenakan pada bulan-bulan tersebut adalah musim hujan sehingga curah hujannya relatif tinggi. Untuk stasiun lainnya memiliki pola yang hampir sama dengan Stasiun Meteorologi Komodo. *Time series plot* kuantil curah hujan bulanan stasiun lainnya disajikan pada Lampiran 8.

Berikut juga ditampilkan *time series plot* untuk data kuantil suhu maksimum bulanan.



Gambar 4.7 *Time Series Plot* Data Kuantil Suhu Maksimum Bulanan di Stasiun Meteorologi Komodo

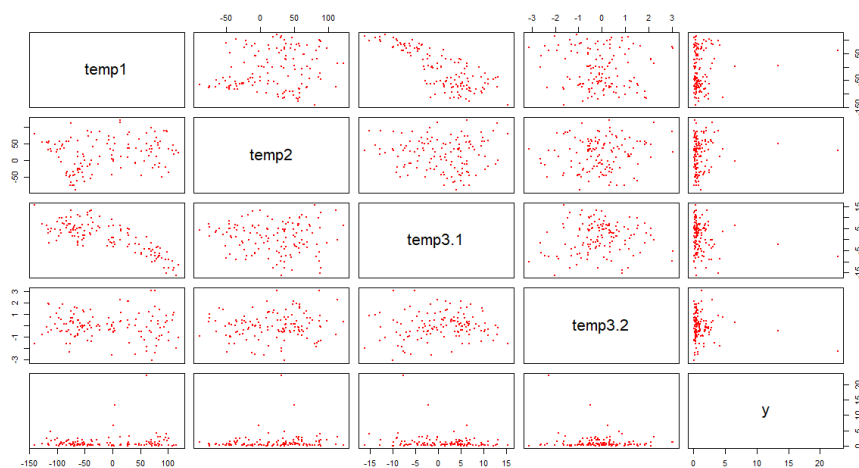
Gambar 4.7 memperlihatkan bahwa ada pola yang hampir sama antar-tahunnya. Pola tersebut menggambarkan bahwa pada bulan-bulan awal dan akhir suhu maksimum berada pada nilai yang rendah dibandingkan bulan lainnya. Hal tersebut sejalan dengan pola dari kuantil curah hujan pada Gambar 4.6. Ketika curah hujan tinggi, maka suhu maksimum akan cenderung rendah. Nilai kuantil 0,1 untuk tahun 2011 berada pada titik terbawah, yakni sekitar 27°C. Nilai kuantil tersebut adalah nilai pada bulan Februari yang merupakan bulan pada musim hujan. Untuk nilai kuantil 0,5 tahun 2006-2016 berada pada nilai di atas 29°C. Sedangkan untuk nilai kuantil 0,9 terlihat bahwa nilainya tinggi untuk bulan-bulan mendekati bulan akhir dikarenakan pada bulan tersebut terjadi musim kemarau sehingga suhu maksimumnya cukup tinggi. *Time series plot* kuantil suhu maksimum di stasiun lainnya dapat dilihat pada Lampiran 9.

#### 4.4 Pemodelan pada Kuantil 0,1;0,5 dan 0,9 Menggunakan Regresi Linier

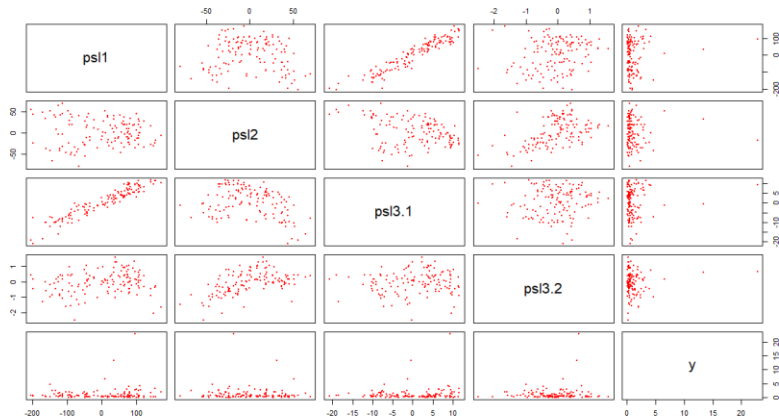
Model yang dibangun untuk mendapatkan nilai proyeksi kuantil sebagai tahap awal metode *Quantile Matching Bootstrap* (QMB) dilakukan dengan regresi linier dengan cara meregresikan data luaran GCM, yakni kovariat dari variabel *mean daily temperature* (*temp*), tekanan permukaan laut (*psl*), kelembaban spesifik (*rnd*), komponen angin (*dir*), *mixing ratio* (*mixr*), dan ketinggian geopotensial (*cld*) sebagai variabel prediktor, sedangkan untuk variabel responnya dari data BMKG, yaitu variabel curah hujan dan suhu maksimum. Data curah hujan dan suhu maksimum yang digunakan berupa data agregat bulanan. Pemodelan dilakukan untuk masing-masing kuantil data 0,1;0,5; dan 0,9 pada setiap stasiun pengamatan. Berikut ini merupakan pemodelan pada data *in sample* (data tahun 2006-2016).

##### 4.4.1 Regresi Linier pada Stasiun Meteorologi Komodo

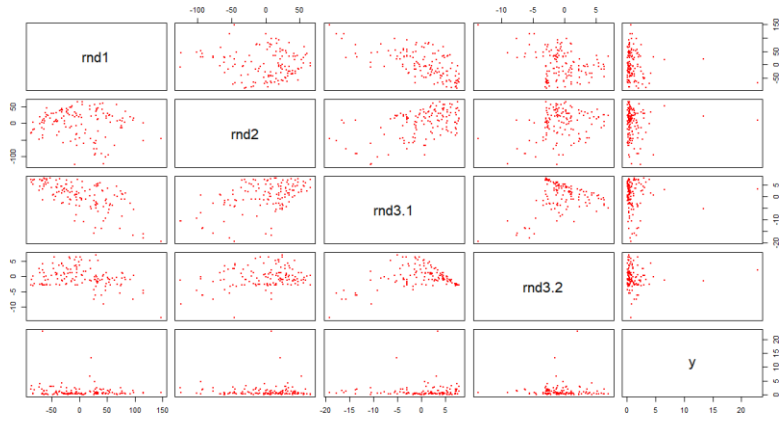
Pemodelan untuk proyeksi kuantil dilakukan dengan model regresi linier berganda. Sebelum melakukan pemodelan, terlebih dahulu membuat *scatterplot* untuk mengetahui bagaimana pola hubungan dua variabel. Berikut merupakan contoh *scatterplot* untuk variabel respon curah hujan kuantil 0,1 dengan variabel prediktornya.



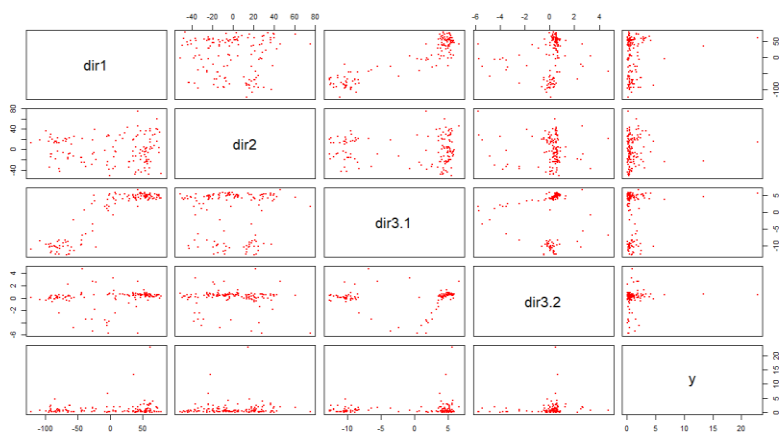
(a) *Scatterplot*: Respon dengan Kovariat *Mean Daily Temperature*



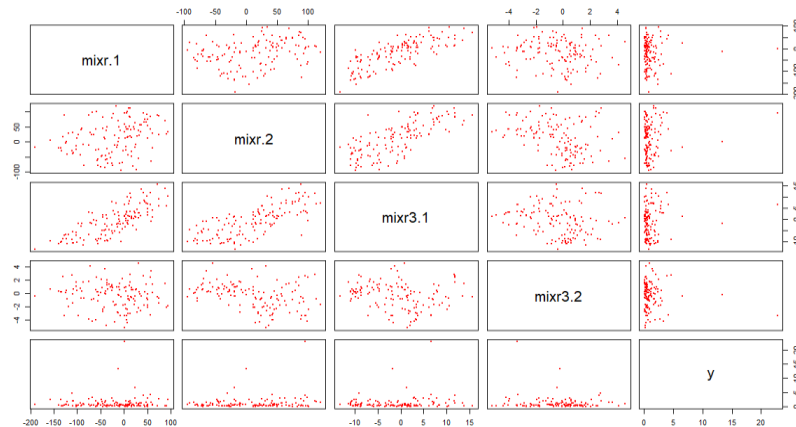
(b) *Scatterplot*: Respon dengan Kovariat Tekanan Permukaan Laut



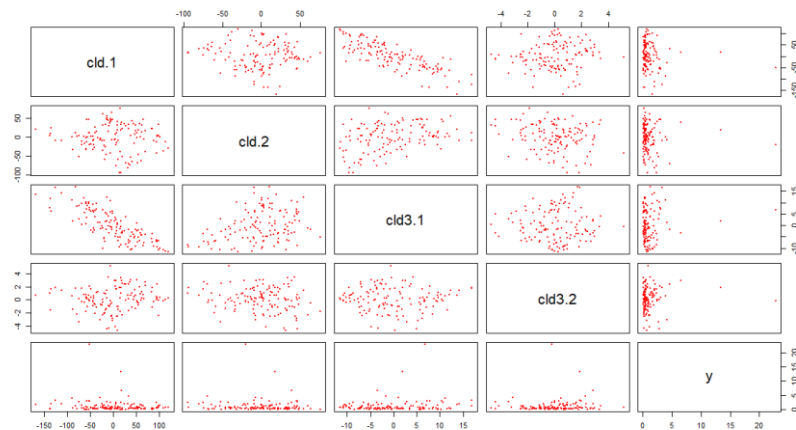
(c) *Scatterplot*: Respon dengan Kovariat Kelembaban Spesifik



(d) *Scatterplot*: Respon dengan Kovariat Komponen Angin



(e) *Scatterplot: Respon dengan Kovariat Mixing Ratio*



(f) *Scatterplot: Respon dengan Kovariat Ketinggian Geopotensial*

Gambar 4.8 *Scatterplot* Variabel Respon (Curah Hujan Kuantil 0,1) dengan Variabel Kovariat (Prediktor) Stasiun Meteorologi Komodo

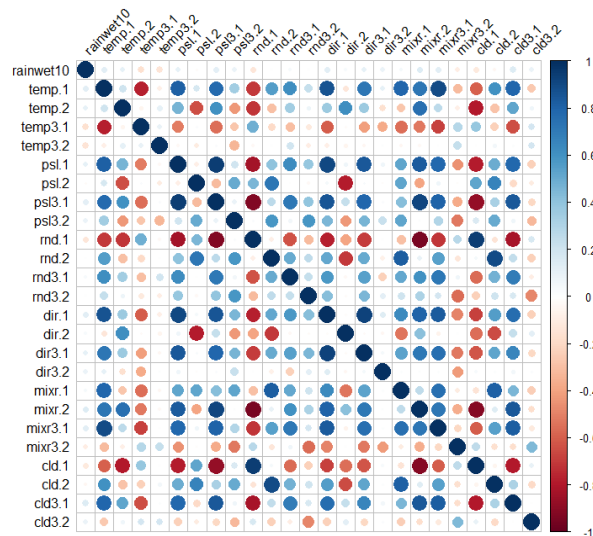
Gambar 4.8 menunjukkan pola hubungan variabel curah hujan kuantil 0,1 dengan variabel kovariat (prediktor) yaitu variabel *mean daily temperature*, tekanan permukaan laut, kelembaban spesifik, komponen angin, *mixing ratio*, dan ketinggian geopotensial. Pada Gambar 4.8 (a) terlihat bahwa tidak terdapat pola yang jelas antara respon dengan kovariat *mean daily temperature*. Hal tersebut ditunjukkan oleh titik-titik yang terlihat mengumpul. Tidak jauh berbeda dengan Gambar 4.8 (a), Gambar 4.8 (b) sampai Gambar 4.8 (f) pun menunjukkan pola yang hampir sama. Oleh karena itu, maka selanjutnya dilakukan perhitungan nilai

korelasi dan didapatkan matriks korelasi sebagaimana disajikan pada Tabel 4.7 berikut.

Tabel 4.7 Matriks Korelasi antara Respon Curah Hujan Kuantil 0,1 dengan Variabel Kovariat *Mean Daily Temperature*

	y	temp <sub>1</sub>	temp <sub>2</sub>	...	dir <sub>1</sub>	...	cld <sub>3,1</sub>	cld <sub>3,2</sub>
y	1,00	0,17	0,07	...	0,13	...	0,13	-0,02
temp <sub>1</sub>	0,17	1,00	0,09	...	0,84	...	0,76	-0,38
temp <sub>2</sub>	0,07	0,09	1,00	...	0,29	...	0,45	0,02
...	...	...	...	...	...	...	...	...
dir <sub>1</sub>	0,13	0,84	0,29	...	1,00	...	0,75	-0,32
...	...	...	...	...	...	...	...	...
cld <sub>3,1</sub>	0,13	0,76	0,45	...	0,75	...	1,00	-0,12
cld <sub>3,2</sub>	-0,02	-0,38	0,02	...	-0,32	...	-0,12	1,00

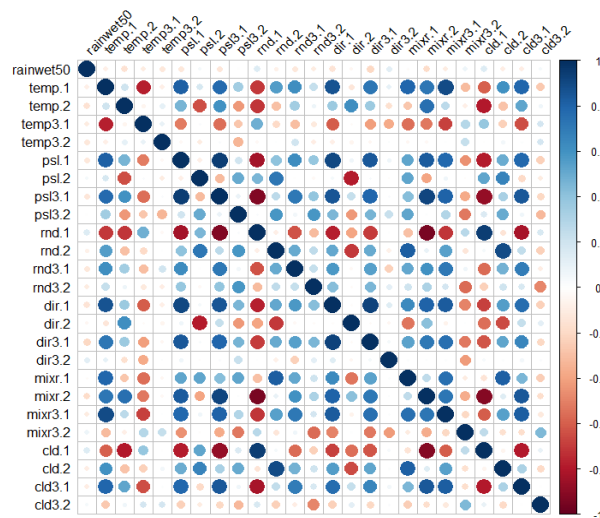
Sedangkan visualisasi dari matriks korelasi di atas disajikan pada Gambar 4.9 berikut.



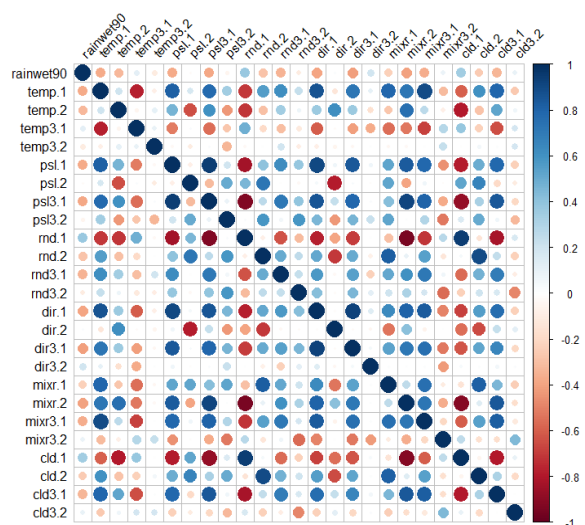
Gambar 4.9 *Correlogram* antara Variabel Curah Hujan Kuantil 0,1 dengan Variabel Kovariat untuk Stasiun Meteorologi Komodo

Gambar 4.9 menyajikan visualisasi dari matriks korelasi dengan bentuk lingkaran. Korelasi variabel respon dengan kovariat dapat dilihat pada bagian atas atau samping dari *correlogram* dan didapatkan warna merah maupun warna biru yang agak pudar dengan ukuran lingkaran yang cukup kecil. Hal tersebut

menunjukkan bahwa nilai korelasi yang didapatkan antara variabel respon dengan variabel kovariat (prediktor)nya kecil. Nilai korelasi antara curah hujan kuantil 0,1 dengan variabel kovariatnya hampir senada dengan nilai korelasi antara curah hujan kuantil 0,5 dengan kovariatnya. *Correlogram* untuk curah hujan kuantil 0,5 dengan kovariatnya disajikan pada Gambar 4.9. yang merupakan visualisasi dari matriks korelasi. Sedangkan untuk curah hujan kuantil 0,9 memberikan hasil korelasi yang cukup berbeda dari curah hujan kuantil 0,1 dan kuantil 0,5. Hal tersebut ditunjukkan pada *plot* yang ditampilkan pada Gambar 4.10.



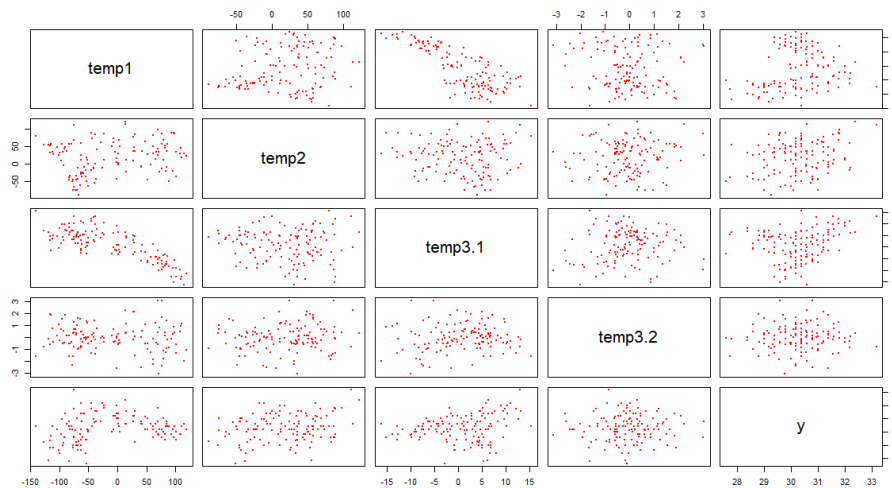
Gambar 4.10 *Correlogram* antara Variabel Curah Hujan Kuantil 0,5 dengan Variabel Kovariatnya untuk Stasiun Meteorologi Komodo



Gambar 4.11 *Correlogram* antara Variabel Curah Hujan Kuantil 0,9 dengan Variabel Kovariatnya untuk Stasiun Meteorologi Komodo

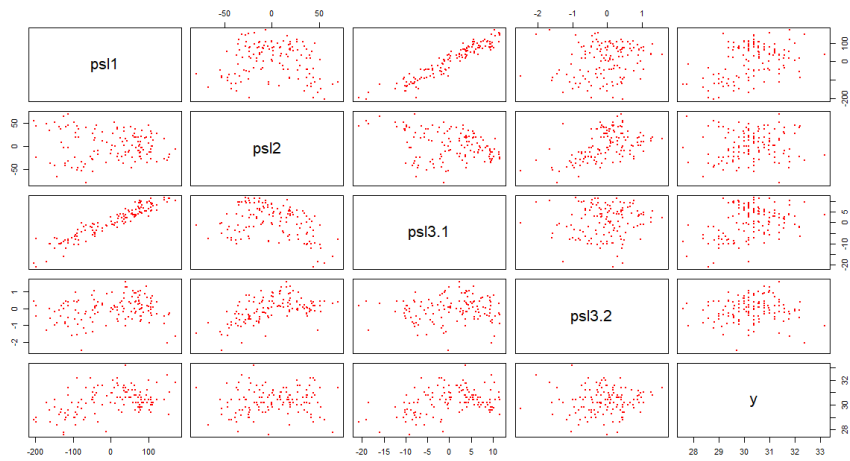
Pada Gambar 4.10 terlihat bahwa beberapa ukuran lingkaran yang didapatkan berukuran kecil, hal tersebut menunjukkan bahwa korelasinya kecil. Sedangkan terdapat pula beberapa lingkaran yang berukuran sedang dan berwarna merah sedikit pudar yang menyatakan bahwa terdapat korelasi negatif. Korelasi negatif tersebut antara curah hujan kuantil 0,5 dengan  $temp_2$ ,  $temp_{3.2}$ ,  $dir_{3.1}$ , dan  $mixr_2$ . Sedangkan untuk korelasi dengan lingkaran berwarna biru dengan ukuran sedang yang menyatakan bahwa terdapat kecenderungan korelasi positif antara curah hujan kuantil 0,5 dengan  $cld_1$  dan  $rnd_1$ . Untuk Gambar 4.11 memperlihatkan lebih banyak lingkaran yang berukuran sedang dan berwarna cukup jelas. Korelasi dengan warna merah yang berarti terdapat korelasi negatif yakni antara curah hujan 0,9 dengan beberapa variabel prediktornya, yakni  $temp_1$ ,  $temp_2$ ,  $psl_1$ ,  $psl_{3.1}$ ,  $rnd_2$ ,  $rnd_{3.1}$ ,  $dir_1$ ,  $dir_{3.1}$ ,  $mixr_1$ ,  $mixr_2$ ,  $mixr_{3.1}$ ,  $cld_2$ , dan  $cld_{3.1}$ . Sedangkan untuk korelasi positifnya adalah korelasi dengan  $rnd_1$  dan  $cld_1$ .

Variabel respon lainnya yang digunakan selain curah hujan adalah suhu maksimum. Sama seperti pada penjelasan sebelumnya, maka dibentuk *scatterplot* untuk mengetahui pola hubungan suhu maksimum dengan variabel kovariat (prediktor). Berikut merupakan contoh *scatterplot* untuk suhu maksimum kuantil 0,1 dengan kovariatnya.

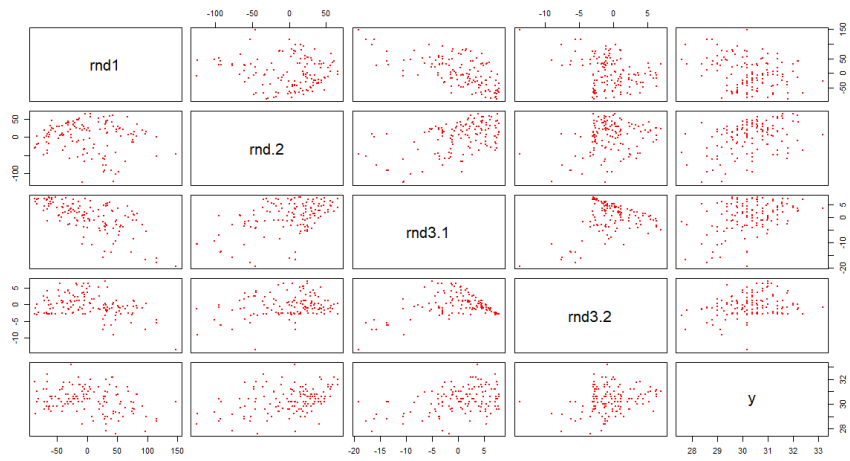


(a) *Scatterplot: Respon dengan Kovariat Mean Daily Temperature*

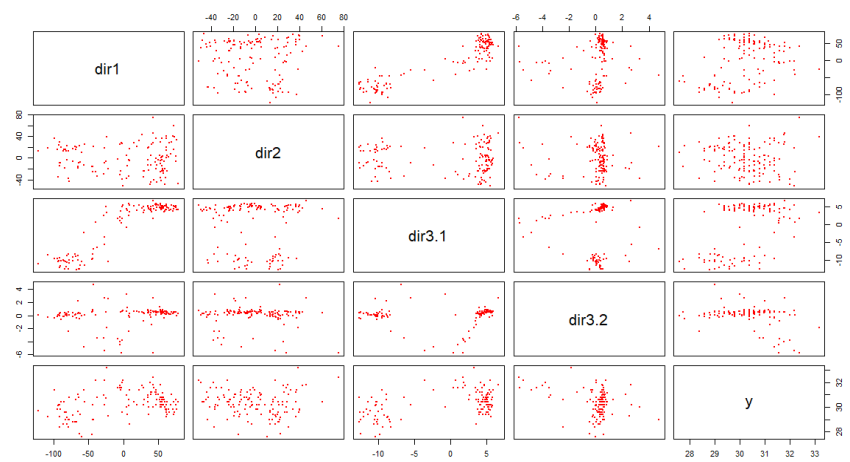




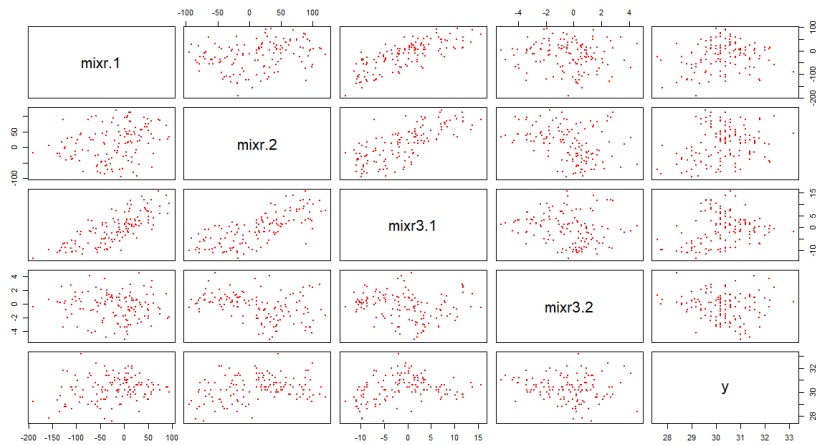
(b) *Scatterplot*: Respon dengan Kovariat Tekanan Permukaan Laut



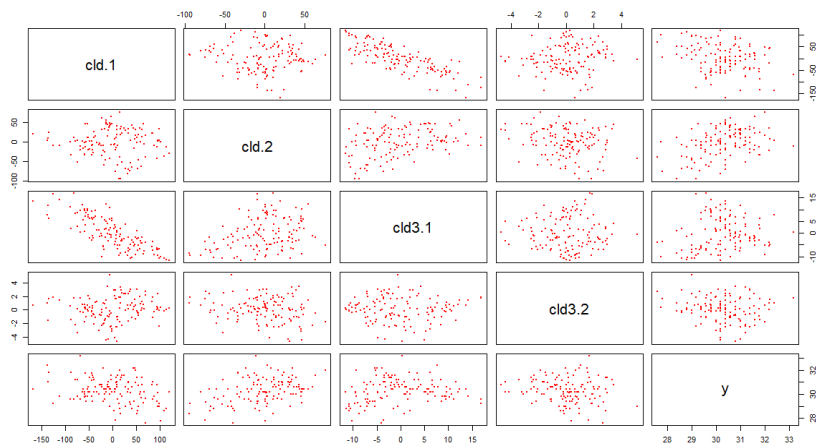
(c) *Scatterplot*: Respon dengan Kovariat Kelembaban Spesifik



(d) *Scatterplot*: Respon dengan Kovariat Komponen Angin



(e) Scatterplot: Respon dengan Kovariat *Mixing Ratio*

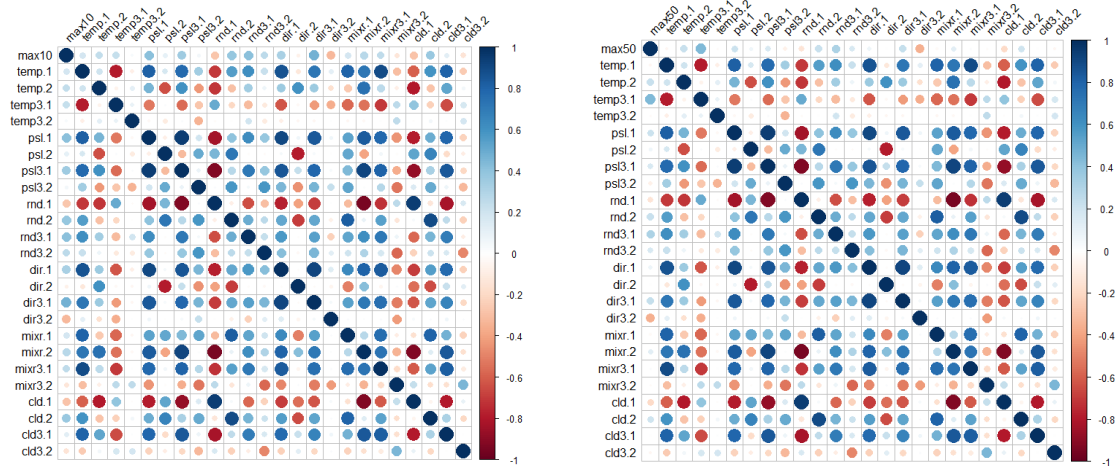


(f) Scatterplot: Respon dengan Kovariat Ketinggian Geopotensial

Gambar 4.12 Scatterplot Variabel Respon (Suhu Maksimum Kuantil 0,1) dengan Variabel Kovariat (Prediktor) Stasiun Meteorologi Komodo

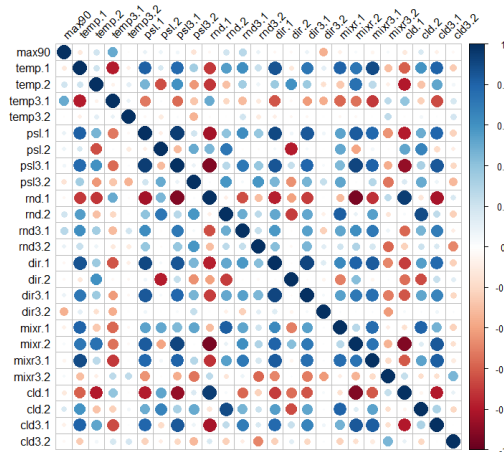
Gambar 4.12 (a-f) menampilkan pola yang hampir sama untuk hubungan antara respon dengan kovariatnya. Hal tersebut terlihat dari titik-titik merah yang menyebar. Pola hubungan respon dengan  $temp_{3.1}$  terlihat cenderung mempunyai hubungan positif yakni ketika  $temp_{3.1}$  meningkat, maka suhu maksimum kuantil 0,1 cenderung meningkat pula sebagaimana disajikan pada Gambar 4.12 (a). Selain itu, pada Gambar 4.12 (d) terlihat bahwa kovariat dari komponen angin  $dir_{3.2}$  cenderung memiliki korelasi positif dengan respon. Untuk pola hubungan lainnya dapat dilihat pada Gambar 4.12. Secara keseluruhan untuk pola lainnya

terlihat bahwa hampir tidak ada hubungan antara respon dengan kovariat. Selanjutnya, untuk melihat seberapa besar nilai korelasi antara variabel respon dengan kovariat (prediktor), berikut visualisasi dari matriks korelasi.



(a)

(b)



(c)

Gambar 4.13 *Correlogram* antara Variabel Suhu Maksimum dengan Variabel Kovariatnya untuk Stasiun Meteorologi Komodo (a) Suhu Maksimum 0,1 (b) Suhu Maksimum 0,5 (c) Suhu Maksimum 0,9

Gambar 4.13 (a) memiliki warna untuk korelasi yang dominan yakni warna biru. Untuk ukuran lingkaran yang dihasilkan pun bervariasi. Nilai korelasi yang ditunjukkan oleh ukuran dan warna lingkaran biru tersebut menyatakan bahwa terdapat korelasi positif antara respon (suhu maksimum 0,1) dengan variabel kovariat berupa  $temp_2$ ,  $temp_{3.1}$ ,  $psl_1$ ,  $psl_{3.1}$ ,  $rmd_2$ ,  $rmd_{3.1}$ ,  $rmd_{3.2}$ ,  $dir_1$ ,  $dir_{3.1}$ ,  $mixr_2$ ,  $mixr_{3.1}$ , dan  $cld_2$ . Sedangkan untuk korelasi negatif yang disajikan dengan

warna merah terlihat pada korelasi antara suhu maksimum kuantil 0,1 dengan  $rnd_1$ ,  $dir_{3,2}$ , dan  $cld_{3,1}$ . Korelasi dengan kovariat lainnya bernilai rendah karena warna yang pudar dan juga ukuran lingkaran yang kecil. Kemudian korelasi untuk respon berupa suhu maksimum kuantil 0,5 dengan  $temp_2$ ,  $temp_{3,1}$ ,  $rnd_2$ ,  $rnd_{3,1}$ ,  $dir_{3,1}$ , maupun  $cld_2$  yang disajikan pada Gambar 4.13 (b) cenderung memiliki korelasi positif. Untuk korelasi negatifnya cenderung terjadi antara suhu maksimum kuantil 0,5 dengan  $dir_{3,2}$  serta  $cld_{3,1}$ . Berbeda dengan suhu kuantil 0,1 dan 0,5, pada Gambar 4.13 (c) terdapat banyak warna pudar untuk korelasi antara respon dan kovariatnya. Hal tersebut menunjukkan bahwa cenderung tidak ada korelasi. Tetapi untuk variabel  $temp_2$ ,  $temp_{3,1}$ ,  $rnd_2$ , dan  $rnd_{3,1}$  memiliki korelasi positif dengan respon. Lalu untuk variabel yang memiliki korelasi negatif dengan respon antara lain variabel  $psl_{3,1}$  dan  $dir_{3,1}$ .

Setelah mengetahui pola hubungan dan korelasi respon dengan variabel kovariat (prediktor), maka selanjutnya adalah melakukan pemodelan regresi untuk masing-masing kuantil data pada respon. Berikut ini merupakan uraian persamaan regresi pada setiap variabel respon.

Tabel 4.8 Persamaan Regresi Stasiun Meteorologi Komodo

Variabel Respon	Kuantil	Persamaan Regresi
Curah Hujan (CH)	0,1	$\log(CH10) = -0,430 + 0,0157temp_2 - 0,0574temp_{3,1} + 0,638psl_{3,2} - 0,0862rnd_{3,2} - 0,0175mixr_2 - 0,00627cld_1$
	0,5	$\log(CH50) = 1,35 + 0,00669temp_2 - 0,0389temp_{3,1} + 0,0033psl_1 - 0,03041dir_{3,1} - 0,0141mixr_2$
	0,9	$\log(CH90) = 2,64 - 0,0088temp_1 - 0,0681temp_{3,1} + 0,0162psl_1 - 0,0111psl_2 - 0,281psl_{3,1} + 0,0711rnd_{3,1} + 0,0446rnd_{3,2}$
Suhu Maks. (SM)	0,1	$SM10 = 30,3 + 0,00977temp_1 + 0,0616temp_{3,1} - 0,0938temp_{3,2} + 0,0127psl_1 - 0,0112psl_2 - 0,207psl_{3,1} - 0,546psl_{3,2} + 0,0139rnd_2 + 0,0589rnd_{3,1} + 0,0896rnd_{3,2} - 0,00992dir_1 + 0,00603dir_2 + 0,0978dir_{3,1} - 0,00958mixr_1 + 0,0981mixr_{3,1} - 0,0835cld_{3,1}$

Tabel 4.8 Persamaan Regresi Stasiun Meteorologi Komodo (lanjutan)

Variabel Respon	Kuantil	Persamaan Regresi
Suhu Maks. (SM)	0,5	$SM_{50} = 31,2 + 0,00852temp_1 + 0,0664temp_{3,1} - 0,137temp_{3,2} + 0,0135psl_1 - 0,0111psl_2 - 0,211psl_{3,1} - 0,331psl_{3,2} + 0,0119rnd_2 + 0,0741rnd_{3,1} + 0,0652rnd_{3,2} - 0,0105dir_1 + 0,00634dir_2 + 0,0583dir_{3,1} - 0,00912mix_1 + 0,648mixr_{3,1} - 0,0454cld_{3,1}$
	0,9	$SM_{90} = 32,1 + 0,00855temp_1 + 0,0915temp_{3,1} - 0,147temp_{3,2} + 0,00872psl_1 - 0,0104psl_2 - 0,167psl_{3,1} - 0,456psl_{3,2} + 0,013rnd_2 + 0,0741rnd_{3,1} + 0,0552rnd_{3,2} - 0,00526dir_1 + 0,0058dir_2 - 0,00676mixr_1 + 0,0566mixr_{3,1} - 0,0864mixr_{3,2} - 0,0292cld_{3,1}$

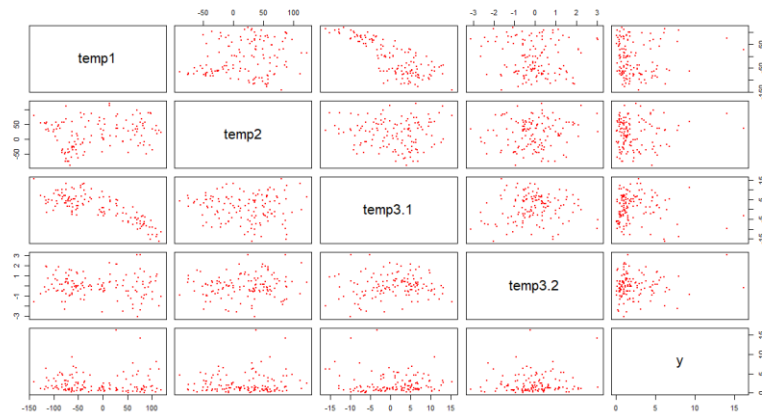
Tabel 4.8 menunjukkan persamaan curah hujan maupun suhu maksimum untuk kuantil 0,1;0,5; dan 0,9. Untuk persamaan curah hujan menggunakan *log* dikarenakan nilai-nilai pada curah hujan banyak yang bernilai nol sehingga memungkinkan untuk hasil prediksinya bernilai negatif. Oleh karena curah hujan tidak mungkin bernilai negatif, maka dilakukan transformasi *log* agar hasil yang didapatkan bernilai positif. Tanda dari koefisien *temp*<sub>2</sub> dan *psl*<sub>3,2</sub> pada persamaan curah hujan 0,1 (*log*(CH10)) adalah positif, hal tersebut sudah sesuai dengan kecenderungan bahwa jika *temp*<sub>2</sub> dan *psl*<sub>3,2</sub> meningkat, maka curah hujan juga meningkat (korelasi positif). Lalu untuk tanda negatif dari koefisien *temp*<sub>3,1</sub> dan *cld*<sub>1</sub> pada persamaan tersebut juga sudah sesuai, sedangkan *mixr*<sub>2</sub> cenderung untuk mempunyai tanda positif bukan negatif. Selanjutnya pada persamaan curah hujan 0,5 (*log*(CH50)), *temp*<sub>2</sub> dan *psl*<sub>1</sub> cenderung berbanding terbalik dengan curah hujan, tetapi tanda koefisiennya tidak sesuai karena bertanda positif. Namun untuk tanda koefisien lainnya sudah sesuai dengan kecenderungan bahwa *temp*<sub>3,1</sub>, *dir*<sub>3,1</sub>, dan *mixr*<sub>2</sub> berkorelasi negatif dengan curah hujan. Persamaan curah hujan kuantil 0,9 (*log*(CH90)) memiliki 3 variabel prediktor yang bertanda negatif, yaitu *psl*<sub>1</sub>, *rnd*<sub>3,1</sub>, dan *rnd*<sub>3,2</sub>, dimana jika disesuaikan dengan korelasinya, seharusnya tanda koefisiennya adalah negatif, bukan positif. Sedangkan untuk *temp*<sub>1</sub> dan *psl*<sub>3,1</sub> tanda

koefisien sudah sesuai yakni jika terjadi kenaikan pada  $temp_1$  maupun  $psl_{3,1}$ , maka terjadi penurunan nilai curah hujan kuantil 0,9.

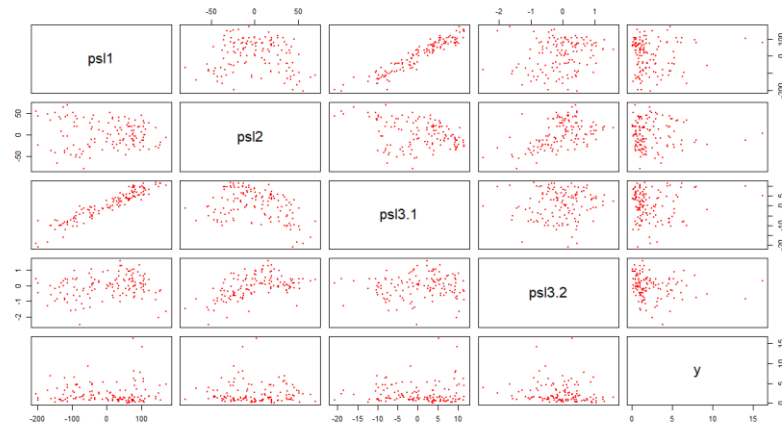
Berdasarkan Tabel 4.8 diketahui bahwa variabel prediktor yang membentuk model tiga suhu maksimum adalah sama. Jika terjadi kenaikan satu satuan  $temp_1$  maka suhu maksimum juga akan mengalami kenaikan. Sedangkan jika yang terjadi kenaikan adalah  $mixr_{3,2}$  atau  $psl_{3,2}$  maka suhu maksimum akan mengalami penurunan. Untuk  $dir_1$  yang bertanda negatif pada persamaan suhu maksimum berbeda dengan hasil dari korelasinya dengan respon suhu maksimum. Setelah mendapatkan model untuk proyeksi kuantil, maka model tersebut dapat diterapkan untuk data *testing*.

#### 4.4.2 Regresi Linier pada Stasiun Meteorologi Frans Sales Lega

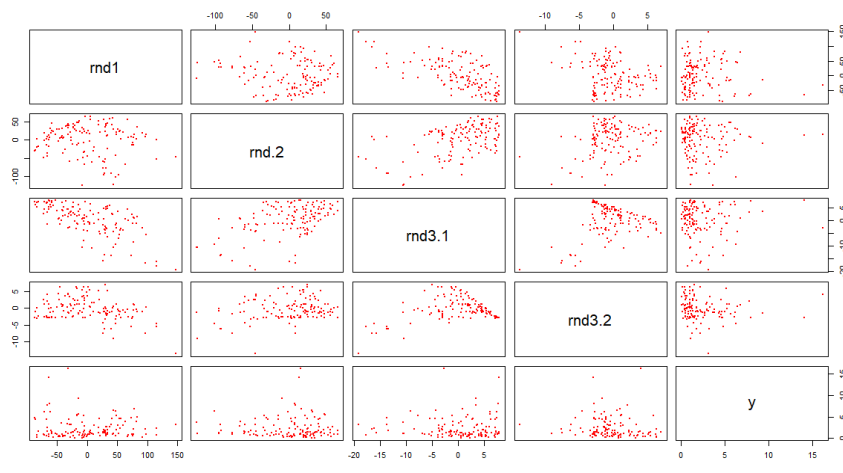
Sama seperti analisis pada Stasiun Meteorologi Komodo, terlebih dahulu dibuat *scatterplot* dan *correlogram* untuk mengetahui hubungan antara variabel respon dengan variabel kovariat (prediktor). Sebagai contoh, berikut disajikan *scatterplot* untuk variabel respon curah hujan kuantil 0,1 dengan variabel kovariatnya.



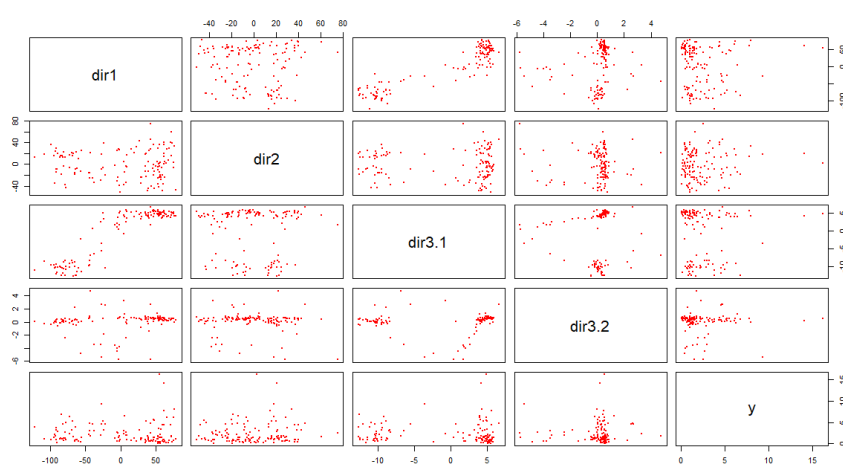
(a) *Scatterplot*: Respon dengan Kovariat *Mean Daily Temperature*



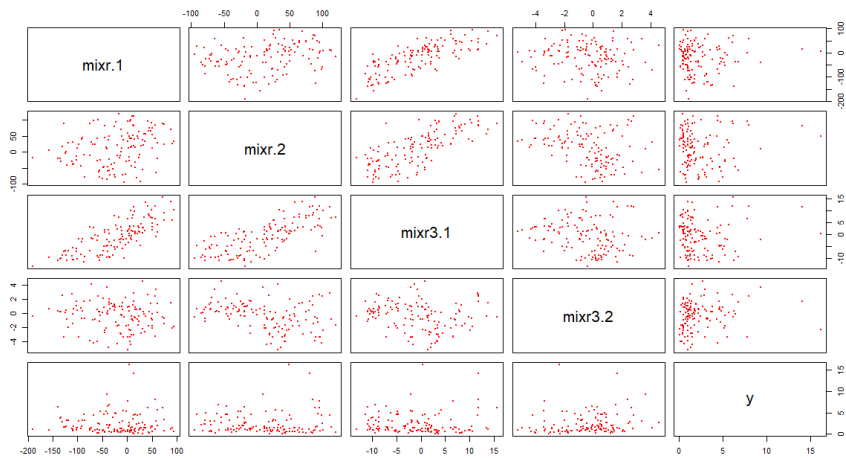
(b) Scatterplot: Respon dengan Kovariat Tekanan Permukaan Laut



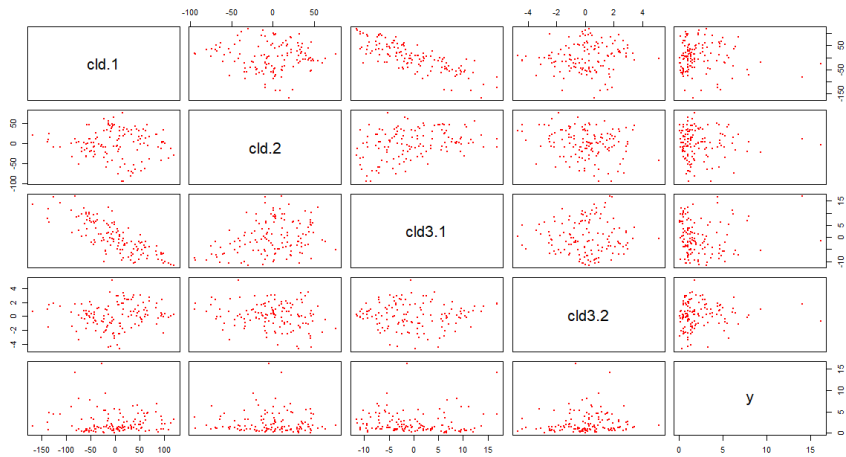
(c) Scatterplot: Respon dengan Kovariat Kelembaban Spesifik



(d) Scatterplot: Respon dengan Kovariat Komponen Angin



(e) Scatterplot: Respon dengan Kovariat *Mixing Ratio*

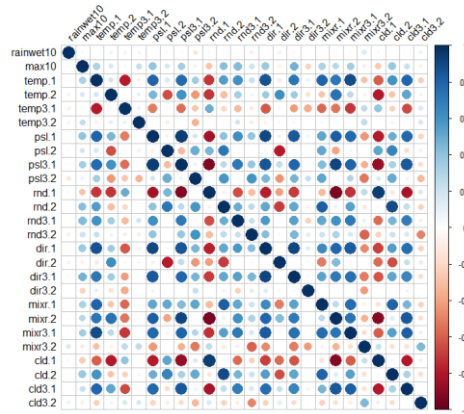


(f) Scatterplot: Respon dengan Kovariat Ketinggian Geopotensial

Gambar 4.14 Scatterplot Variabel Respon (Suhu Maksimum Kuantil 0,1) dengan Variabel Kovariat (Prediktor) Stasiun Meteorologi Frans Sales Lega

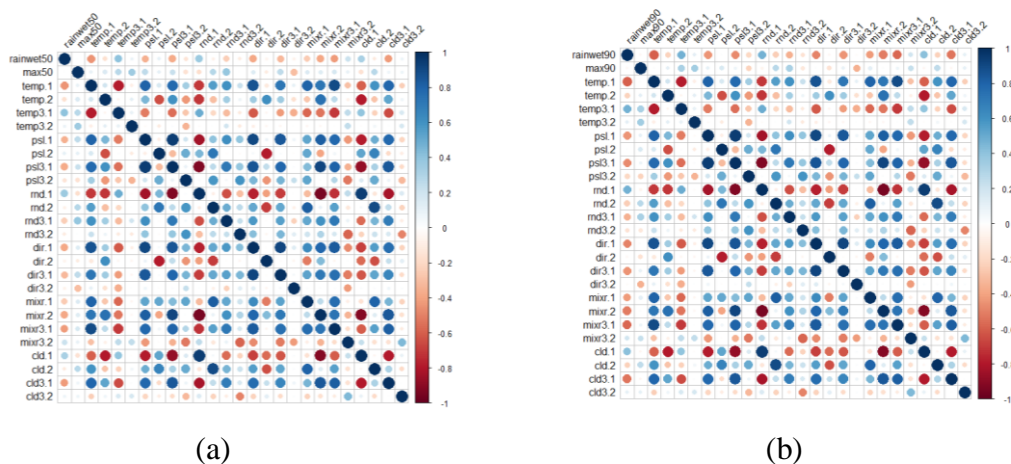
Gambar 4.14 menunjukkan pola hubungan variabel curah hujan kuantil 0,1 dengan variabel kovariat dimana terlihat bahwa pada Gambar 4.14 (a) sampai dengan Gambar 4.14 (f) menunjukkan pola hubungan yang hampir sama. Untuk sebaran titiknya juga terlihat agak mengumpul di satu bagian *plot* saja. Pola hubungan *scatterplot* hanya dapat dilihat secara visual, oleh karena itu dilakukan perhitungan nilai korelasi dan didapatkan *correlogram* untuk curah hujan kuantil 0,1 sebagai berikut.





Gambar 4.15 Correlogram antara Variabel Curah Hujan Kuantil 0,1 dengan Variabel Kovariat untuk Stasiun Meteorologi Frans

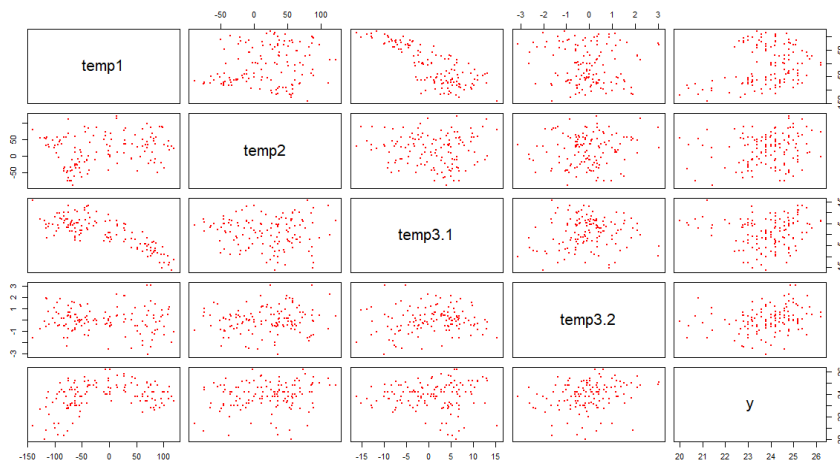
Nilai korelasi yang sudah divisualisasi dalam *correlogram* pada Gambar 4.15 menunjukkan hasil yang hampir sama dengan *scatterplot* terkait pola hubungan respon dengan variabel kovariatnya. Warna korelasi yang terlihat pudar serta ukuran lingkaran yang sangat kecil menunjukkan bahwa cenderung tidak terjadi korelasi. Untuk  $psl_{3,2}$  cenderung memiliki korelasi negatif yang kecil dengan respon. Hal tersebut digambarkan dengan lingkaran kecil berwarna merah agak pudar. Sedangkan variabel  $mixr_{3,2}$  memiliki warna biru pudar dengan ukuran lingkaran kecil yang menunjukkan bahwa ada korelasi positif walaupun nilainya kecil. Untuk *correlogram* curah hujan kuantil 0,5 dan curah hujan kuantil 0,9 dengan variabel kovariatnya disajikan pada Gambar 4.16.



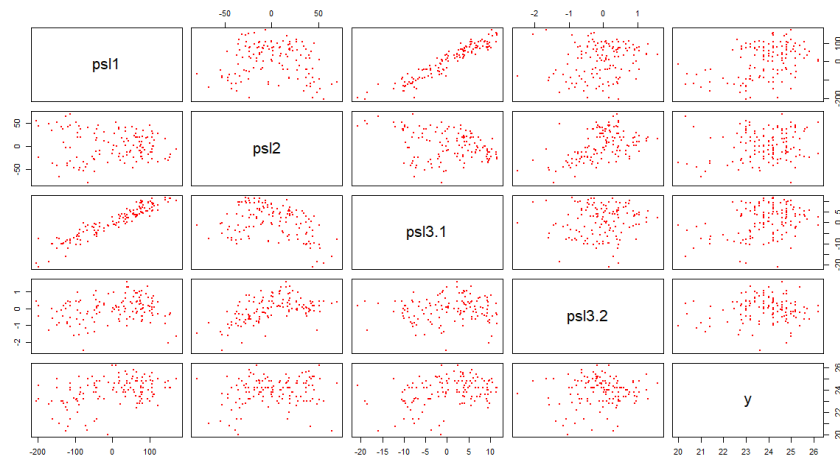
Gambar 4.16 Correlogram antara Variabel Curah Hujan dengan Variabel Kovariat untuk Stasiun Meteorologi Frans (a) Curah Hujan 0,5 (b) Curah Hujan 0,9

Gambar 4.16 menunjukkan hasil yang hampir sama. Hal tersebut terlihat dari warna dan ukuran lingkaran yang hampir sama. Korelasi yang bernilai positif pada masing-masing respon dengan variabel  $temp_1, psl_{3.1}, rnd_{3.1}, dir_1, dir_{3.1}, mixr_1, mixr_2, mixr_{3.1}$ , dan  $cld_{3.1}$ . Sedangkan untuk korelasi negatifnya adalah korelasi dengan  $temp_{3.1}, rnd_1$ , dan  $cld_1$ . Untuk variabel lainnya mempunyai kecenderungan berkorelasi positif ataupun negatif berdasarkan Gambar 4.16.

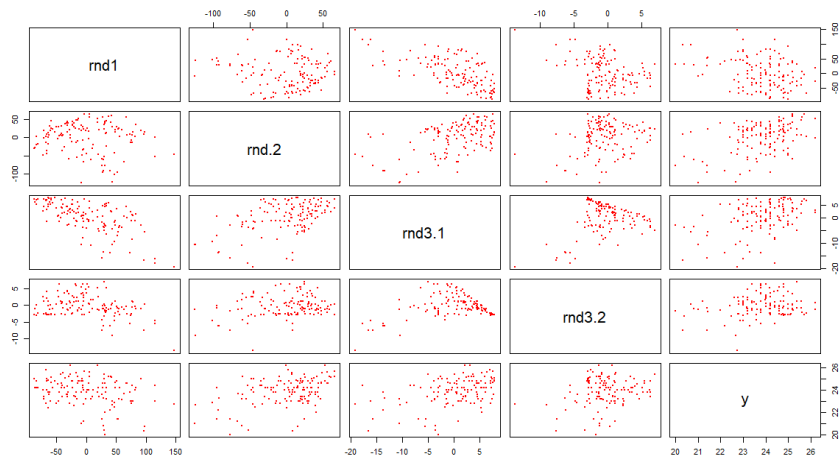
Respon selanjutnya adalah untuk suhu maksimum. Berikut merupakan *scatterplot* yang dihasilkan.



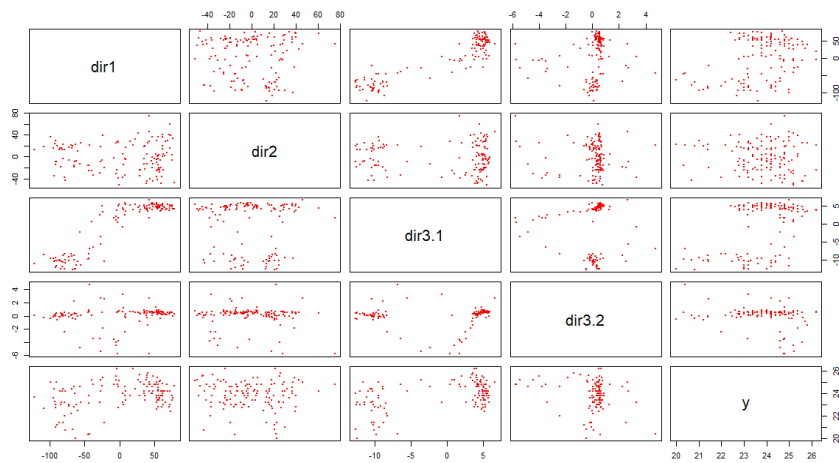
(a) *Scatterplot*: Respon dengan Kovariat *Mean Daily Temperature*



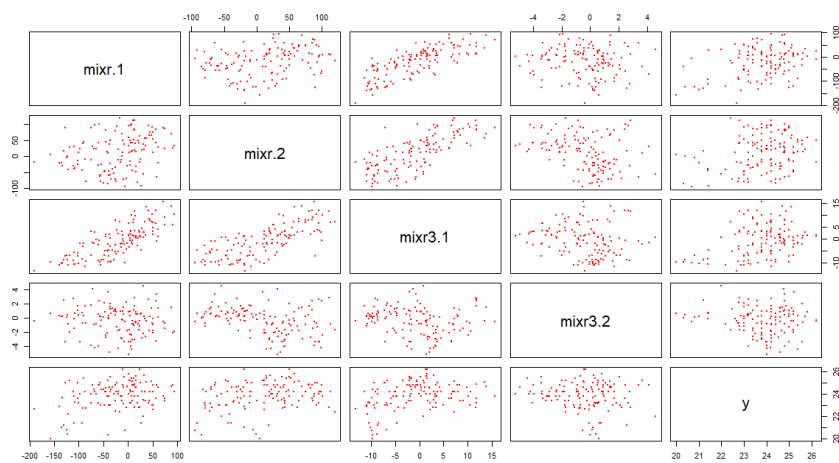
(b) *Scatterplot*: Respon dengan Kovariat Tekanan Permukaan Laut



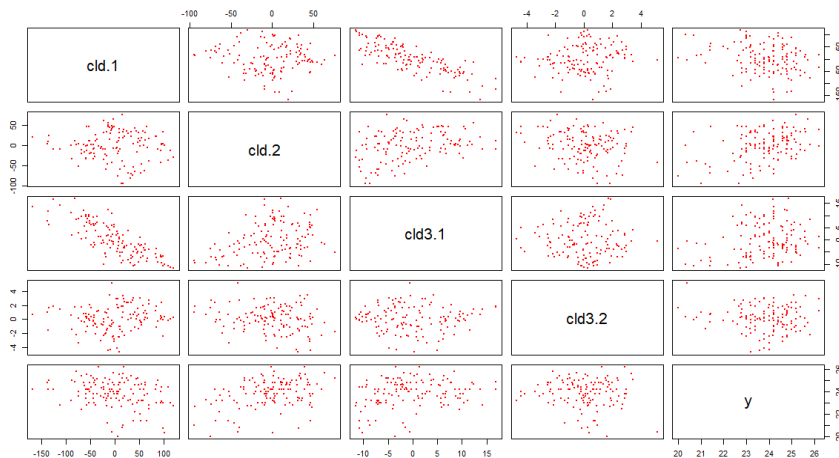
(c) *Scatterplot: Respon dengan Kovariat Kelembaban Spesifik*



(d) *Scatterplot: Respon dengan Kovariat Komponen Angin*



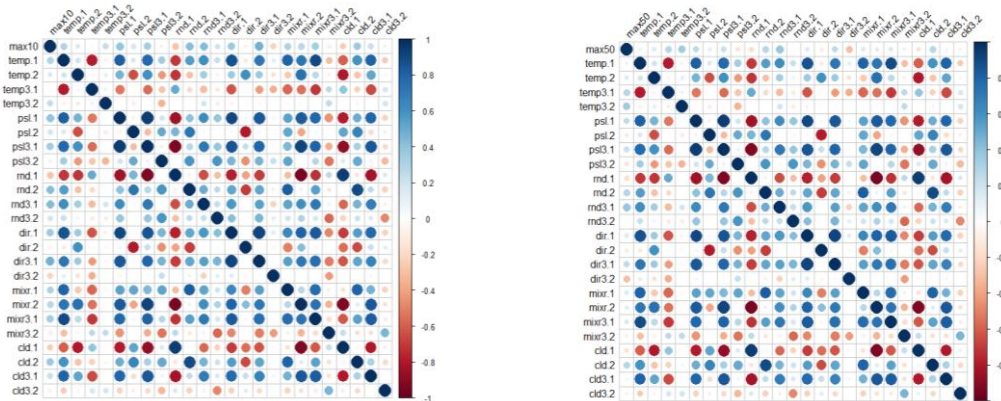
(e) *Scatterplot: Respon dengan Kovariat Mixing Ratio*



(f) Scatterplot: Respon dengan Kovariat Ketinggian Geopotensial

Gambar 4.17 *Scatterplot* Variabel Respon (Suhu Maksimum Kuantil 0,1) dengan Variabel Kovariat (Prediktor) Stasiun Meteorologi Frans Sales Lega

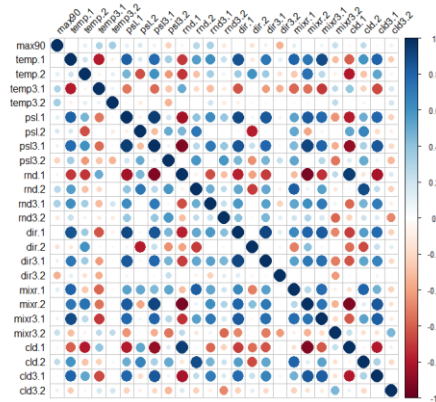
Pola hubungan antara respon dengan kovariat terlihat dari titik merah pada *plot*. Berdasarkan Gambar 4.17 terlihat bahwa terdapat pola yang sama antara respon dengan berbagai kovariatnya. Hal tersebut juga menunjukkan bahwa tidak dapat dipastikan bagaimana kecenderungan hubungan yang ada. Untuk mengetahui lebih lanjut, akan dipaparkan hasil visualisasi dari matriks korelasi. Berikut ada *correlogram* untuk masing-masing suhu maksimum kuantil 0,1; 0,5 dan 0,9.



(a)

(b)

Gambar 4.18 *Correlogram* antara Variabel Suhu Maksimum dengan Variabel Kovariat untuk Stasiun Meteorologi Frans Sales Lega (a) Suhu Maksimum 0,1 (b) Suhu Maksimum 0,5 (c) Suhu Maksimum 0,9



(c)

Gambar 4.18 *Correlogram* antara Variabel Suhu Maksimum dengan Variabel Kovariat untuk Stasiun Meteorologi Frans Sales Lega (a) Suhu Maksimum 0,1 (b) Suhu Maksimum 0,5 (c) Suhu Maksimum 0,9 (lanjutan)

Gambar 4.18 (a) dan Gambar 4.18 (b) memiliki pola yang hampir sama, hanya saja Gambar 4.18 (b) warnanya sedikit lebih pudar. Terlihat pula bahwa cukup banyak yang memiliki korelasi positif dengan suhu maksimum 0,1 maupun dengan suhu maksimum 0,5, walaupun nilai korelasinya tidak tinggi antara lain  $temp_{3.2}$ ,  $psl_1$ ,  $psl_{3.1}$ ,  $rnd_2$ ,  $rnd_{3.1}$ ,  $dir_{3.1}$ , dan  $cld_2$ . Sedangkan untuk korelasi negatif ditunjukkan oleh  $rnd_1$  dan  $dir_{3.2}$ . Untuk Gambar 4.18 (c) memiliki warna dan ukuran lingkaran yang lebih kecil dibandingkan *correlogram* lainnya. Namun variabel yang berkorelasi positif maupun negatif dengan respon suhu maksimum 0,9 juga hampir sama variabelnya.

Selanjutnya adalah melakukan pemodelan regresi untuk masing-masing kuantil 0,1; 0,5 dan 0,9 di Stasiun Meteorologi Frans Sales Lega, baik untuk variabel respon curah hujan maupun suhu maksimum. Persamaan regresi yang didapatkan ditabelkan pada Tabel 4.9 berikut.

Tabel 4.9 Persamaan Regresi Stasiun Meteorologi Frans Sales Lega

Variabel Respon	Kuantil	Persamaan Regresi
Curah Hujan (CH)	0,1	$\log(CH10) = 0,421 - 0,00901temp_1 - 0,555psl_{3.2} + 0,094dir_{3.2} + 0,0113mixr_1 + 0,00831mixr_2 - 0,0467cld_{3.1}$
	0,5	$\log(CH50) = 2,04 - 0,00649temp_1 - 0,276psl_{3.2} + 0,0105rnd_2 + 0,00821dir_2 - 0,0263cld_{3.1}$

Tabel 4.19 Persamaan Regresi Stasiun Meteorologi Frans Sales Lega (lanjutan)

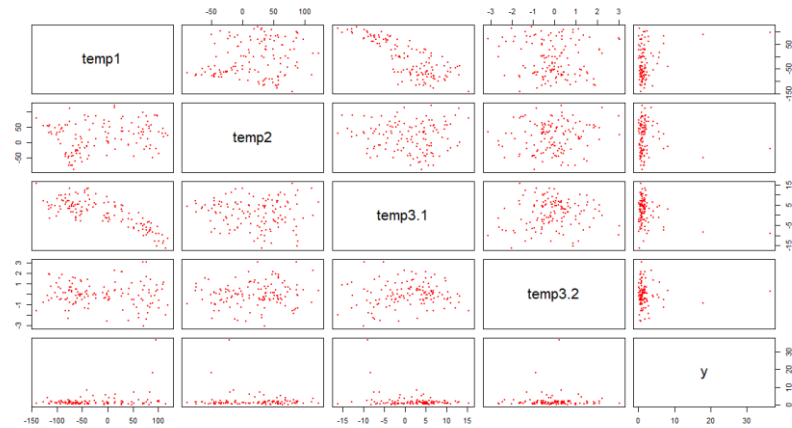
Variabel Respon	Kuantil	Persamaan Regresi
Curah Hujan (CH)	0,9	$\log(CH90) = 3,19 - 0,0104temp_1 - 0,0281temp_{3,1} + 0,0889temp_{3,2}$ $+ 0,00751psl_1 - 0,0782psl_{3,1} + 0,0535rnd_{3,1}$ $- 0,0449rnd_{3,2} + 0,00404dir_1 - 0,0343mixr_{3,1}$ $- 0,0368cld_{3,1} - 0,0607cld_{3,2}$
Suhu Maks. (SM)	0,1	$SM10 = 24 + 0,0124temp_1 + 0,0588temp_{3,1} + 0,316temp_{3,2}$ $+ 0,0119psl_1 - 0,15psl_{3,1} + 0,0138rnd_2 + 0,0662rnd_{3,1}$ $- 0,0142dir_1 + 0,0166dir_2 + 0,125dir_{3,1} - 0,0129cld_2$ $- 0,06cld_{3,1}$
	0,5	$SM50 = 25,2 - 0,00901temp_1 - 0,555psl_{3,2} + 0,094dir_{3,2}$ $+ 0,0113mixr_1 + 0,00831mixr_2 - 0,0467cld_{3,1}$
	0,9	$SM90 = 25,9 + 0,00117temp_1 + 0,0708temp_{3,1} + 0,00348psl_1$ $+ 0,00309psl_2 + 0,0629rnd_{3,1} - 0,0825rnd_{3,2} - 0,00392dir_1$ $+ 0,00407mixr_1 + 0,00698mixr_2 - 0,0727cld_{3,1}$

Tabel 4.9 menunjukkan persamaan curah hujan maupun suhu maksimum pada kuantil 0,1;0,5 dan 0,9. Terdapat beberapa tanda koefisien untuk persamaan curah hujan yang sama, yakni  $temp_{3,1}$  bertanda negatif, tetapi jika dilihat dari nilai korelasinya seharusnya bertanda positif. Selain itu  $psl_1$ ,  $rnd_{3,1}$ ,  $mixr_1$ ,  $mixr_2$ , dan  $dir_1$  yang kecenderungannya berkorelasi negatif tetapi tanda koefisiennya positif. Untuk persamaan suhu maksimum memiliki variabel yang membangun model hampir sama antara satu model suhu dengan yang lainnya. Secara umum, tanda koefisien  $temp_1$ ,  $temp_{3,1}$ ,  $temp_3$ ,  $psl_1$ ,  $psl_2$ ,  $mixr_1$ , dan  $mixr_2$  sudah sesuai dengan hasil korelasinya yakni bertanda positif (berkorelasi positif). Sedangkan  $dir_{3,2}$  pada persamaan suhu maksimum 0,5 seharusnya cenderung untuk bertanda positif tetapi tanda koefisiennya negatif. Untuk tanda koefisien negatif yang ada pada model suhu maksimum, seperti  $psl_{3,1}$ ,  $cld_{3,1}$  dan  $cld_2$  tidak sesuai dengan hasil korelasinya.

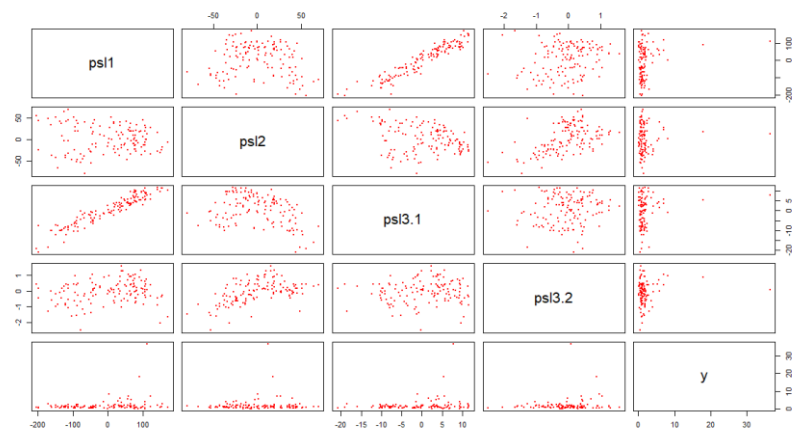
#### 4.4.3 Regresi Linier pada Stasiun Meteorologi Fransiskus Xaverius Seda

Sebelum melakukan pemodelan regresi linier berganda untuk curah hujan dan suhu maksimum pada kuantil 0,1; 0,5 dan 0,9, ditampilkan pola hubungan

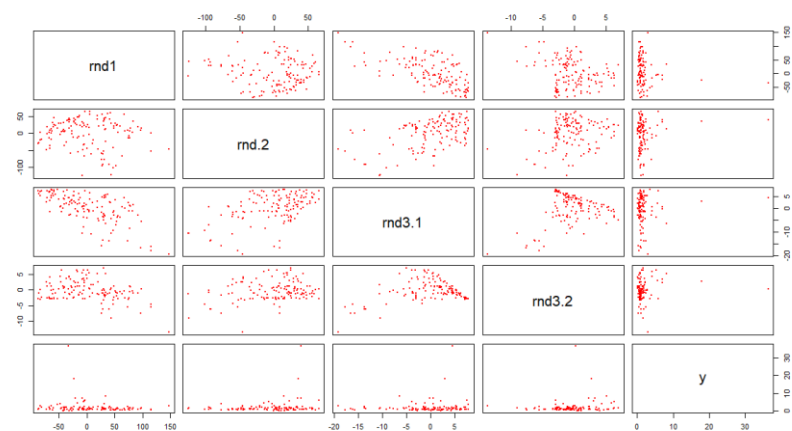
respon dengan variabel kovariat (prediktornya). *Scatterplot* di bawah ini merupakan *scatterplot* untuk respon curah hujan 0,1.



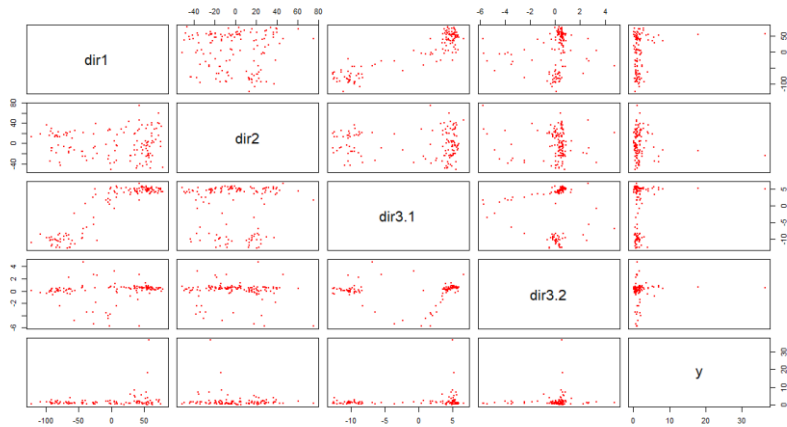
(a) *Scatterplot*: Respon dengan Kovariat *Mean Daily Temperature*



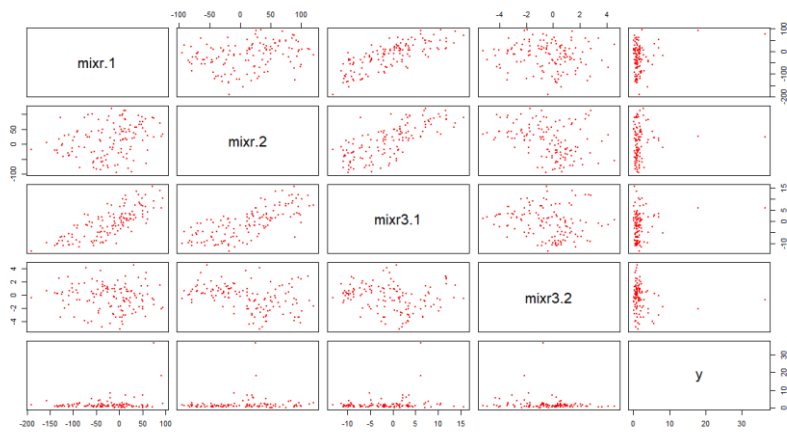
(b) *Scatterplot*: Respon dengan Kovariat Tekanan Permukaan Laut



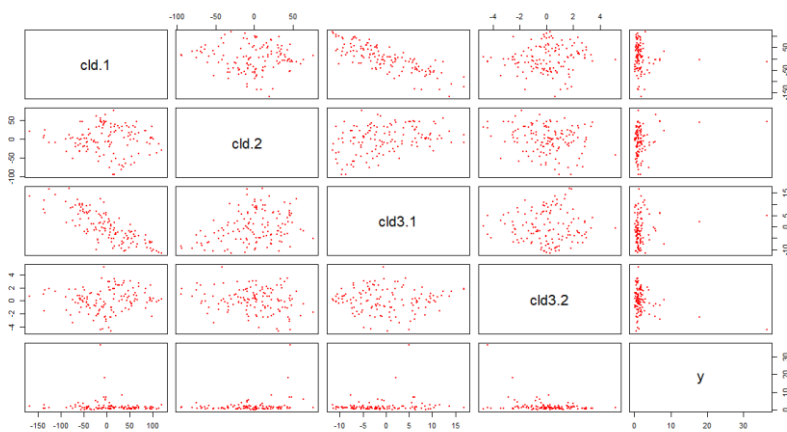
(c) *Scatterplot*: Respon dengan Kovariat Kelembaban Spesifik



(d) *Scatterplot*: Respon dengan Kovariat Komponen Angin



(e) *Scatterplot*: Respon dengan Kovariat *Mixing Ratio*

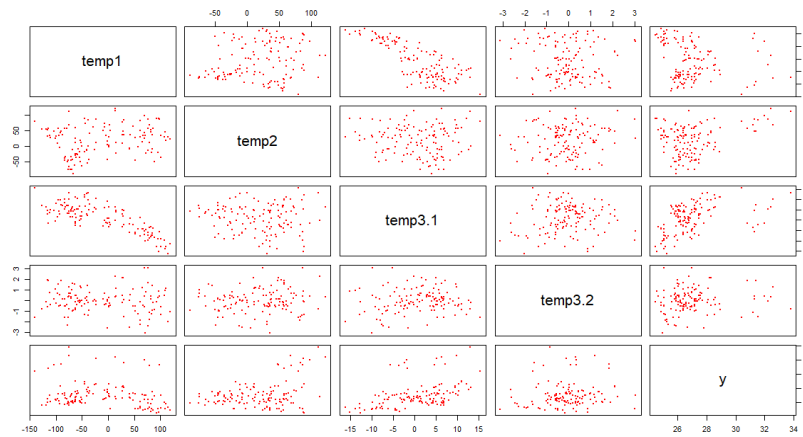


(f) *Scatterplot*: Respon dengan Kovariat Ketinggian Geopotensial

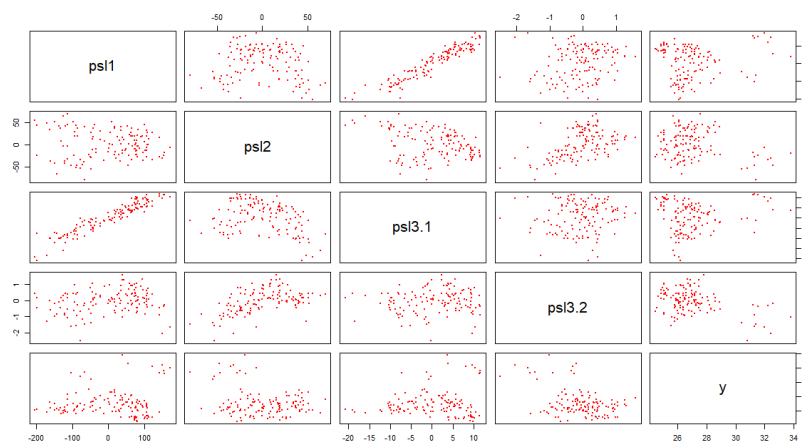
Gambar 4.19 *Scatterplot* Variabel Respon (Curah Hujan Kuantil 0,1) dengan Variabel Kovariat (Prediktor) Stasiun Meteorologi Fransiskus



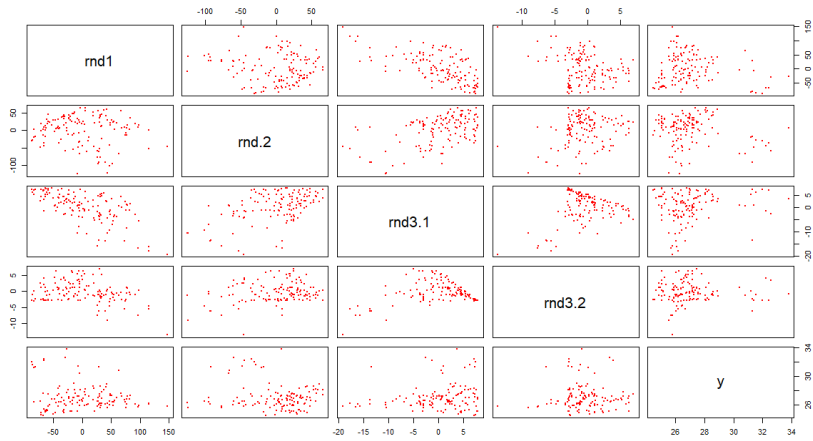
Gambar 4.19 menunjukkan pola hubungan variabel curah hujan kuantil 0,1 dengan variabel kovariat (prediktor) yaitu variabel *mean daily temperature*, tekanan permukaan laut, kelembaban spesifik, komponen angin, *mixing ratio*, dan ketinggian geopotensial tidak tergambar jelas. Pada Gambar 4.19 (a) terlihat bahwa tidak terdapat pola yang jelas antara respon dengan kovariat *mean daily temperature*. Hal tersebut ditunjukkan oleh titik-titik yang terlihat mengumpul. Tidak jauh berbeda dengan Gambar 4.19 (a), Gambar 4.19 (b) sampai Gambar 4.19 (f) pun menunjukkan pola yang hampir sama. Berbeda halnya dengan *scatterplot* yang dihasilkan oleh respon suhu maksimum dengan kovariatnya. Berikut merupakan contoh *scatterplot* untuk suhu maksimum kuantil 0,1.



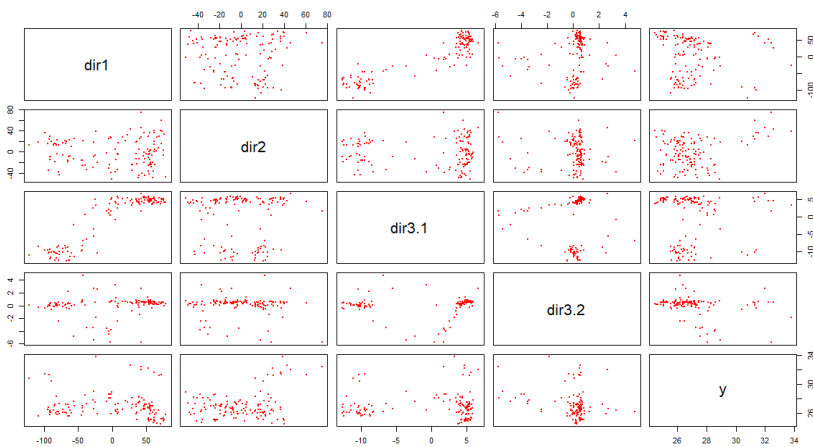
(a) *Scatterplot: Respon dengan Kovariat Mean Daily Temperature*



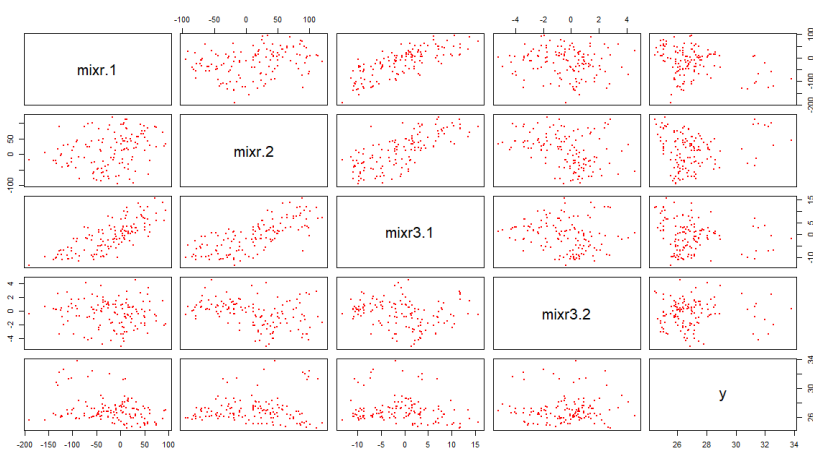
(b) *Scatterplot: Respon dengan Kovariat Tekanan Permukaan Laut*



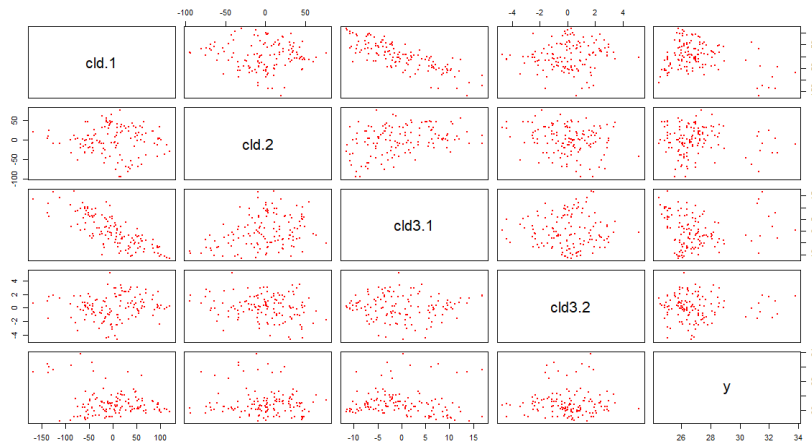
(c) *Scatterplot: Respon dengan Kovariat Kelembaban Spesifik*



(d) *Scatterplot: Respon dengan Kovariat Komponen Angin*



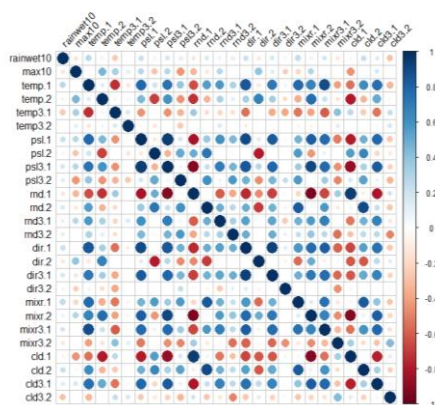
(e) *Scatterplot: Respon dengan Kovariat Mixing Ratio*



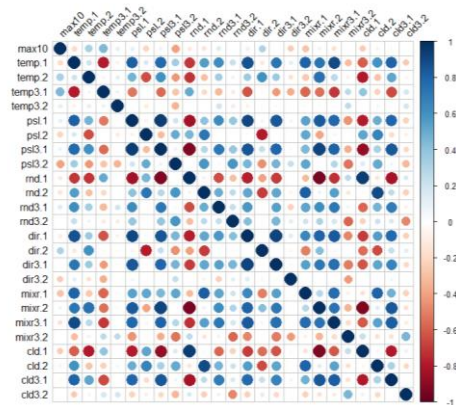
(f) Scatterplot: Respon dengan Kovariat Ketinggian Geopotensial

Gambar 4.20 Scatterplot Variabel Respon (Suhu Maksimum Kuantil 0,1) dengan Variabel Kovariat (Prediktor) Stasiun Meteorologi Fransiskus

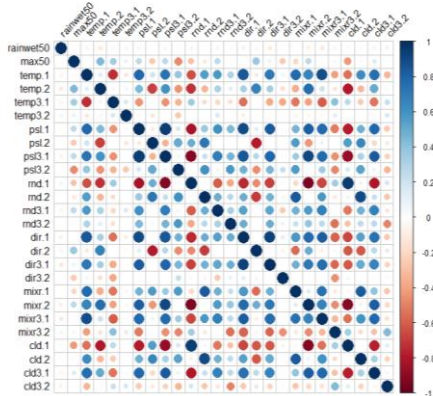
Gambar 4.20 (a-f) menampilkan pola yang hampir sama untuk hubungan antara respon dengan kovariatnya. Hal tersebut terlihat dari titik-titik merah yang menyebar. Pola hubungan respon dengan  $temp_{3.1}$  terlihat cenderung mempunyai hubungan positif yakni ketika  $temp_{3.1}$  meningkat, maka suhu maksimum kuantil 0,1 cenderung meningkat pula sebagaimana disajikan pada Gambar 4.20 (a). Selain itu, pada Gambar 4.20 (d) terlihat bahwa kovariat dari komponen angin  $dir_{3.2}$  cenderung memiliki korelasi positif dengan respon. Untuk pola hubungan lainnya dapat dilihat pada Gambar 4.20. Secara keseluruhan untuk pola lainnya terlihat bahwa hampir tidak ada hubungan antara respon dengan kovariat. Selanjutnya, untuk melihat seberapa besar nilai korelasi antara variabel respon dengan kovariat (prediktor), berikut visualisasi dari matriks korelasi.



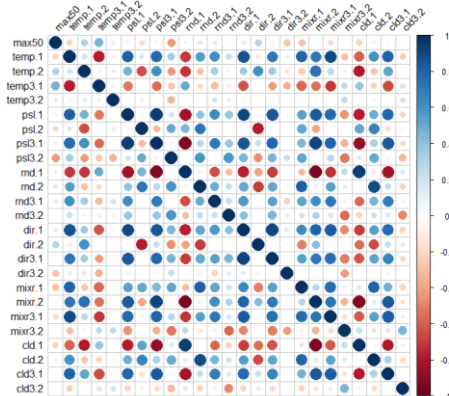
(a) Curah hujan 0,1



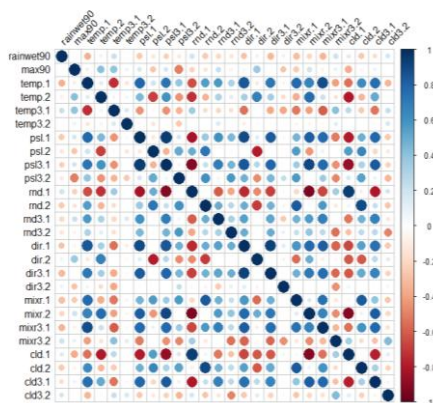
(d) Suhu Maksimum 0,1



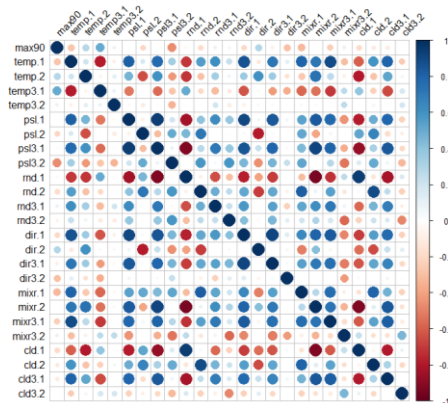
(b) Curah Hujan 0,5



(e) Suhu Maksimum 0,5



(c) Curah Hujan 0,9



(f) Suhu Maksimum 0,9

Gambar 4.21 *Correlogram* Variabel Respon dengan Variabel Kovariat untuk Stasiun Meteorologi Fransiskus

Gambar 4.21 menyajikan visualisasi dari matriks korelasi dengan bentuk lingkaran. Gambar 4.21 (a) dan (b) memiliki warna yang pudar dan juga ukuran lingkaran yang kecil. Hal tersebut menunjukkan bahwa cenderung tidak ada korelasi atau korelasinya sangat kecil. Sedangkan untuk Gambar 4.21 (c) terlihat agak dominan warna merah untuk korelasinya, yang berarti ada korelasi negatif. Variabel dengan korelasi negatif adalah  $temp_1$ ,  $psl_1$ ,  $psl_{3,1}$ ,  $rnd_2$ ,  $rnd_{3,1}$ ,  $dir_1$ ,  $dir_{3,1}$ ,  $mixr_1$ ,  $mixr_{3,1}$ , dan  $cld_2$ . Gambar 4.21 (d) juga memiliki ukuran lingkaran yang dominan kecil dan berwarna pudar. Sedangkan untuk Gambar (e) dan (f) memberikan hasil korelasi yang hampir sama. Gambar 4.21 (c-f) memiliki korelasi positif antara respon dengan  $temp_{3,1}$  dan antara respon dengan  $dir_2$ . Untuk korelasi negatifnya yakni dengan variabel  $psl_{3,2}$ ,  $dir_{3,2}$ ,  $mixr_1$ , dan  $cld_1$ .

Setelah mengetahui hubungan respon dengan kovariatnya, maka selanjutnya dilakukan pemodelan dengan hasil yang didapatkan sebagaimana pada Tabel 4.10.

Tabel 4.10 Persamaan Regresi Stasiun Meteorologi Fransiskus Xaverius Seda

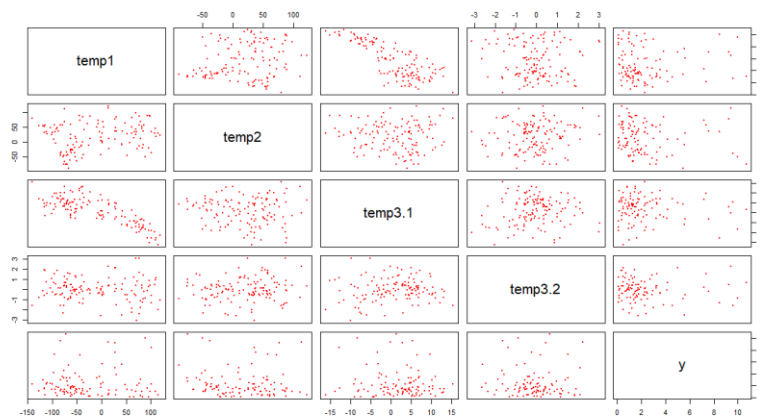
Variabel Respon	Kuantil	Persamaan Regresi
Curah Hujan (CH)	0,1	$\log(CH10) = 0,059 - 0,00505mixr_1 + 0,00998cld_2 - 0,102cld_{3,2}$
	0,5	$\log(CH50) = 1,34 - 0,00998temp_2 - 0,0587psl_{3,1} - 0,0106mixr_1 - 0,0110cld_1$
	0,9	$\log(CH90) = 2,45 - 0,0163temp_2 + 0,0494temp_{3,1} - 0,00985mixr_1 - 0,00862cld_1$
Suhu Maks. (SM)	0,1	$SM10 = 27,0 + 0,00740temp_1 + 0,0994temp_{3,1} + 0,0334psl_1 - 0,0321psl_2 - 0,546psl_{3,1} - 1,13psl_{3,2} + 0,0227rnd_2 + 0,183rnd_{3,1} - 0,0204dir_1 + 0,0357dir_2 + 0,0852dir_{3,1} - 0,387mixr_{3,2}$
	0,5	$SM50 = 28,0 + 0,00724temp_1 + 0,106temp_{3,1} + 0,0326psl_1 - 0,0277psl_2 - 0,502psl_{3,1} - 1,16psl_{3,2} + 0,0214rnd_2 + 0,164rnd_{3,1} - 0,0206dir_1 + 0,0339dir_2 + 0,0729dir_{3,1} - 0,352mixr_{3,2}$
	0,9	$SM90 = 28,8 + 0,0615temp_{3,1} - 0,249temp_{3,2} + 0,0299psl_1 - 0,0300psl_2 - 0,509psl_{3,1} - 1,84psl_{3,2} + 0,0222rnd_2 + 0,168rnd_{3,1} + 0,0839rnd_{3,2} - 0,0180dir_1 + 0,0336dir_2 + 0,0828dir_{3,1} - 0,337mixr_{3,2} + 0,0118cld_2$

Tabel 4.10 menunjukkan persamaan curah hujan maupun suhu maksimum untuk kuantil 0,1;0,5; dan 0,9. Tanda positif dari koefisien  $temp_{3,1}$  pada persamaan curah hujan berbeda dengan hasil korelasinya yang memberikan hasil korelasi negatif. Sedangkan untuk  $cld_2$  tandanya sudah sesuai dengan hasil korelasi. Untuk tanda negatif dari  $mixr_1$ ,  $cld_3$ ,  $temp_2$ , dan  $cld_1$  sudah sesuai dengan hasil korelasinya. Untuk yang tidak sesuai yakni  $psl_{3,1}$  dan  $mixr_1$  yang bertanda negatif tetapi hasil korelasi menunjukkan ada korelasi positif. Berdasarkan Tabel 4.10 diketahui bahwa variabel prediktor yang membentuk model tiga suhu maksimum adalah sama. Jika terjadi kenaikan satu satuan  $temp_{3,1}$  maka suhu

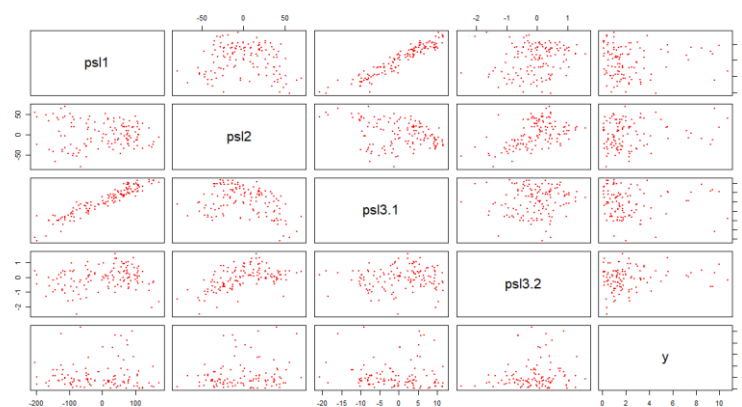
maksimum juga akan mengalami kenaikan. Sedangkan jika yang terjadi kenaikan adalah  $mixr_{3.2}$  atau  $psl_{3.2}$  maka suhu maksimum akan mengalami penurunan. Untuk  $dir_1$  yang bertanda negatif pada persamaan suhu maksimum berbeda dengan hasil dari korelasinya dengan respon suhu maksimum. Setelah mendapatkan model untuk proyeksi kuantil, maka model tersebut dapat diterapkan untuk data *testing*.

#### 4.4.4 Regresi Linier pada Stasiun Meteorologi Gewayantana

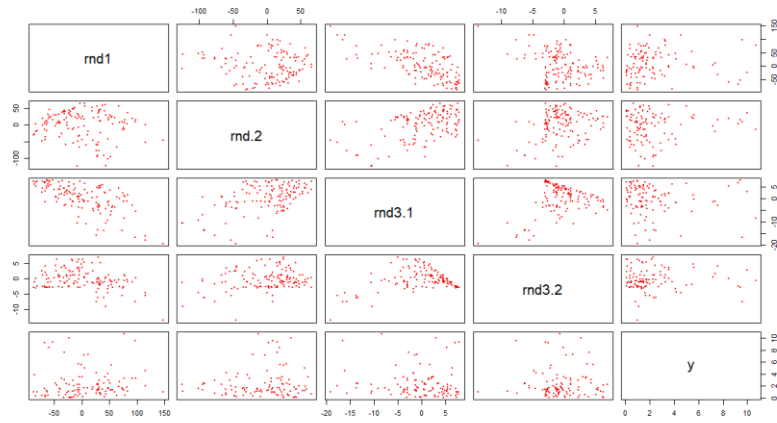
*Scatterplot* untuk menunjukkan pola hubungan variabel respon dan kovariatnya disajikan pada Gambar 4.22 berikut



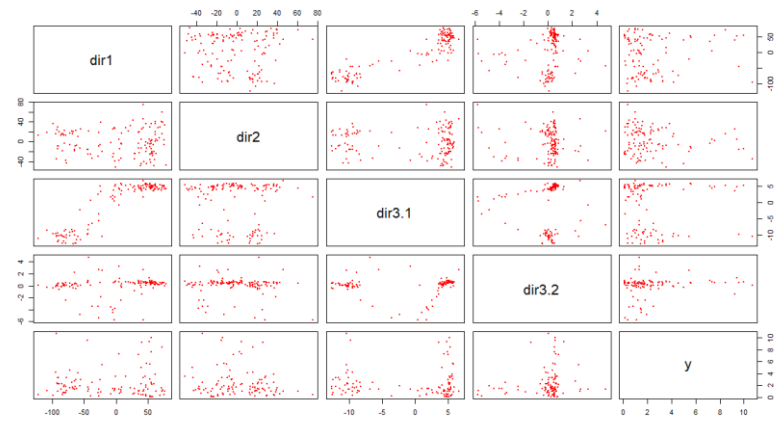
*Scatterplot: Respon dengan Kovariat Mean Daily Temperature*



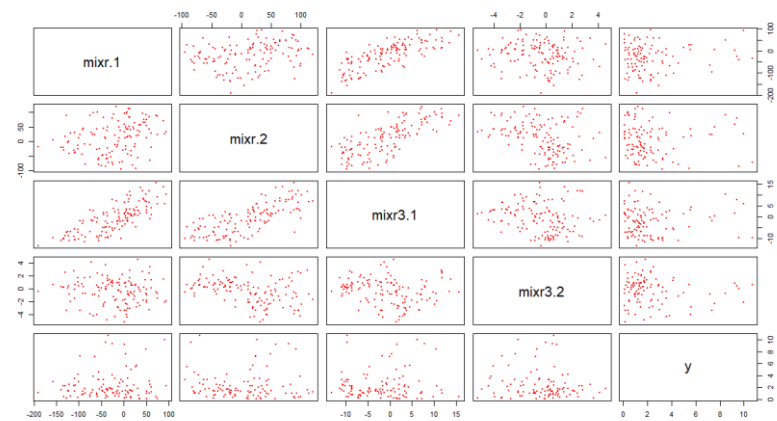
(a) *Scatterplot: Respon dengan Kovariat Tekanan Permukaan Laut*



(b) *Scatterplot*: Respon dengan Kovariat Kelembaban Spesifik

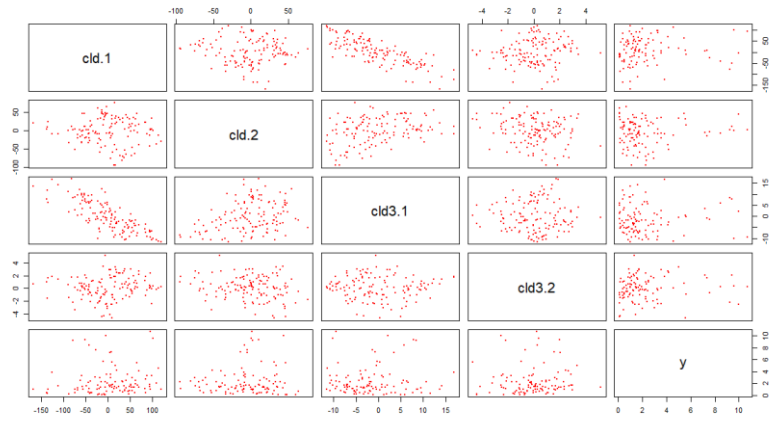


(c) *Scatterplot*: Respon dengan Kovariat Komponen Angin



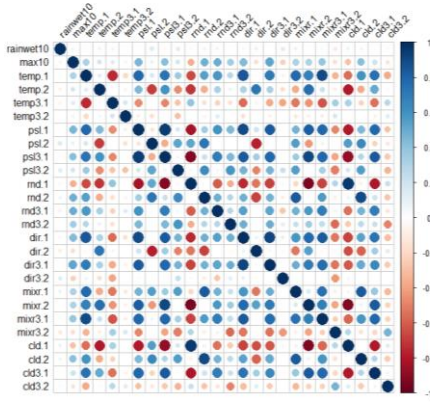
(d) *Scatterplot*: Respon dengan Kovariat *Mixing Ratio*



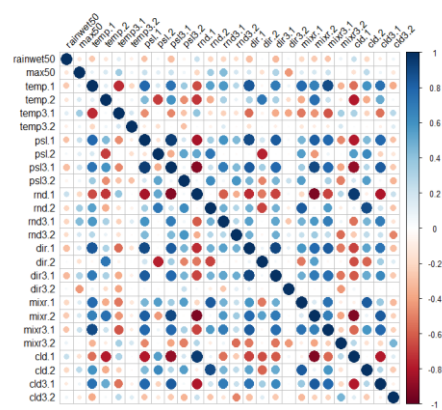


(e) Scatterplot: Respon dengan Kovariat Ketinggian Geopotensial

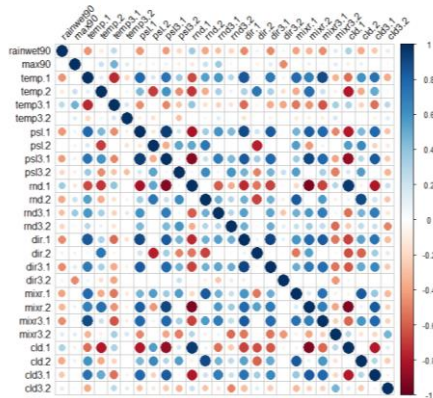
Gambar 4. 22 Scatterplot Variabel Respon (Curah Hujan Kuantil 0,1) dengan Variabel Kovariat (Prediktor) Stasiun Meteorologi Gewayantana



(a)



(b)



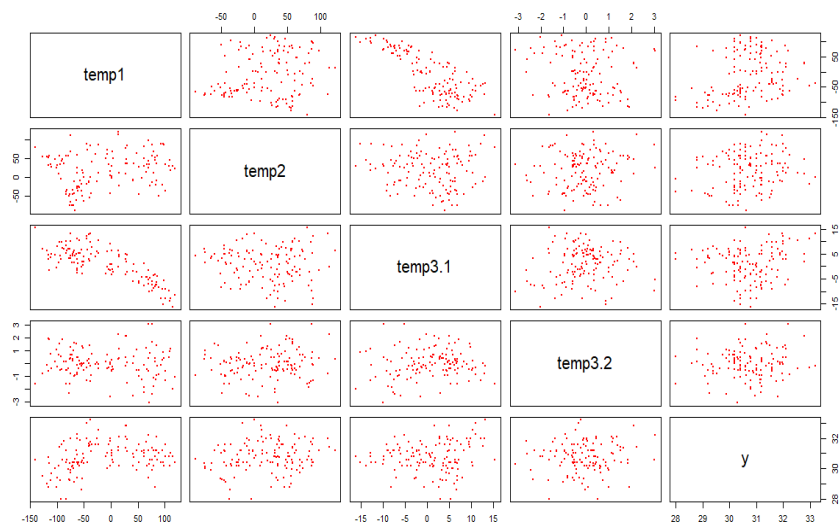
(c)

Gambar 4.23 Correlogram antara Variabel Curah Hujan dengan Variabel Kovariat untuk Stasiun Meteorologi Gewayantana

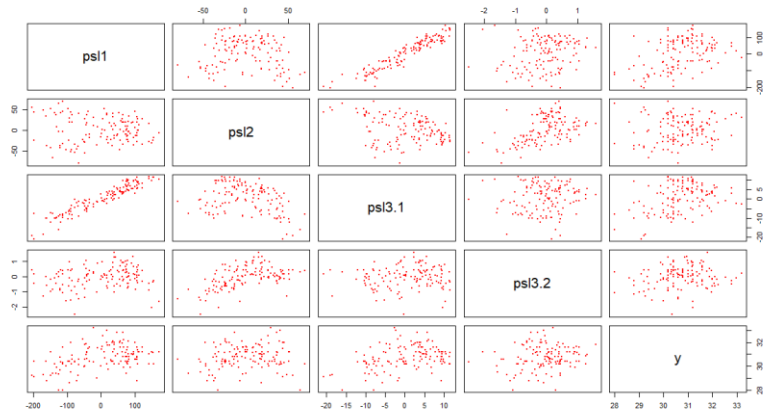


Pola data berdasarkan Gambar 4.22 terlihat bahwa titik-titik merahnya menyebar sehingga tidak terlalu jelas polanya. Namun untuk hubungan respon curah hujan kuantil 0,1 dengan  $dir_{3,2}$  cenderung untuk memiliki hubungan yang positif. Untuk memastikannya maka dapat dilihat korelasi pada Gambar 4.23 (a). Hasil *scatterplot* dengan nilai korelasi untuk  $dir_{3,2}$  sesuai, yakni korelasinya berwarna biru yang menandakan korelasi positif, tetapi nilai korelasinya kecil. Sedangkan untuk variabel lainnya banyak juga yang korelasinya bernilai kecil sebagaimana terlihat pada Gambar 4.23 (a). Sedangkan untuk Gambar 4.23 (b) dan (c) cenderung memiliki hasil yang sama. Dapat diketahui bahwa korelasi yang dihasilkan dominan untuk korelasi negatif karena banyak lingkaran yang berwarna merah tetapi pudar, yang menandakan nilai korelasinya kecil.

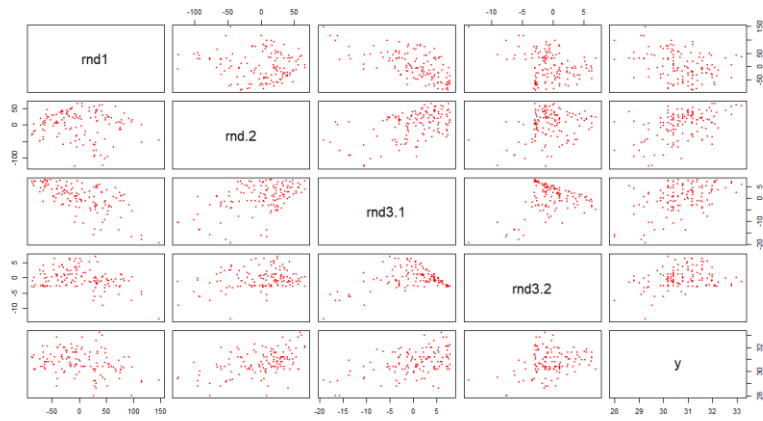
Selanjutnya adalah membentuk *scatterplot* untuk respon suhu maksimum dan variabel kovariatnya.



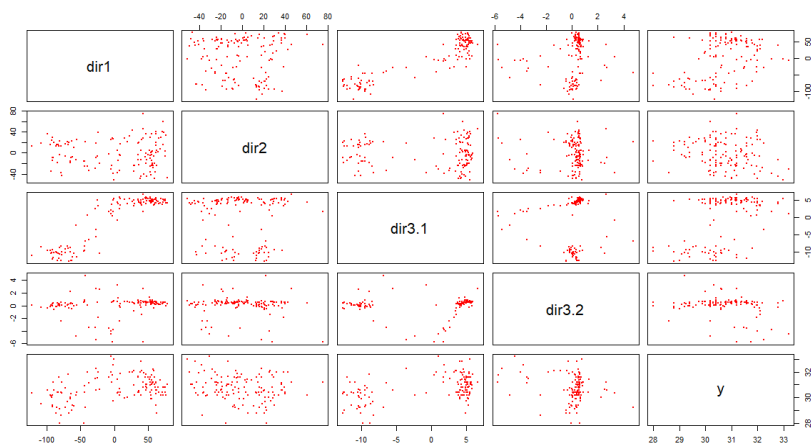
(a) *Scatterplot*: Respon dengan Kovariat *Mean Daily Temperature*



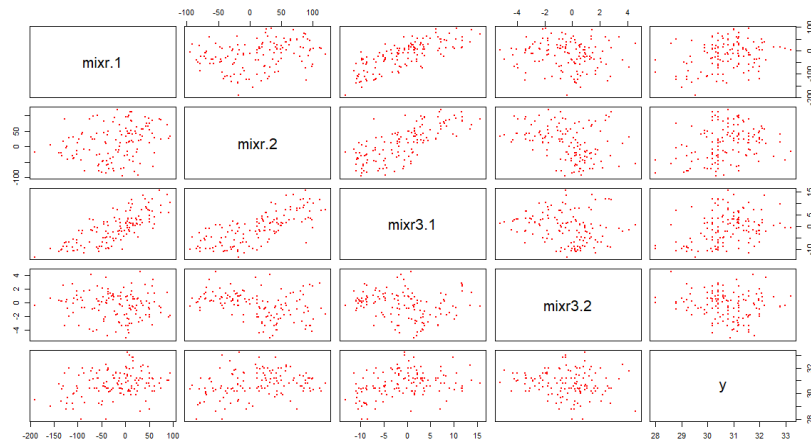
(b) *Scatterplot*: Respon dengan Kovariat Tekanan Permukaan Laut



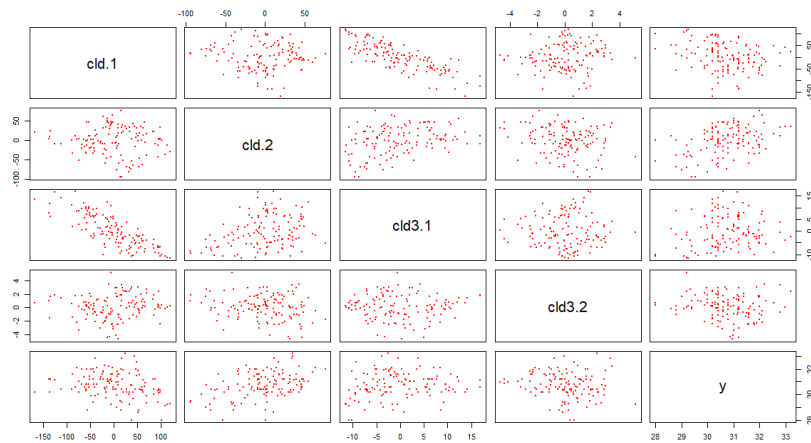
(c) *Scatterplot*: Respon dengan Kovariat Kelembaban Spesifik



(d) *Scatterplot*: Respon dengan Kovariat Komponen Angin



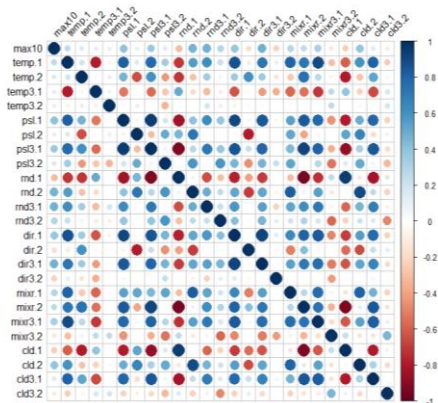
(e) *Scatterplot*: Respon dengan Kovariat *Mixing Ratio*



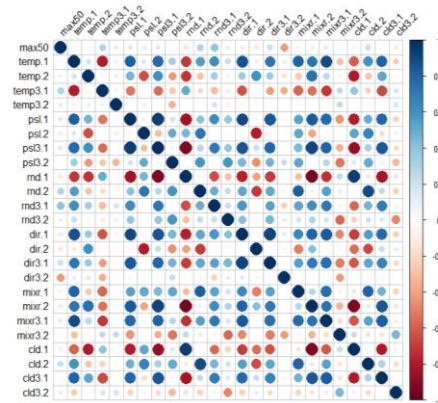
(f) *Scatterplot*: Respon dengan Kovariat Ketinggian Geopotensial

Gambar 4.24 *Scatterplot* Variabel Respon (Suhu Maksimum Kuantil 0,1) dengan Variabel Kovariat (Prediktor) Stasiun Meteorologi Gewayantana

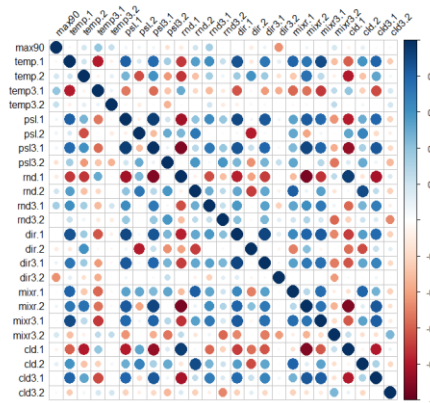
Sama seperti halnya dengan curah hujan, pola dari Gambar 4.24 memiliki titik-titik yang tersebar sehingga pola tidak terlalu jelas. Untuk variabel  $rnd_{3,2}$  dan  $dir_{3,2}$  terdapat kecenderungan hubungan yang positif untuk masing-masing variabel tersebut dengan respon. Untuk memastikan korelasi antara respon dengan kovariat, berikut disajikan visualisasi dari *correlogram*.



(a) Suhu Maksimum 0,1



(b) Suhu Maksimum 0,5



(c) Suhu Maksimum 0,9

Gambar 4.25 Correlogram antara Variabel Suhu Maksimum dengan Variabel Kovariat untuk Stasiun Meteorologi Gewayantana

Pada Gambar 4.25 (a) terlihat bahwa beberapa variabel kovariat cenderung memiliki nilai korelasi positif dengan responnya. Dari 24 kovariat yang ada, hanya 6 kovariat yang cenderung untuk memiliki nilai korelasi negatif untuk Gambar 4.25 (a), yakni variabel  $rnd_1$ ,  $dir_2$ ,  $dir_{3,2}$ ,  $mixr_{3,2}$ ,  $cld_1$ , dan  $cld_{3,2}$ . Sedangkan untuk Gambar 4.25 (b) dan (c) memiliki warna yang pudar dan ukuran lingkaran yang kecil. Hal tersebut menunjukkan bahwa korelasi antara kovariat dengan responnya cenderung memiliki nilai korelasi yang kecil.

Hasil pemodelan untuk curah hujan dan suhu maksimum yang berada pada kuantil 0,1;0,5 dan 0,9 di Stasiun Gewayantana ditampilkan pada Tabel 4.11 berikut.

Tabel 4.11 Persamaan Regresi Stasiun Meteorologi Gewayantana

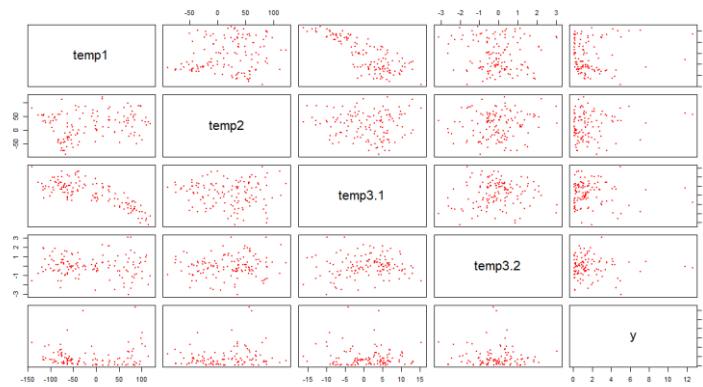
Variabel Respon	Kuantil	Persamaan Regresi
Curah Hujan (CH)	0,1	$\log(CH10) = 0,284 - 0,0197temp_1 + 0,0103psl_1 - 0,159psl_{3,1}$ $- 0,0427dir_{3,1} + 0,0207mixr_1 + 0,0179mixr_2$ $- 0,183mixr_{3,2} + 0,00868cld_1 - 0,0151cld_2$ $+ 0,0904cld_{3,1} + 0,113cld_{3,2}$
	0,5	$\log(CH50) = 1,46 - 0,0141temp_1 + 0,0138psl_1 - 0,226psl_{3,1}$ $- 0,0154rnd_1 + 0,0675rnd_{3,1} - 0,0489rnd_{3,2}$ $+ 0,0170dir_2 - 0,0340dir_{3,1} + 0,0105mixr_1$ $- 0,210mixr_{3,2} + 0,0187cld_1 - 0,0144cld_2$ $+ 0,0998cld_{3,1}$
	0,9	$\log(CH90) = 2,55 - 0,0133temp_1 + 0,00931psl_1 - 0,181psl_{3,1}$ $- 0,0190rnd_2 + 0,0820rnd_{3,1} + 0,00764mixr_1$ $- 0,120mixr_{3,2} + 0,00613cld_1 + 0,0864cld_{3,1}$ $- 0,0900cld_{3,2}$
Suhu Maks. (SM)	0,1	$SM10 = 30,7 + 0,0118temp_1 - 0,00199temp_2 + 0,0551temp_{3,1}$ $+ 0,0158psl_1 - 0,0248psl_2 - 0,254psl_{3,1} + 0,0199rnd_2$ $+ 0,104rnd_{3,1} + 0,0401rnd_{3,2} + 0,0168dir_{3,1} - 0,0123mixr_1$ $+ 0,0899mixr_{3,1} - 0,00698cld_2 - 0,111cld_{3,1} + 0,0541cld_{3,2}$
	0,5	$SM50 = 32,0 + 0,0108temp_1 - 0,0114temp_2 + 0,0542temp_{3,1}$ $+ 0,00967psl_1 - 0,0144psl_2 - 0,242psl_{3,1} - 0,434psl_{3,2}$ $- 0,00911rnd_1 + 0,0142rnd_2 + 0,0797rnd_{3,1} + 0,0695rnd_{3,2}$ $- 0,00704dir_2 + 0,0296dir_{3,1} - 0,115dir_{3,2} - 0,0197mixr_1$ $+ 0,122mixr_{3,1} - 0,00592cld_2 - 0,0565cld_{3,1}$
	0,9	$SM90 = 33,2 + 0,0150temp_1 + 0,0886temp_{3,1} + 0,155temp_{3,2}$ $+ 0,0169psl_1 - 0,0189psl_2 - 0,321psl_{3,1} - 0,0113rnd_1$ $+ 0,0146rnd_2 + 0,118rnd_{3,1} - 0,109dir_{3,2} - 0,0147mixr_1$ $+ 0,0676mixr_{3,1} + 0,0105cld_1 - 0,0102cld_2 - 0,0437cld_{3,1}$

Terdapat beberapa kovariat sama yang digunakan dalam persamaan curah hujan pada Tabel 4.11. Contohnya adalah  $temp_1$ ,  $psl_{3,1}$ , dan  $dir_{3,1}$  yang pada masing-masing mempunyai tanda koefisien negatif. Tanda tersebut sesuai dengan korelasinya yakni korelasi negatif. Sedangkan contoh untuk variabel yang tanda koefisiennya tidak sesuai dengan korelasi adalah  $mixr_{3,2}$ . Jika melihat korelasi,

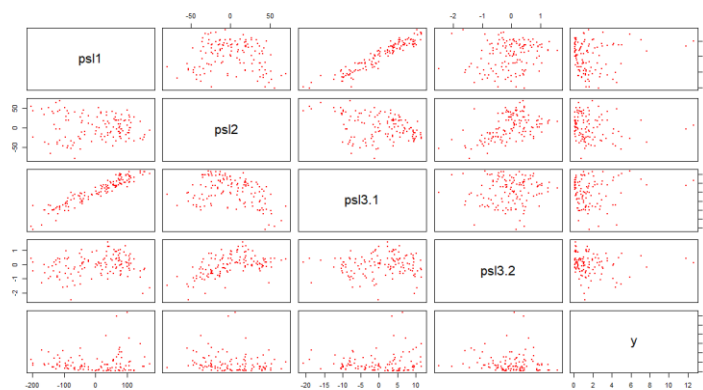
maka tandanya adalah positif tetapi pada persamaan terlihat tandanya negatif. Untuk variabel yang membangun model suhu maksimum memiliki beberapa variabel yang sama dengan tanda koefisien yang cenderung sesuai dengan korelasi.

#### 4.4.5 Regresi Linier pada Stasiun Meteorologi Mali

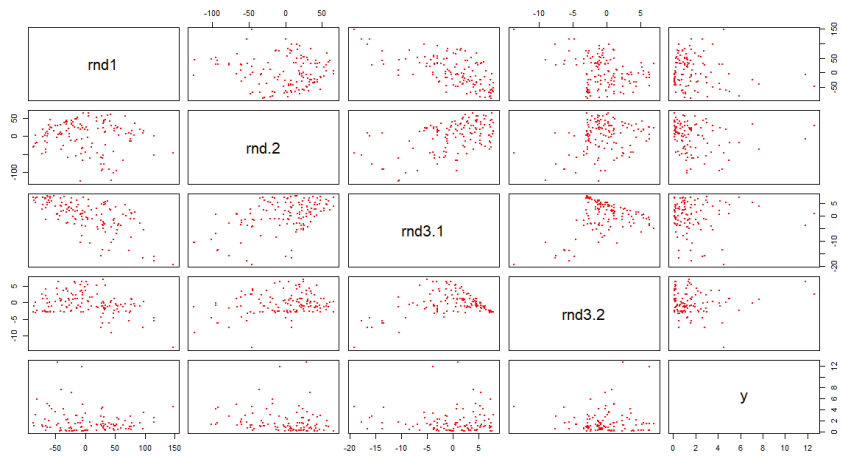
Sama seperti analisis di stasiun sebelumnya, berikut merupakan contoh *scatterplot* antara respon berupa curah hujan dan suhu maksimum pada kuantil 0,1 dengan variabel kovariat (prediktor)nya.



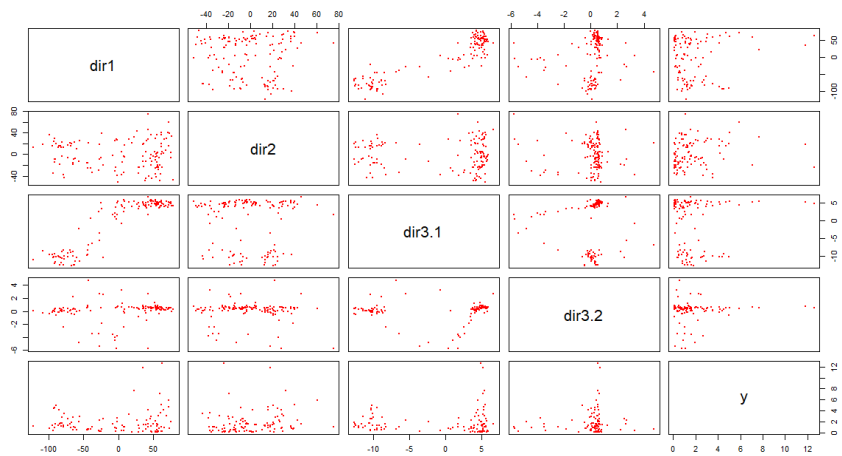
(a) *Scatterplot: Respon dengan Kovariat Mean Daily Temperature*



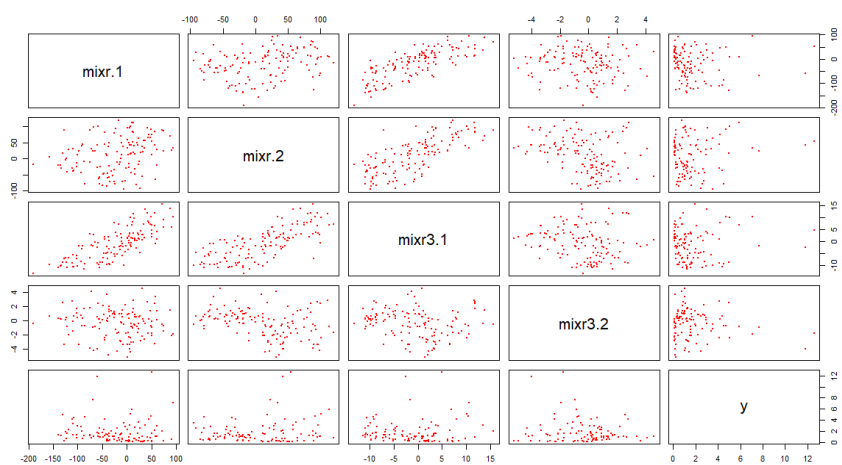
(b) *Scatterplot: Respon dengan Kovariat Tekanan Permukaan Laut*



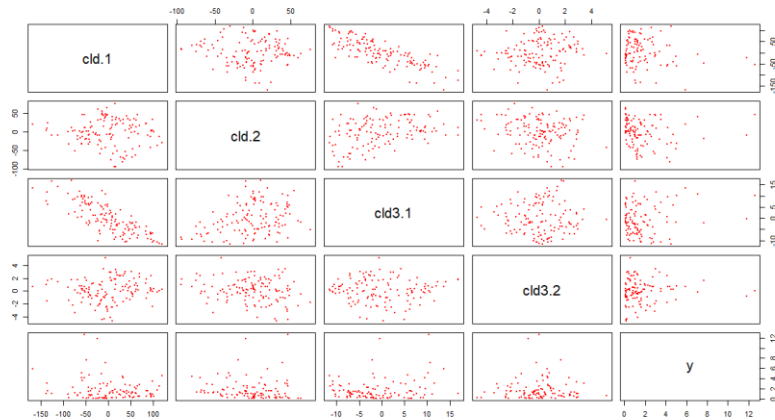
(c) Scatterplot: Respon dengan Kovariat Kelembaban Spesifik



(d) Scatterplot: Respon dengan Kovariat Komponen Angin

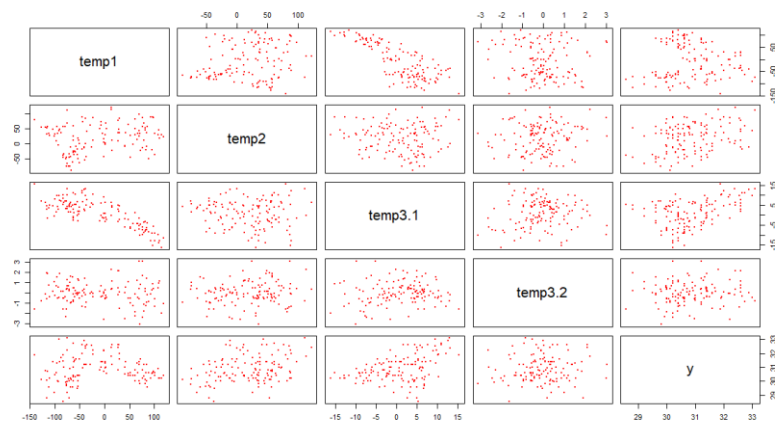


(e) Scatterplot: Respon dengan Kovariat *Mixing Ratio*

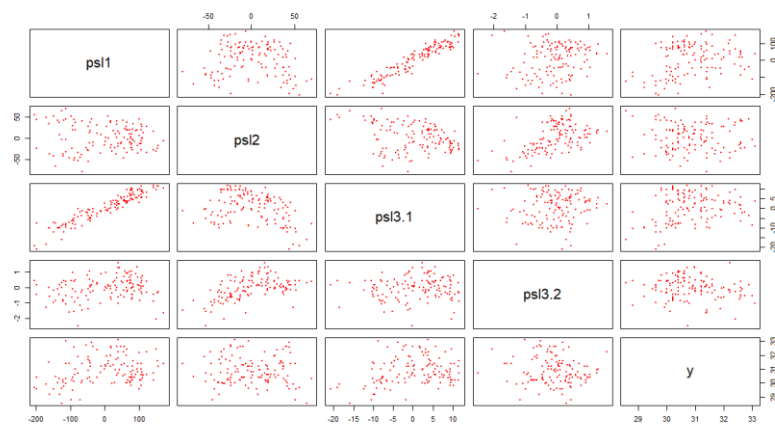


(f) *Scatterplot*: Respon dengan Kovariat Ketinggian Geopotensial

Gambar 4.26 Scatterplot Variabel Respon (Curah Hujan Kuantil 0,1) dengan Variabel Kovariat (Prediktor) Stasiun Meteorologi Mali

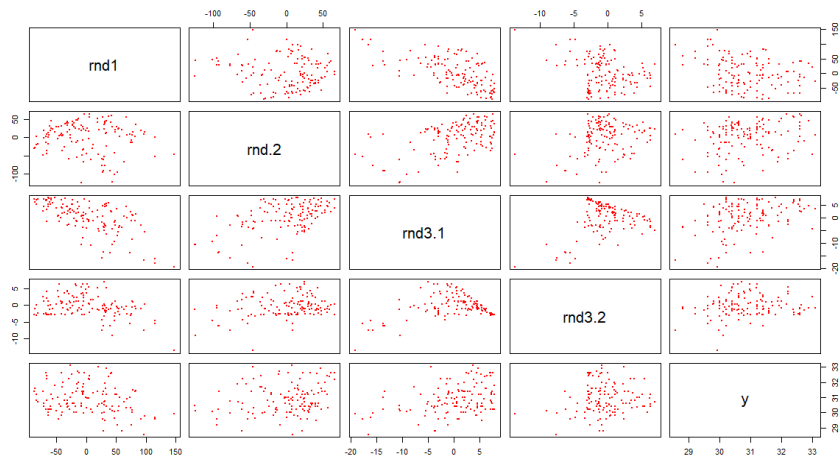


(a) *Scatterplot*: Respon dengan Kovariat *Mean Daily Temperature*

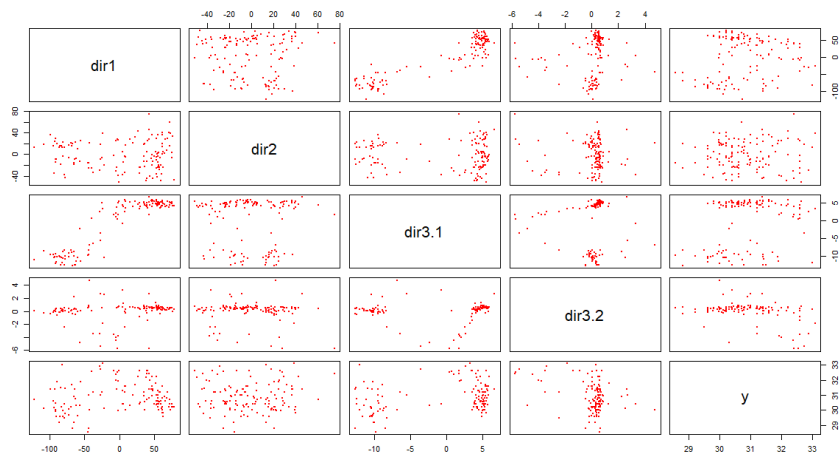


(b) *Scatterplot*: Respon dengan Kovariat Tekanan Permukaan Laut

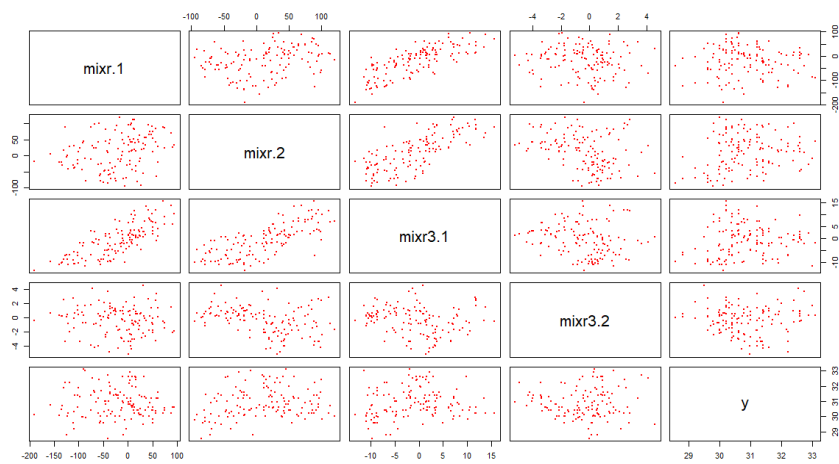




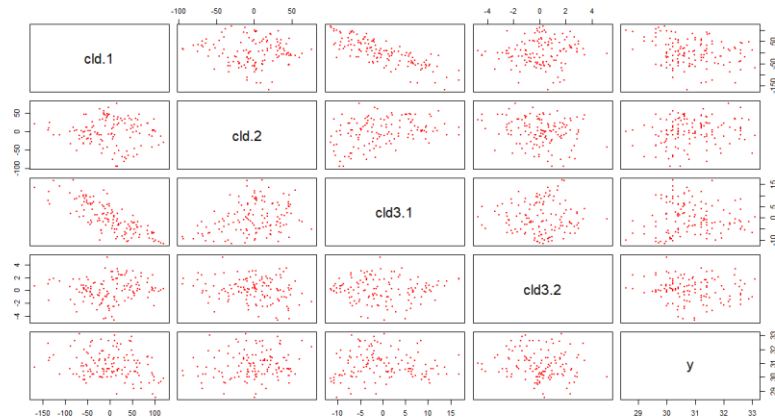
(c) Scatterplot: Respon dengan Kovariat Kelembaban Spesifik



(d) Scatterplot: Respon dengan Kovariat Komponen Angin



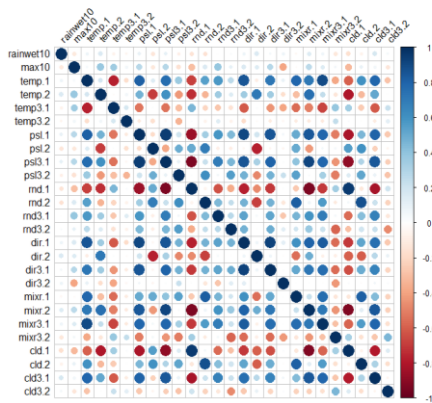
(e) Scatterplot: Respon dengan Kovariat *Mixing Ratio*



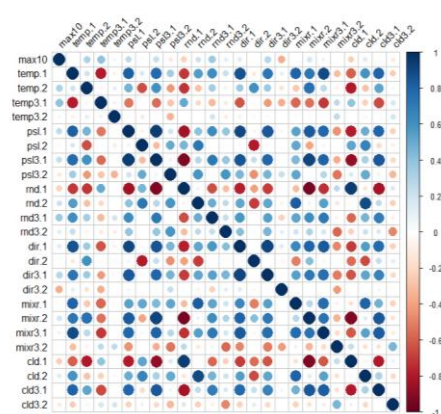
(f) Scatterplot: Respon dengan Kovariat Ketinggian Geopotensial

Gambar 4.27 Scatterplot Variabel Respon (Suhu Maksimum Kuantil 0,1) dengan Variabel Kovariat (Prediktor) Stasiun Meteorologi Mali

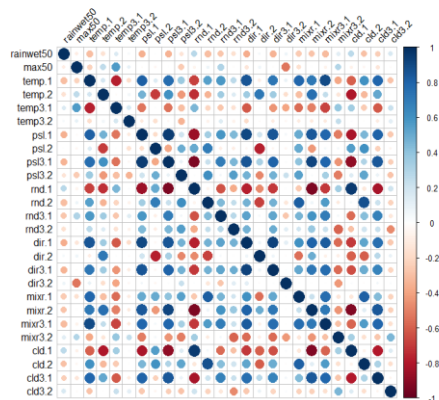
Gambar 4.26 dan Gambar 4.27 memberikan hasil yang agak mirip, yakni titik-titik merah tersebar di *plot* sehingga pola yang dibentuk tidak terlalu jelas. Walaupun pola titiknya menyebar, tetapi Gambar 4.26 juga memiliki kecenderungan titiknya mengumpul. Untuk lebih memastikan hubungan antara respon dengan variabel kovariatnya maka dapat dihitung matriks korelasi dan didapatkan *correlogram* sebagaimana disajikan pada Gambar 4.28.



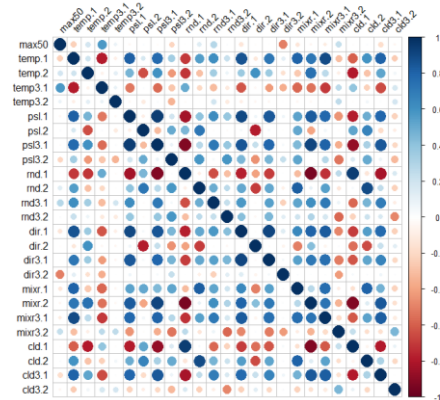
(a) Curah Hujan 0,1



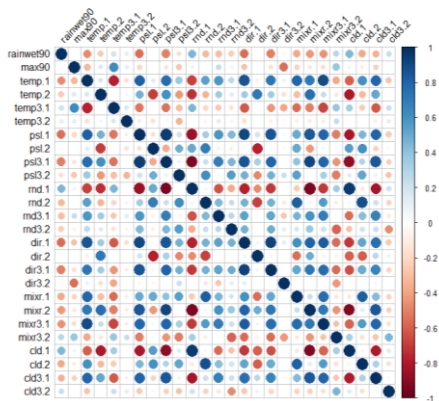
(d) Suhu Maksimum 0,1



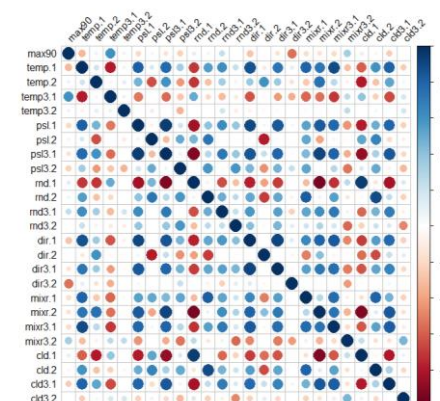
(b) Curah Hujan 0,5



(e) Suhu Maksimum 0,5



(c) Curah Hujan 0,9



(f) Suhu Maksimum 0,9

Gambar 4.28 Correlogram antara Variabel Respon dengan Variabel Kovariat untuk Stasiun Meteorologi Mali

Gambar 4.28 (a) menyajikan *correlogram* dimana korelasi antara respon dengan kovariatnya digambarkan dengan lingkaran yang kecil dan juga warna yang pudar. Berdasarkan gambar tersebut maka ada kecenderungan bahwa nilai korelasi yang dimiliki adalah kecil. Berbeda halnya dengan Gambar 4.28 (b) dan (c) yakni terlihat warna merah agak dominan dengan ukuran lingkaran yang sedang. Oleh karena itu dapat diketahui bahwa terdapat korelasi negatif antara respon dengan beberapa variabel kovariatnya, diantaranya adalah  $temp_1$ ,  $psl_1$ ,  $psl_{3.1}$ ,  $dir_1$ ,  $dir_{3.1}$ ,  $mixr_{3.1}$ , dan  $cld_{3.1}$ . Sedangkan untuk variabel yang cenderung memiliki korelasi positif dengan respon adalah  $rnd_1$  dan  $cld_1$ .

Gambar 4.28 (d) sampai (f) menampilkan hasil korelasi yang terlihat mirip. Berdasarkan *correlogram* terlihat bahwa terdapat satu korelasi positif dan

satu korelasi negatif yang dihasilkan. Korelasi positif cenderung terjadi antara respon dengan  $temp_{3,1}$ , sedangkan hubungan respon dengan  $dir_{3,2}$  cenderung berkorelasi negatif.

Selanjutnya, regresi linier pada Stasiun Meteorologi Mali dilakukan untuk memodelkan curah hujan dan suhu maksimum pada kuantil 0,1;0,5 dan 0,9. Hasil pemodelan ditampilkan pada Tabel 4.12.

Tabel 4.12 Persamaan Regresi Stasiun Meteorologi Mali

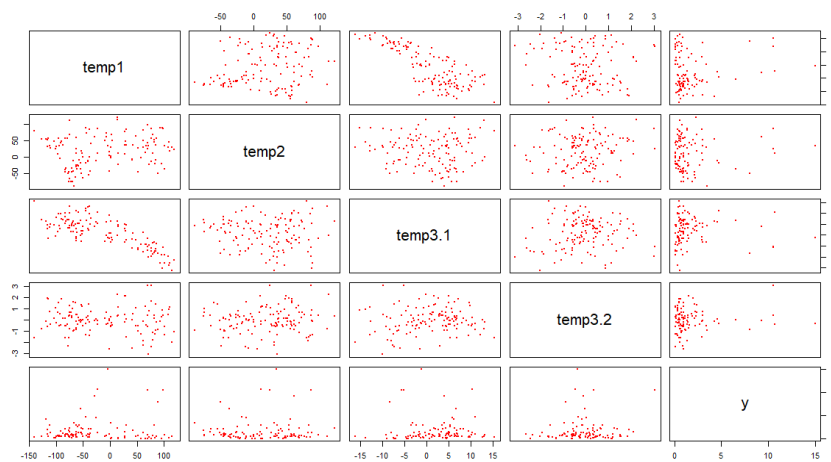
Variabel Respon	Kuantil	Persamaan Regresi
Curah Hujan (CH)	0,1	$\log(CH10) = -0,009 - 0,0709psl_{3,1} + 0,0148dir_2 + 0,0583cld_{3,1}$
	0,5	$\log(CH50) = 1,29 - 0,0690psl_{3,1} - 0,00959rnd_2 + 0,0390rnd_{3,1}$
	0,9	$\log(CH90) = 2,37 - 0,00868temp_2 - 0,00909dir_1 - 0,0119mixr_1 + 0,0773mixr_{3,1}$
Suhu Maks. (SM)	0,1	$SM10 = 30,8 + 0,00997temp_1 + 0,0902temp_{3,1} + 0,0155psl_1 - 0,0155psl_2 - 0,196psl_{3,1} + 0,0135rnd_2 + 0,0821rnd_{3,1} - 0,00565dir_1 + 0,0390dir_{3,1} - 0,0106mixr_1 + 0,0815mixr_{3,1} + 0,0674mixr_{3,2} - 0,00991cld_2 - 0,0856cld_{3,1} - 0,0661cld_{3,2}$
	0,5	$SM50 = 31,7 + 0,101temp_{3,1} + 0,00771psl_1 - 0,0999psl_{3,1} - 0,191psl_{3,2} + 0,00634rnd_2 + 0,0883rnd_{3,1} + 0,0621mixr_{3,1} - 0,0146cld_2 - 0,0362cld_{3,1} - 0,0731cld_{3,2}$
	0,9	$SM90 = 32,4 + 0,104temp_{3,1} + 0,00662psl_1 - 0,143psl_{3,1} - 0,191psl_{3,2} - 0,00488rnd_1 + 0,00563rnd_2 + 0,121rnd_{3,1} + 0,0597mixr_{3,1} + 0,00206cld_1 - 0,0152cld_2 - 0,0319cld_{3,1} - 0,0923cld_{3,2}$

Tabel 4.12 menunjukkan persamaan curah hujan maupun suhu maksimum untuk kuantil 0,1;0,5 dan 0,9. Tanda positif dari koefisien  $dir_2$ ,  $cld_{3,1}$ ,  $rnd_{3,2}$ , dan  $mixr_1$  pada persamaan curah hujan berbeda dengan hasil korelasinya yang memberikan hasil korelasi negatif. Untuk tanda negatif dari  $psl_{3,1}$ ,  $rnd_2$ ,  $dir_1$ ,  $temp_2$  dan  $mixr_1$  sudah sesuai dengan hasil korelasinya. Berdasarkan Tabel 4.12 diketahui bahwa variabel prediktor yang membentuk model tiga suhu maksimum hampir sama. Jika terjadi kenaikan satu satuan  $temp_{3,1}$  maka suhu maksimum juga akan mengalami kenaikan. Sedangkan jika yang terjadi kenaikan adalah  $cld_{3,1}$  atau  $cld_{3,2}$  maka suhu maksimum akan mengalami penurunan. Untuk  $psl_{3,1}$  yang

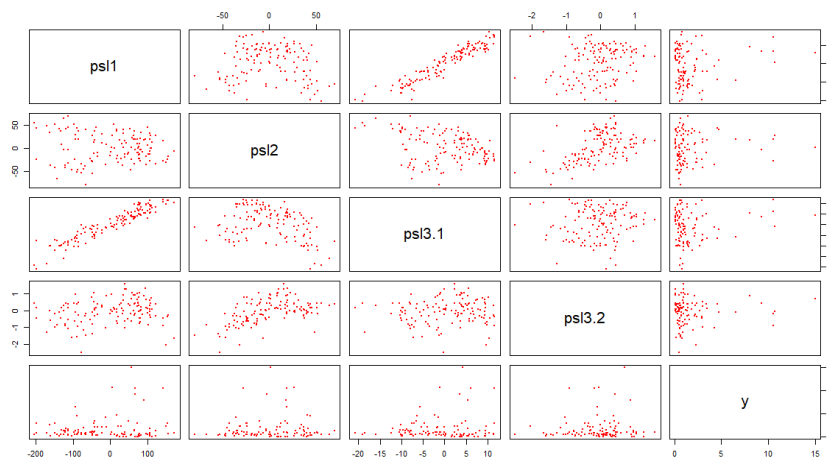
bertanda negatif pada persamaan suhu maksimum berbeda dengan hasil dari korelasinya dengan respon suhu maksimum. Setelah mendapatkan model untuk proyeksi kuantil, maka model tersebut dapat diterapkan untuk data *testing*.

#### 4.4.6 Regresi Linier pada Stasiun Meteorologi Umbu Mehang Kunda

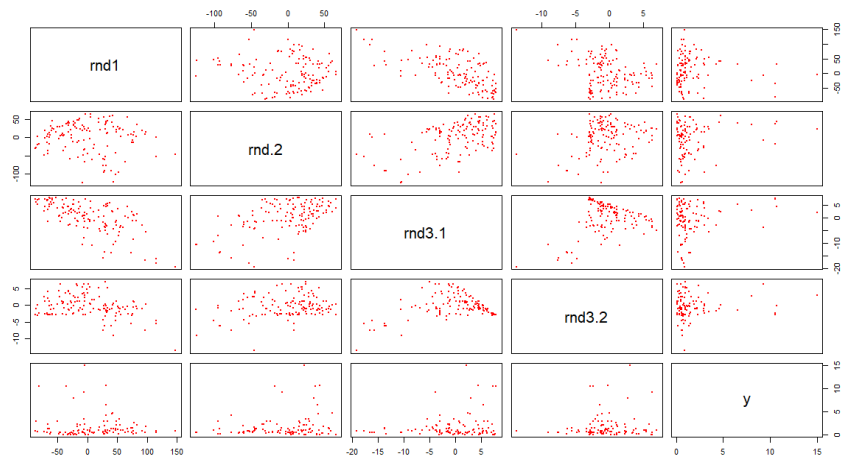
Berikut ini disajikan *scatterplot* untuk respon curah hujan dan suhu maksimum pada kuantil 0,1.



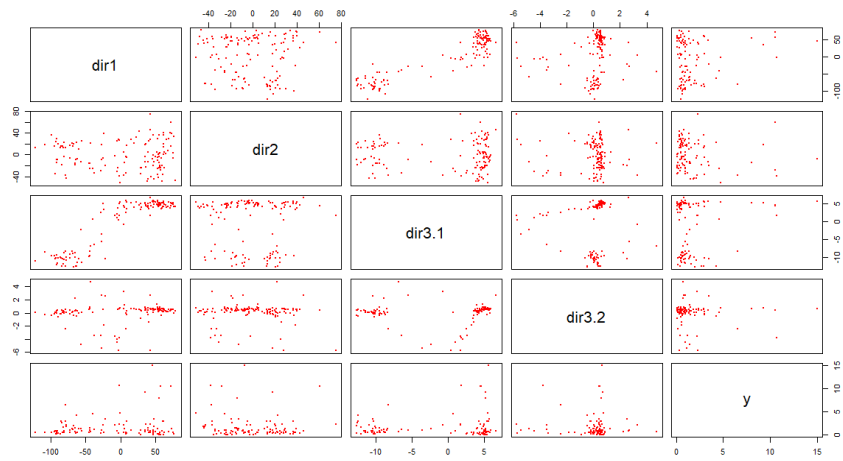
(a) *Scatterplot: Respon dengan Kovariat Mean Daily Temperature*



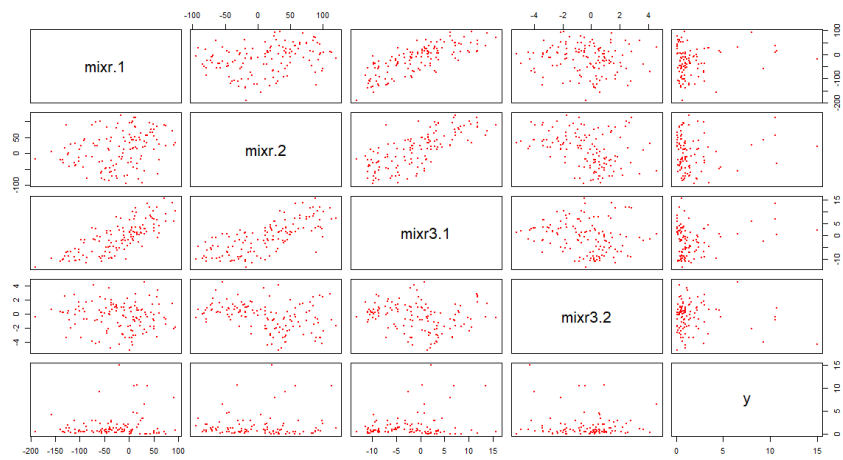
(b) *Scatterplot: Respon dengan Kovariat Tekanan Permukaan Laut*



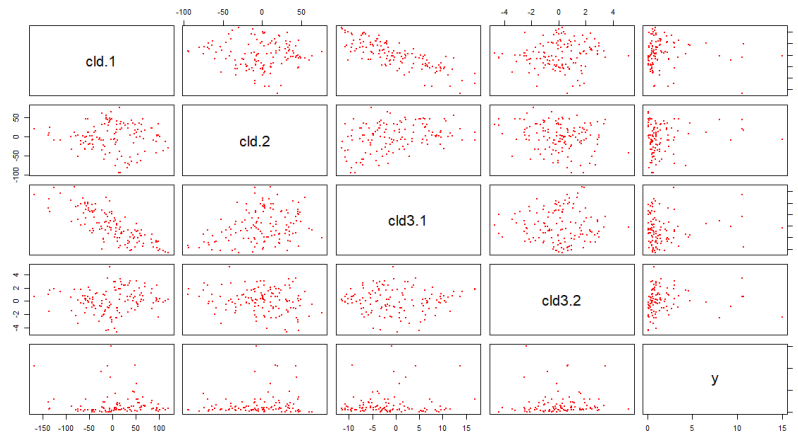
(c) *Scatterplot: Respon dengan Kovariat Kelembaban Spesifik*



(d) *Scatterplot: Respon dengan Kovariat Komponen Angin*



(e) *Scatterplot: Respon dengan Kovariat Mixing Ratio*

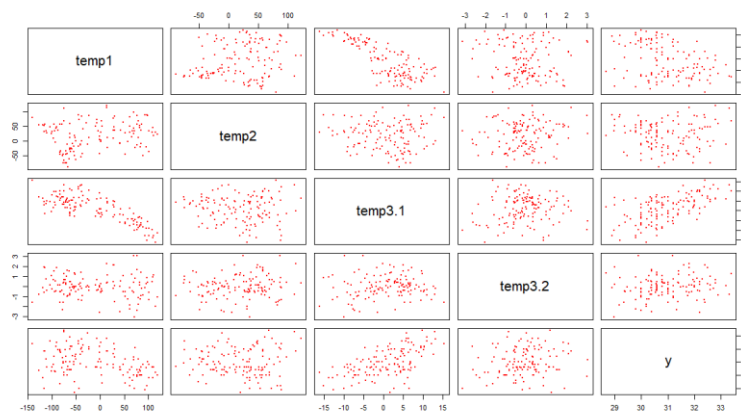


(f) *Scatterplot*: Respon dengan Kovariat Ketinggian Geopotensial

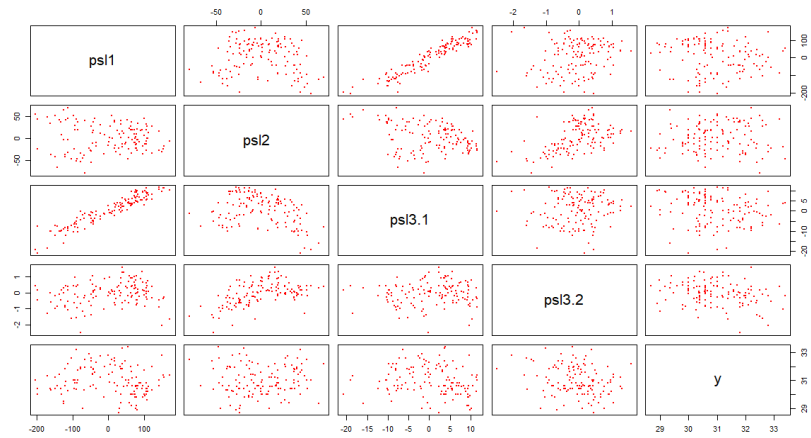
Gambar 4.29 *Scatterplot* Variabel Respon (Curah hujan Kuantil 0,1) dengan Variabel Kovariat (Prediktor) Stasiun Meteorologi Umu

Gambar 4.29 menunjukkan pola hubungan variabel curah hujan kuantil 0,1 dengan variabel kovariat (prediktor) yaitu variabel *mean daily temperature*, tekanan permukaan laut, kelembaban spesifik, komponen angin, *mixing ratio*, dan ketinggian geopotensial. Pada Gambar 4.29 (a) terlihat bahwa tidak terdapat pola yang jelas antara respon dengan kovariat *mean daily temperature*. Hal tersebut ditunjukkan oleh titik-titik yang terlihat mengumpul. Tidak jauh berbeda dengan Gambar 4.29 (a), Gambar 4.29 (b) sampai Gambar 4.29 (f) pun menunjukkan pola yang hampir sama.

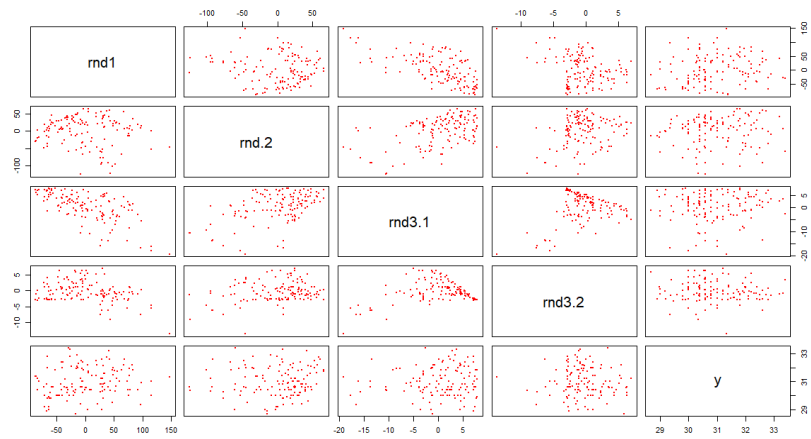
Selanjutnya adalah *scatterplot* untuk suhu maksimum dengan contoh respon yakni kuantil 0,1.



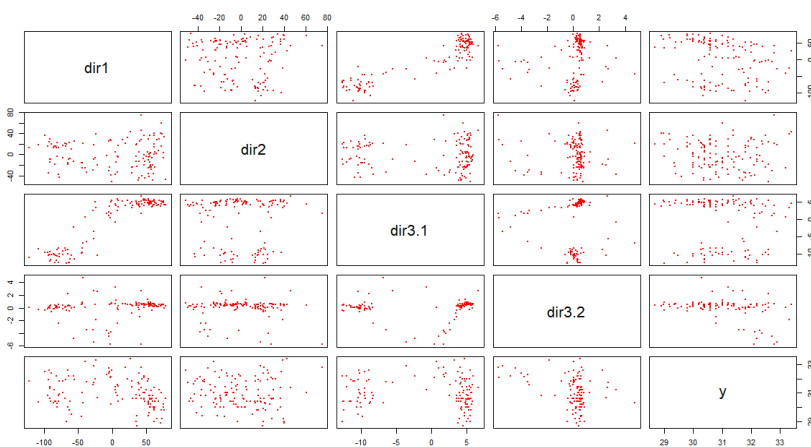
(a) *Scatterplot*: Respon dengan Kovariat *Mean Daily Temperature*



(b) *Scatterplot*: Respon dengan Kovariat Tekanan Permukaan Laut

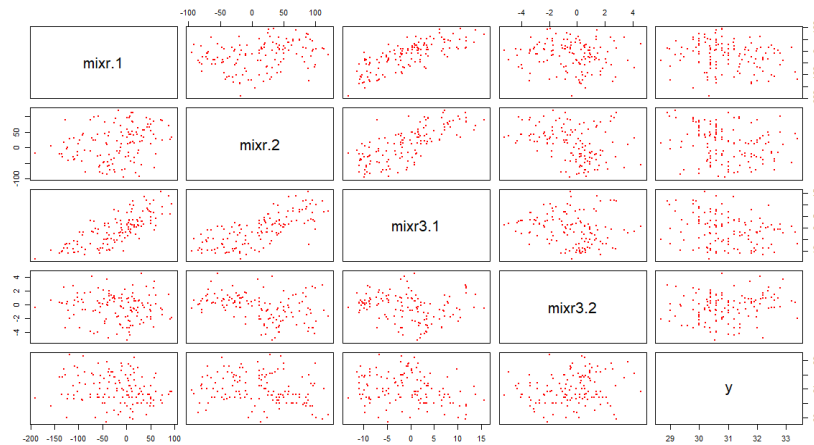


(c) *Scatterplot*: Respon dengan Kovariat Kelembaban Spesifik

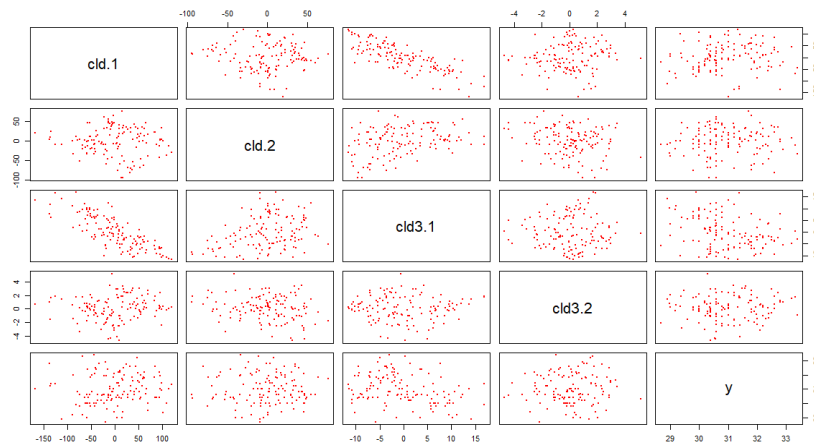


(d) *Scatterplot*: Respon dengan Kovariat Komponen Angin





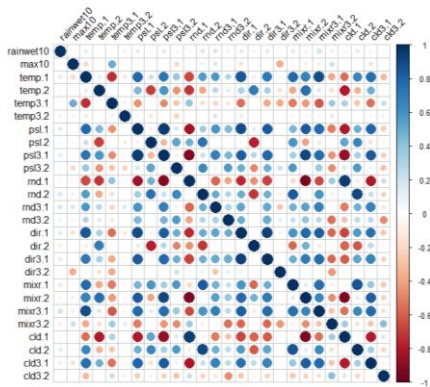
(e) Scatterplot: Respon dengan Kovariat *Mixing Ratio*



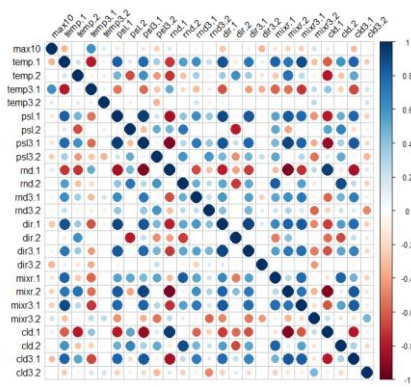
(f) Scatterplot: Respon dengan Kovariat Ketinggian Geopotensial

Gambar 4.30 Scatterplot Variabel Respon (Suhu Maksimum Kuantil 0,1) dengan Variabel Kovariat (Prediktor) Stasiun Meteorologi Umu

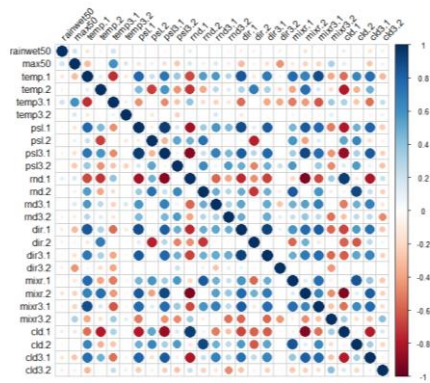
Tidak seperti pola curah hujan kuantil 0,1 yang mengumpul, pola suhu maksimum yang disajikan pada Gambar 4.30 terlihat menyebar. Oleh karena tidak terlihat pola yang cukup jelas, maka untuk mengetahui hubungan respon dengan kovariatnya dapat dilihat dari gambar berikut.



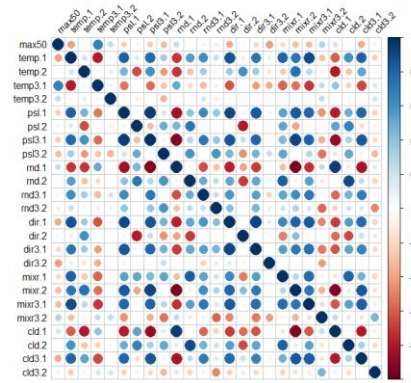
(a) Curah Hujan 0,1



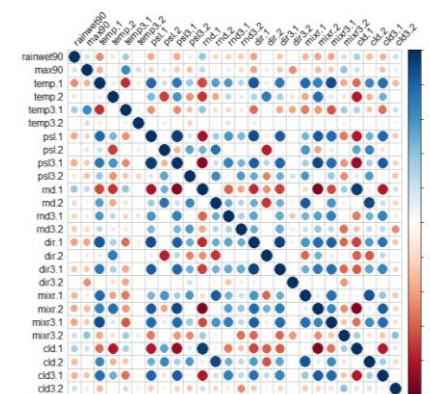
(d) Suhu Maksimum 0,1



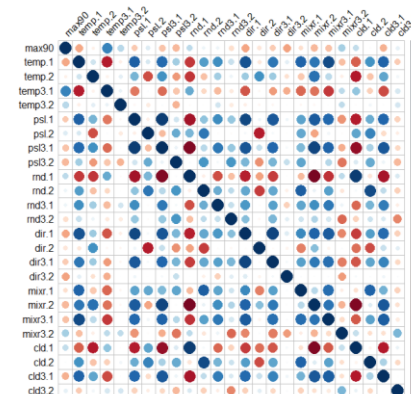
(b) Curah Hujan 0,5



(e) Suhu Maksimum 0,5



(c) Curah Hujan 0,9



(f) Suhu Maksimum 0,9

Gambar 4.31 Correlogram antara Variabel Respon dengan Variabel Kovariat untuk Stasiun Meteorologi Umu

Gambar 4.31 (a) dan (b) memperlihatkan nilai korelasi yang kecil antara respon dengan kovariatnya. Hal tersebut dikarenakan warna yang pudar serta ukuran lingkaran yang sangat kecil. Sedangkan untuk Gambar 4.31 (c) terlihat

warna merah dominan, yakni adanya korelasi negatif untuk respon dengan variabel yang memiliki warna merah. Sedangkan untuk Gambar 4.31 (c), (d), dan (e) memiliki *correlogram* yang hampir mirip. Sama seperti 4.31 (c) yang dominan merah, *correlogram* untuk suhu juga cenderung berwarna merah.

Langkah selanjutnya adalah membangun model regresi linier. Hasil pemodelan regresi linier pada Stasiun Meteorologi Umu Meheng Kunda yang dilakukan untuk memodelkan nilai pada kuantil 0,1;0,5 dan 0,9 variabel curah hujan dan suhu maksimum ditabelkan pada Tabel 4.13 berikut.

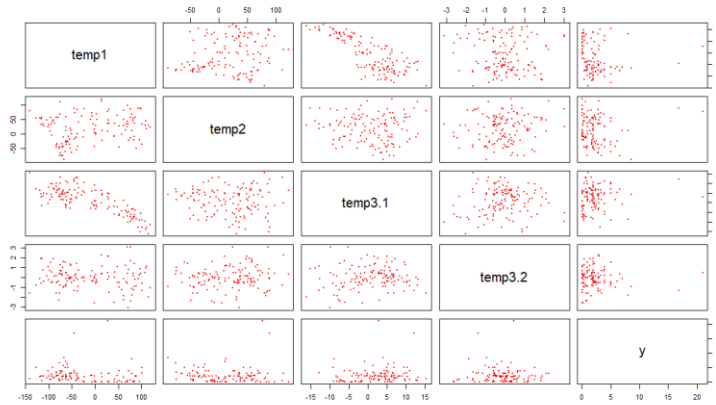
Tabel 4.13 Persamaan Regresi Stasiun Meteorologi Umu Meheng Kunda

Variabel Respon	Kuantil	Persamaan Regresi
Curah Hujan (CH)	0,1	$\log(CH10) = -0,138 + 0,0105 psl_1 - 0,0232 psl_2 - 0,250 psl_{3,1} + 0,00998 rnd_2 + 0,0960 rnd_{3,1} - 0,180 mixr_{3,2} + 0,201 cld_{3,2}$
	0,5	$\log(CH50) = 1,03 - 0,00771 temp_2 + 0,0460 temp_{3,1} + 0,0146 psl_1 - 0,0249 psl_2 - 0,274 psl_{3,1} + 0,0132 rnd_2 + 0,109 rnd_{3,1} - 0,0594 rnd_{3,2} - 0,194 mixr_{3,2} - 0,0184 cld_2 + 0,120 cld_{3,2}$
	0,9	$\log(CH90) = 1,84 - 0,0169 temp_1 + 0,213 temp_{3,2} + 0,00819 psl_1 - 0,104 psl_{3,1} + 0,534 psl_{3,2} + 0,0465 rnd_{3,1} - 0,105 rnd_{3,2} + 0,0127 dir_2$
Suhu Maks. (SM)	0,1	$SM10 = 31,0 + 0,00612 temp_1 + 0,104 temp_{3,1} + 0,00429 psl_1 + 0,0467 rnd_{3,1} - 0,0164 dir_1 + 0,00554 dir_2 + 0,0626 dir_{3,1} + 0,0399 mixr_{3,1} - 0,0745 cld_{3,1}$
	0,5	$SM50 = 32,0 + 0,0942 temp_{3,1} - 0,510 psl_{3,2} + 0,00543 rnd_2 + 0,0463 rnd_{3,1} - 0,00857 dir_1 + 0,00954 dir_2 + 0,0422 dir_{3,1} + 0,00720 mixr_1 - 0,0842 mixr_{3,2} - 0,0382 cld_{3,1}$
	0,9	$SM90 = 33,0 + 0,127 temp_{3,1} - 0,0496 psl_{3,1} - 0,887 psl_{3,2} - 0,0118 rnd_1 + 0,00633 rnd_2 + 0,0642 rnd_{3,1} + 0,0131 dir_2 + 0,00807 mixr_1 - 0,168 mixr_{3,2} + 0,0142 cld_1$

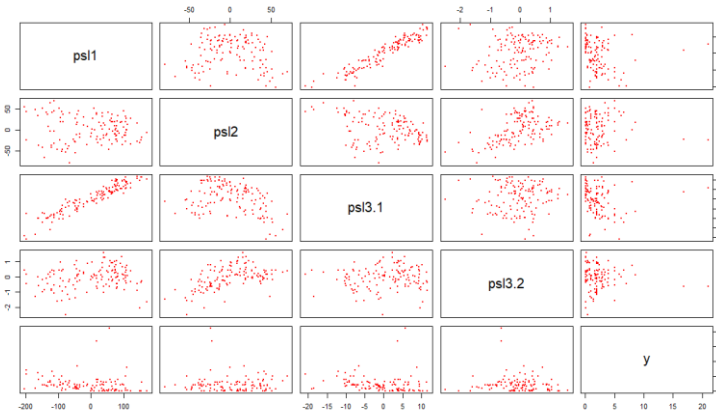
Penjelasan untuk hasil persamaan pada Tabel 4.13 juga dapat dijelaskan dengan cara yang sama seperti yang telah dilakukan pada *sub-bab* sebelumnya.

#### 4.4.7 Regresi Linier pada Stasiun Meteorologi Eltari

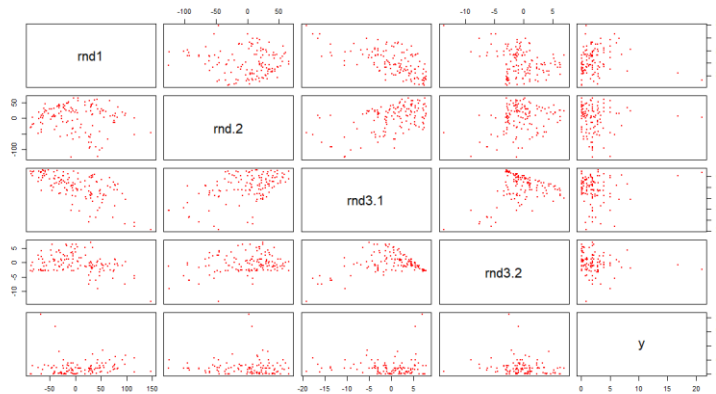
Untuk mengetahui pola hubungan antara respon dengan variabel kovariatnya, maka dibentuk *scatterplot*. Berikut adalah *scatterplot* untuk curah hujan kuantil 0,1.



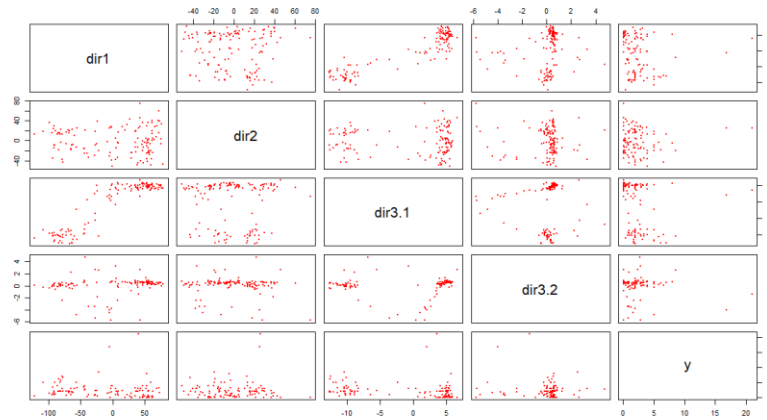
(a) *Scatterplot*: Respon dengan Kovariat *Mean Daily Temperature*



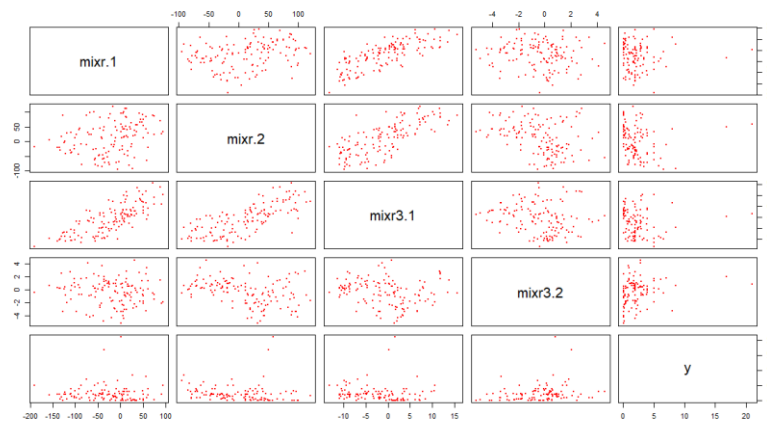
(b) *Scatterplot*: Respon dengan Kovariat Tekanan Permukaan Laut



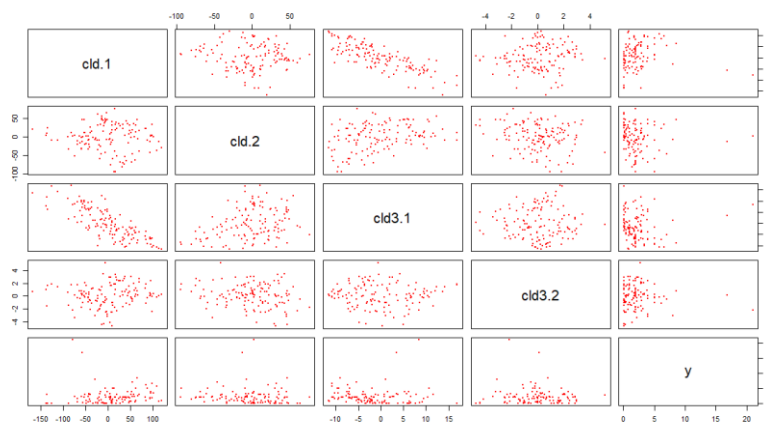
(c) *Scatterplot*: Respon dengan Kovariat Kelembaban Spesifik



(d) *Scatterplot: Respon dengan Kovariat Komponen Angin*

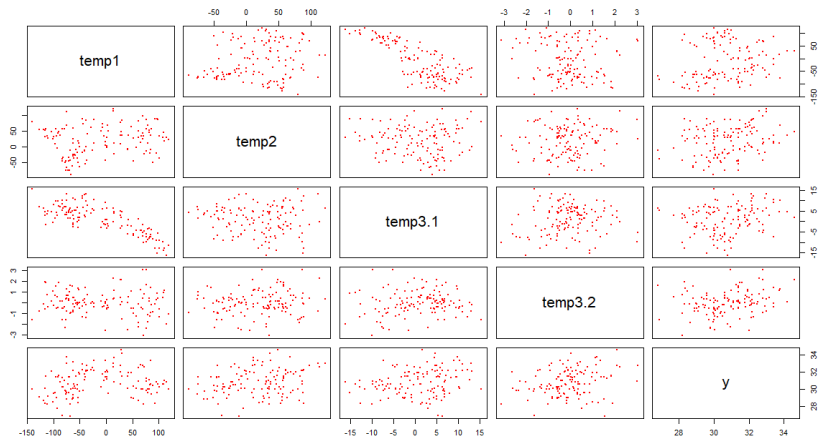


(e) *Scatterplot: Respon dengan Kovariat Mixing Ratio*

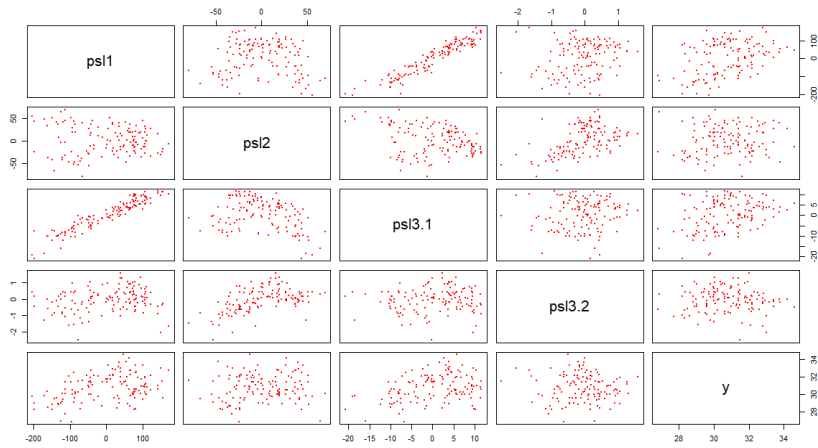


(f) *Scatterplot: Respon dengan Kovariat Ketinggian Geopotensial*

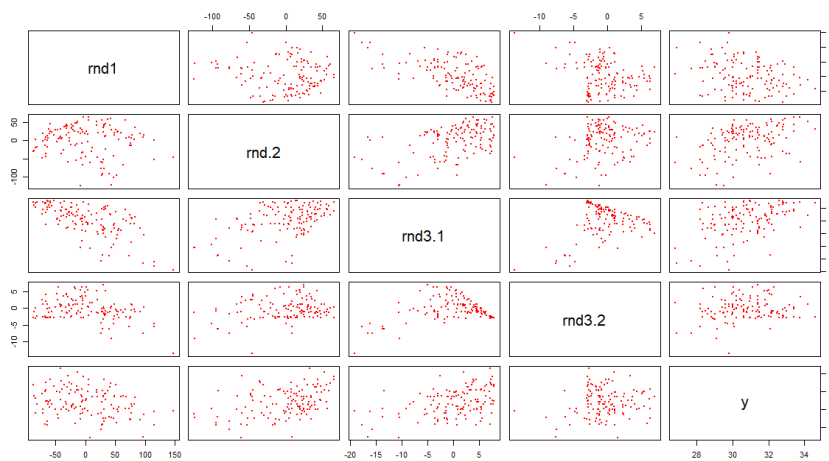
Gambar 4.32 Scatterplot Variabel Respon (Curah Hujan Kuantil 0,1) dengan Variabel Kovariat (Prediktor) Stasiun Meteorologi Eltari



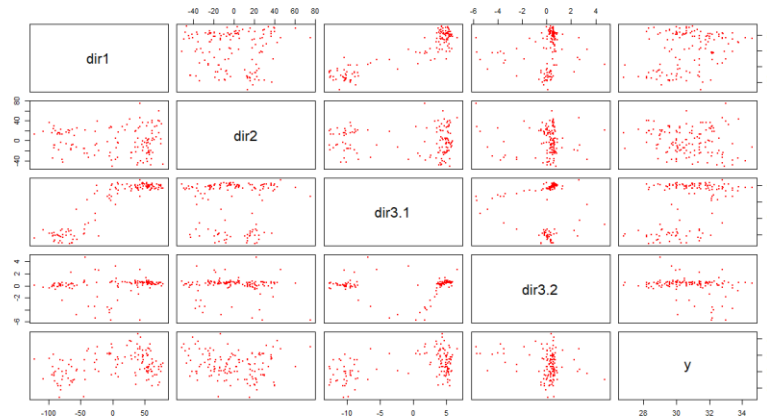
(a) *Scatterplot: Respon dengan Kovariat Mean Daily Temperature*



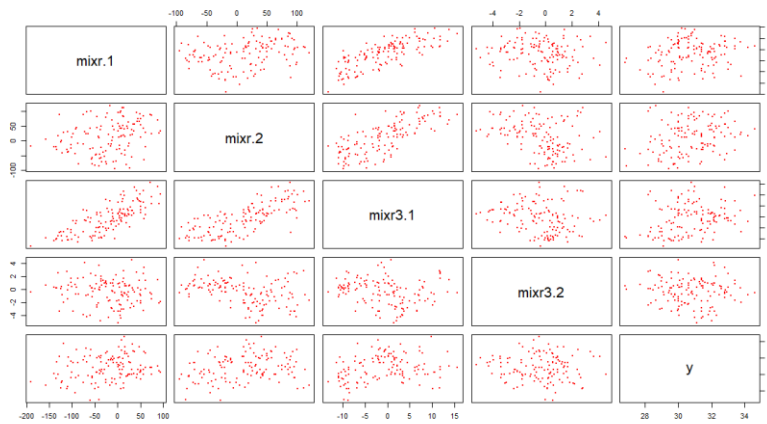
(b) *Scatterplot: Respon dengan Kovariat Tekanan Permukaan Laut*



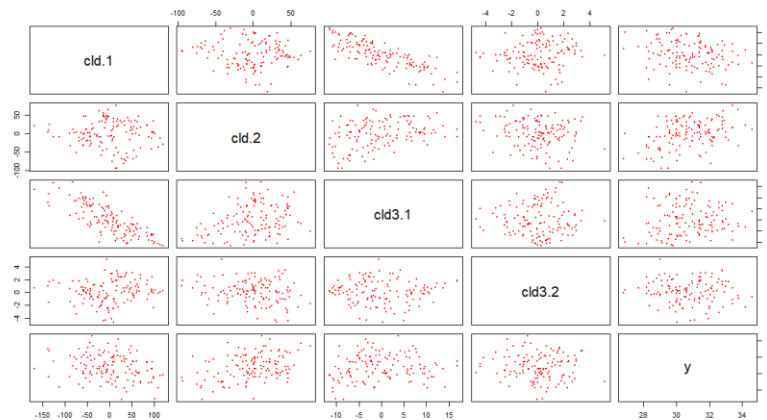
(c) *Scatterplot: Respon dengan Kovariat Kelembaban Spesifik*



(d) *Scatterplot*: Respon dengan Kovariat Komponen Angin



(e) *Scatterplot*: Respon dengan Kovariat *Mixing Ratio*

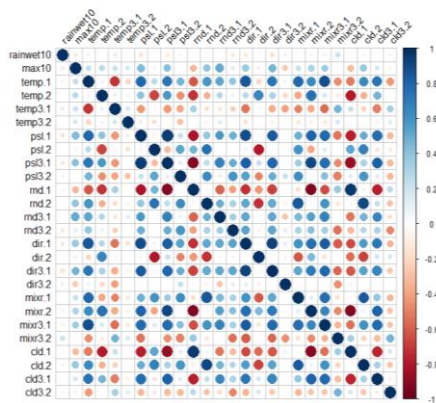


(f) *Scatterplot*: Respon dengan Kovariat Ketinggian Geopotensial

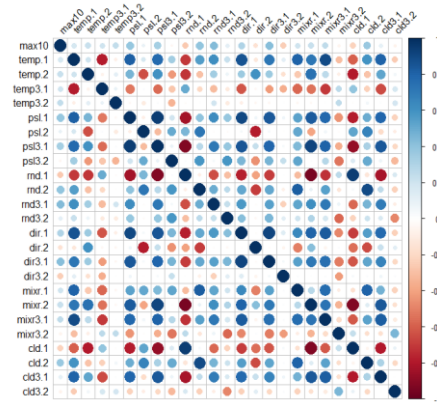
Gambar 4.33 *Scatterplot* Variabel Respon (Suhu Maksimum Kuantil 0,1) dengan Variabel Kovariat (Prediktor) Stasiun Meteorologi Eltari



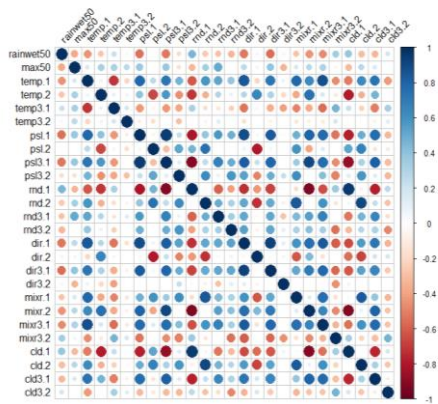
Gambar 4.32 menunjukkan pola hubungan variabel curah hujan kuantil 0,1 dengan variabel kovariat (prediktor) yaitu variabel *mean daily temperature*, tekanan permukaan laut, kelembaban spesifik, komponen angin, *mixing ratio*, dan ketinggian geopotensial. Pada Gambar 4.32 (a) terlihat bahwa tidak terdapat pola yang jelas antara respon dengan kovariat *mean daily temperature*. Hal tersebut ditunjukkan oleh titik-titik yang terlihat mengumpul. Tidak jauh berbeda dengan Gambar 4.32 (a), Gambar 4.32 (b) sampai Gambar 4.32 (f) pun menunjukkan pola yang hampir sama. Tidak seperti pola curah hujan kuantil 0,1 yang mengumpul, pola suhu maksimum yang disajikan pada Gambar 4.33 terlihat menyebar. Oleh karena tidak terlihat pola yang cukup jelas, maka untuk mengetahui hubungan respon dengan kovariatnya dapat dilihat dari nilai korelasi yang divisualisasikan dengan *correlogram*.



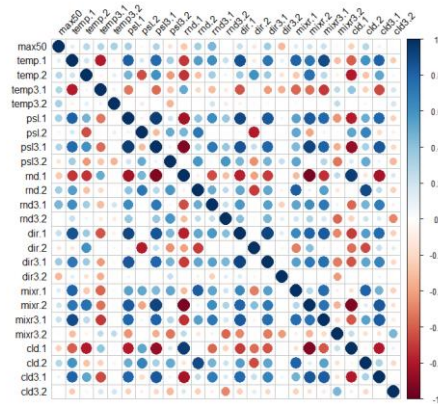
(a) Curah Hujan 0,1



(d) Suhu Maksimum 0,1

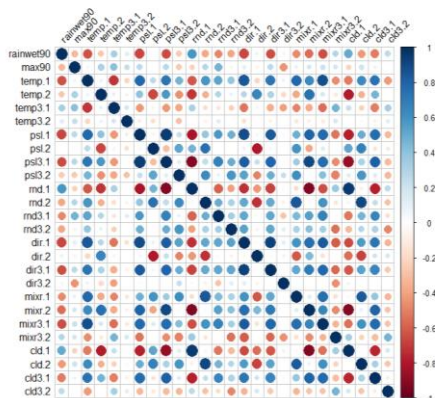


(b) Curah Hujan 0,5

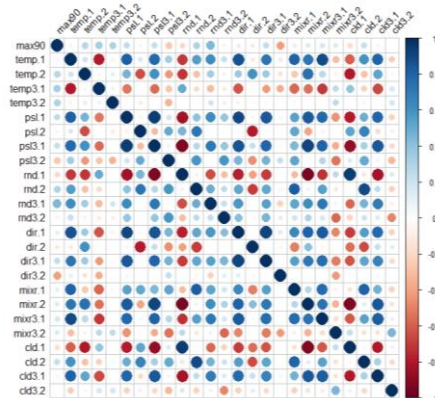


(e) Suhu Maksimum 0,5





(c) Curah Hujan 0,9



(f) Suhu Maksimum 0,9

Gambar 4.34 Correlogram antara Variabel Respon dengan Variabel Kovariat untuk Stasiun Meteorologi Eltari

Gambar 4.34 (a) menunjukkan bahwa korelasi yang dihasilkan bernilai rendah karena warnanya kabur. Berbeda halnya dengan Gambar 4.34 (b) dan (c) yang terlihat lebih jelas warnanya dan ukuran lingkarannya juga lebih besar. Pada Gambar 4.34 (c) diketahui bahwa ada korelasi negatif antara respon dengan beberapa variabel berikut, yaitu:  $temp_1$ ,  $psl_1$ ,  $psl_{3,1}$ ,  $dir_1$ ,  $dir_{3,1}$ , dan  $mixr_{3,1}$ . Untuk Gambar 4.34 (d) terlihat bahwa warna yang dominan adalah warna biru yang menyatakan adanya korelasi positif, yakni korelasi respon dengan  $psl_1$ ,  $psl_{3,1}$ ,  $rmd_2$ ,  $rmd_{3,1}$ ,  $dir_{3,1}$ , dan  $cld_2$ . Sedangkan untuk Gambar 4.34 (e) dan (f) memiliki kemiripan dan variabel yang mempunyai korelasi dengan respon dapat dilihat pada *correlogram*.

Proses selanjutnya adalah pemodelan regresi linier. Regresi linier pada Stasiun Meteorologi Eltari dilakukan untuk memodelkan nilai pada kuantil 0,1;0,5 dan 0,9 variabel curah hujan dan suhu maksimum. Hasil pemodelan ditampilkan pada Tabel 4.14.

Tabel 4.14 Persamaan Regresi Stasiun Meteorologi Eltari

Variabel Respon	Kuantil	Persamaan Regresi
Curah Hujan (CH)	0,1	$\log(CH10) = 0,178 - 0,0194temp_1 + 0,437psl_{3,2} - 0,0187rmd_1 - 0,148rmd_{3,2} + 0,0167mixr_1 - 0,102mixr_{3,1} + 0,0137cld_1 - 0,0118cld_2 + 0,119cld_{3,1} - 0,188cld_{3,2}$

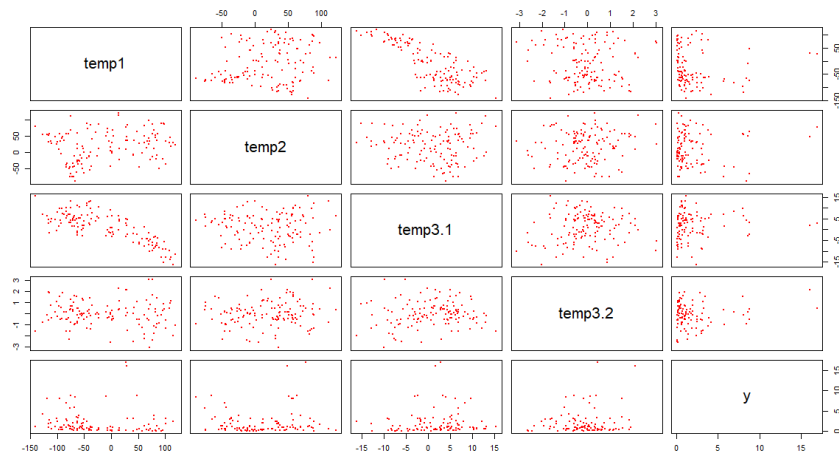
Tabel 4.14 Persamaan Regresi Stasiun Meteorologi Eltari (lanjutan)

Variabel Respon	Kuantil	Persamaan Regresi
Curah Hujan (CH)	0,5	$\log(CH50) = 1,38 - 0,0106temp_1 + 0,0504temp_{3,1} + 0,334psl_{3,2}$ $+ 0,00814rnd_1 + 0,0514rnd_{3,1} - 0,122rnd_{3,2}$ $+ 0,0119dir_2 + 0,153dir_{3,2} + 0,0173mixr_1 - 0,0892mixr_{3,1}$ $- 0,0182cld_2 + 0,0729cld_{3,1} - 0,196cld_{3,2}$
	0,9	$\log(CH90) = 2,37 - 0,0105temp_1 - 0,00824temp_2 + 0,0430temp_{3,1}$ $+ 0,0103rnd_1 + 0,0149dir_2 + 0,00536mixr_1$ $- 0,0121cld_2 + 0,0728cld_{3,1} - 0,128cld_{3,2}$
Suhu Maks. (SM)	0,1	$SM10 = 30,6 + 0,0500temp_{3,1} + 0,0127psl_1 - 0,0153psl_2$ $- 0,209psl_{3,1} - 1,18psl_{3,2} - 0,0131rnd_1 + 0,0163rnd_2$ $+ 0,124rnd_{3,1} + 0,135dir_{3,1} - 0,117mixr_{3,2} + 0,0102cld_1$ $- 0,101cld_{3,1}$
	0,5	$SM50 = 32,2 + 0,00666temp_1 + 0,115temp_{3,1} + 0,194temp_{3,2}$ $+ 0,0136psl_1 - 0,0167psl_2 - 0,190psl_{3,1} - 0,790psl_{3,2}$ $- 0,0123rnd_1 + 0,0217rnd_2 + 0,122rnd_{3,1} - 0,0885rnd_{3,2}$ $+ 0,0901dir_{3,1} - 0,147mixr_{3,2} + 0,0114cld_1 - 0,0162cld_2$ $- 0,0827cld_{3,1}$
	0,9	$SM90 = 33,5 + 0,116temp_{3,1} + 0,167temp_{3,2} + 0,0111psl_1$ $- 0,105psl_{3,1} - 0,897psl_{3,2} - 0,0126rnd_1 + 0,0169rnd_2$ $+ 0,107rnd_{3,1} - 0,103rnd_{3,2} - 0,0111dir_1 + 0,114dir_{3,1}$ $+ 0,00783mixr_1 + 0,00846mixr_2 - 0,102mixr_{3,2} + 0,0110cld_1$ $- 0,0188cld_2 - 0,0791cld_{3,1}$

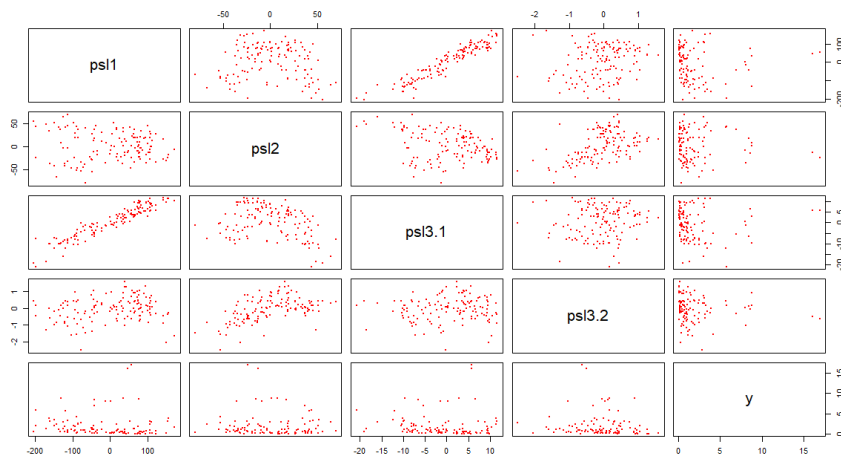
Tanda koefisien yang didapatkan selanjutnya dapat dicocokkan dengan korelasi yang sebelumnya telah diketahui. Kovariat yang membentuk curah hujan maupun suhu maksimum cenderung sudah memiliki tanda koefisien yang sesuai dengan korelasi.

#### 4.4.8 Regresi Linier pada Stasiun Klimatologi Lasiana

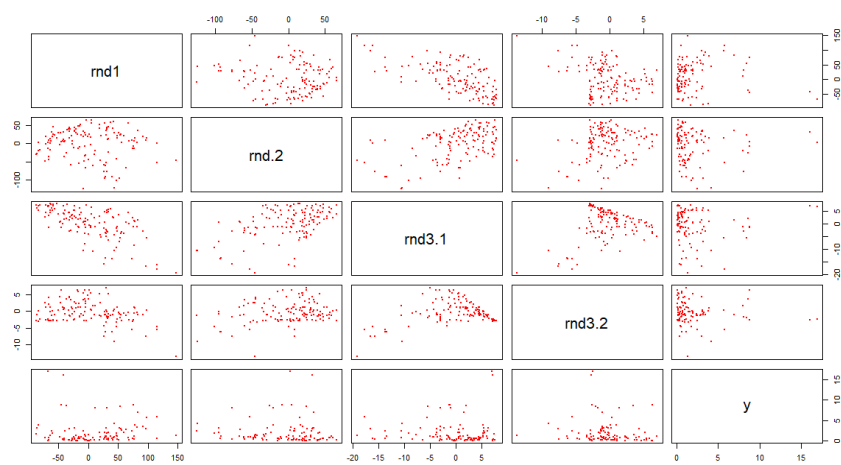
Gambar 4.35 menyajikan *scatterplot* antara respon dengan variabel kovariatnya untuk Stasiun Klimatologi Lasiana.



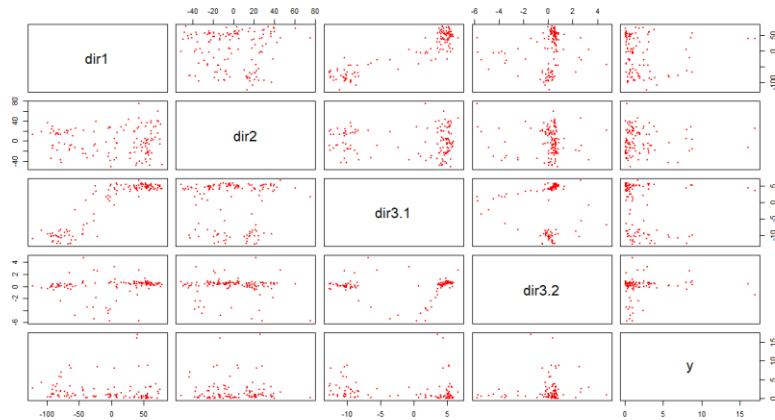
(a) *Scatterplot: Respon dengan Kovariat Mean Daily Temperature*



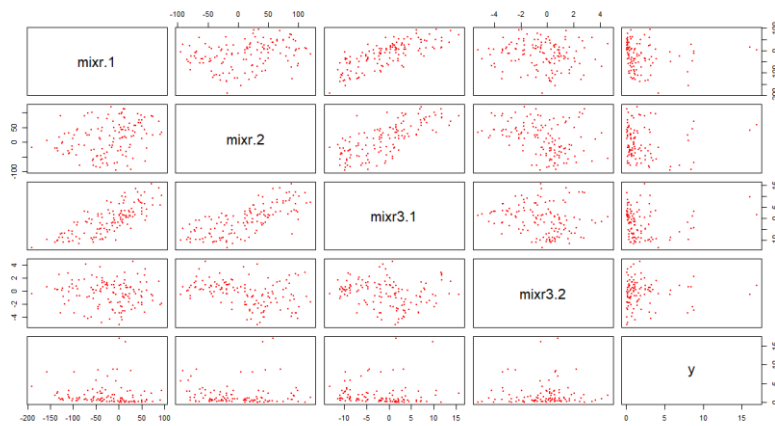
(b) *Scatterplot: Respon dengan Kovariat Tekanan Permukaan Laut*



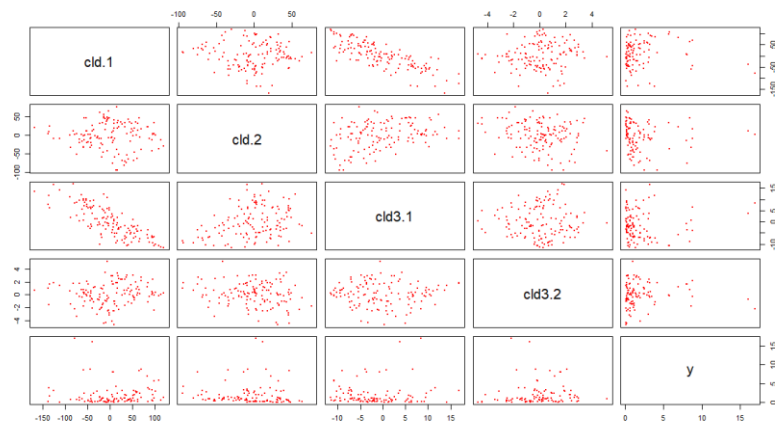
(c) *Scatterplot: Respon dengan Kovariat Kelembaban Spesifik*



(d) *Scatterplot*: Respon dengan Kovariat Komponen Angin



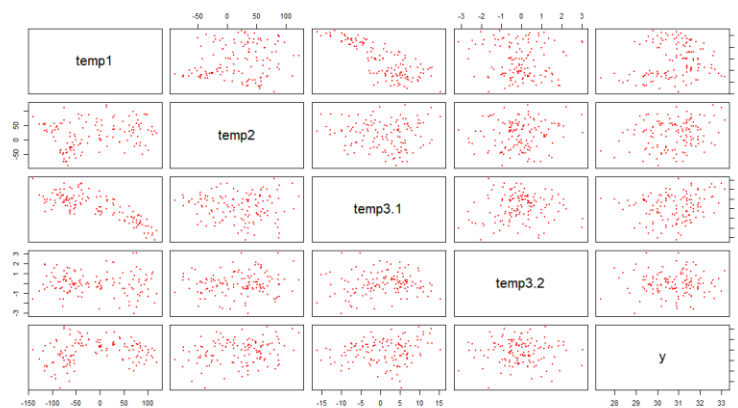
(e) *Scatterplot*: Respon dengan Kovariat *Mixing Ratio*



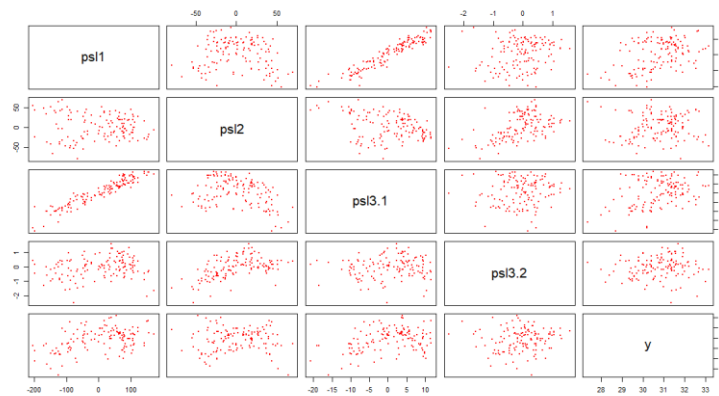
(f) *Scatterplot*: Respon dengan Kovariat Ketinggian Geopotensial

Gambar 4.35 *Scatterplot* Variabel Respon (Curah Hujan Kuantil 0,1) dengan Variabel Kovariat (Prediktor) Stasiun Klimatologi Lasiana

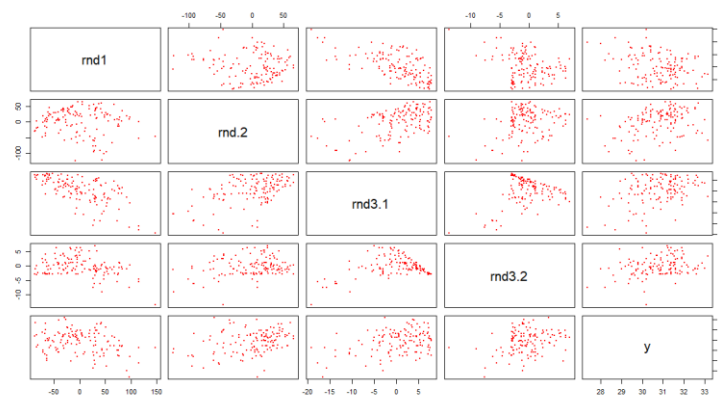
Tidak jauh berbeda dengan stasiun lainnya, pola hubungan curah hujan dengan kovariatnya cenderung tidak berpola dan mengumpul sebagaimana disajikan pada Gambar 4.35. Selain curah hujan, berikut ditampilkan Gambar 4.36 yakni *scatterplot* untuk suhu maksimum kuantil 0,1.



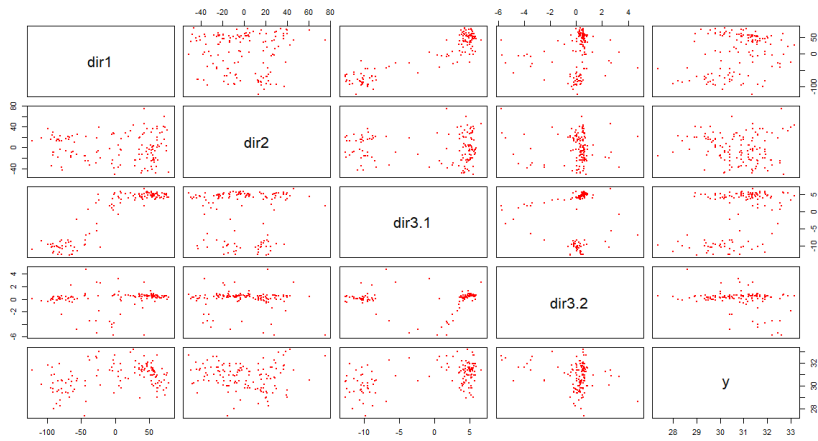
(a) *Scatterplot*: Respon dengan Kovariat *Mean Daily Temperature*



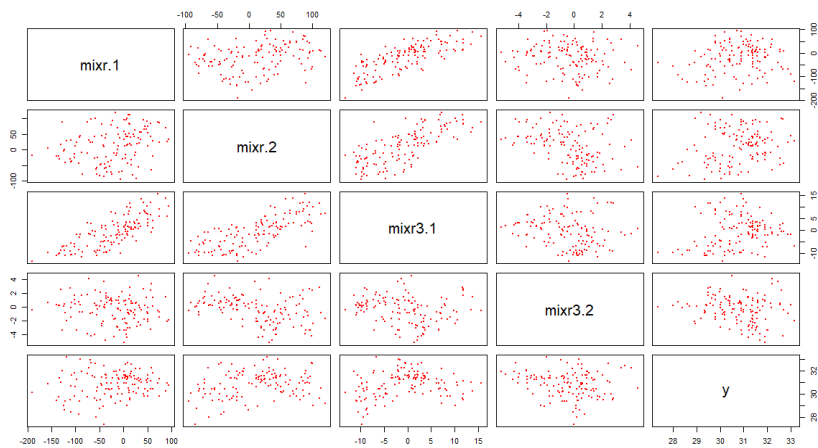
(b) *Scatterplot*: Respon dengan Kovariat *Tekanan Permukaan Laut*



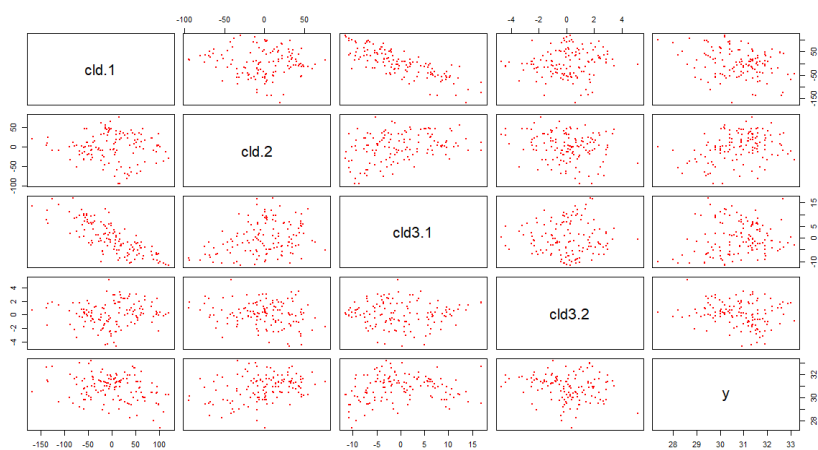
(c) *Scatterplot*: Respon dengan Kovariat *Kelembaban Spesifik*



(d) *Scatterplot*: Respon dengan Kovariat Komponen Angin



(e) *Scatterplot*: Respon dengan Kovariat *Mixing Ratio*

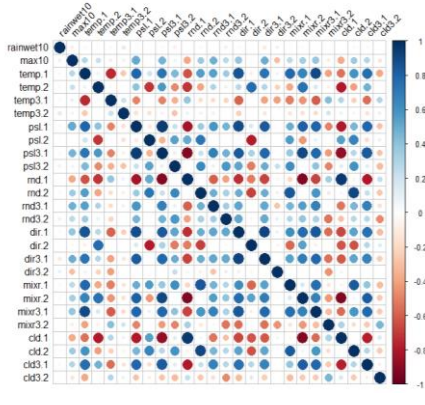


(f) *Scatterplot*: Respon dengan Kovariat Ketinggian Geopotensial

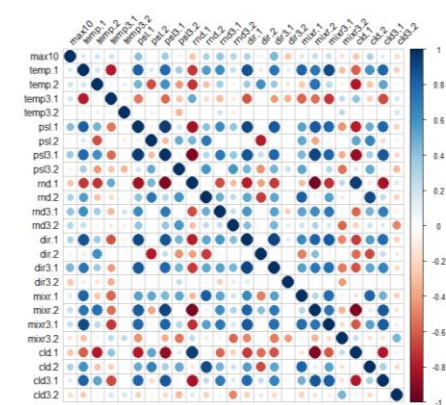
Gambar 4.36 *Scatterplot* Variabel Respon (Suhu Maksimum Kuantil 0,1) dengan Variabel Kovariat (Prediktor) Stasiun Klimatologi Lasiana



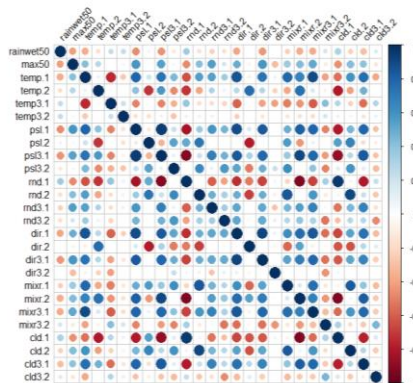
Pola yang dihasilkan pada Gambar 4.36 juga tidak jauh berbeda dengan pola suhu maksimum pada stasiun lainnya, yakni titik-titik merah menyebar sehingga pola tidak jelas. Oleh karena itu, dilakukan perhitungan korelasi dan didapatkan visualisasinya sebagai berikut.



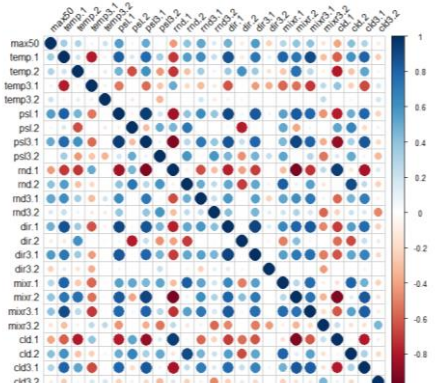
(a) Curah Hujan 0,1



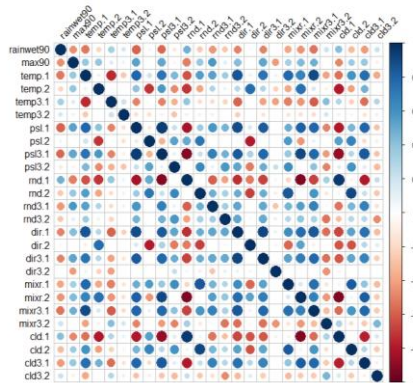
(d) Suhu Maksimum 0,1



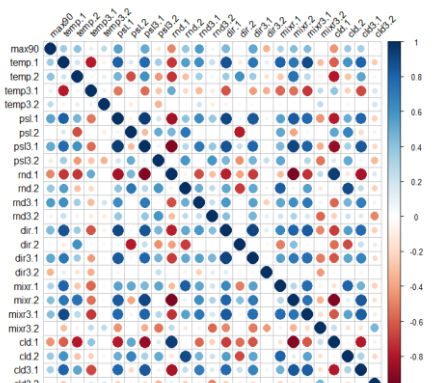
(b) Curah Hujan 0,5



(e) Suhu Maksimum 0,5



(c) Curah Hujan 0,9



(f) Suhu Maksimum 0,9

Gambar 4.37 Correlogram antara Variabel Respon dengan Variabel Kovariat untuk Stasiun Klimatologi Lasiana

Gambar 4.37 (a) terlihat paling berbeda jika dibandingkan dengan *correlogram* lainnya dikarenakan warna yang pudar dan ukuran lingkaran yang kecil. Hal tersebut menandakan bahwa korelasi yang dihasilkan bernilai kecil. Antara Gambar 4.37 (b) dan (c) terlihat kemiripan dan untuk mengetahui variabel kovariat mana saja yang berkorelasi dengan respon maka dapat dilihat pada gambar. Untuk *correlogram* suhu maksimum menampilkan hasil yang mirip antara satu *plot* dengan yang lainnya.

Setelah mengetahui pola hubungan antara respon dengan kovariatnya selanjutnya adalah pemodelan. Nilai pada kuantil 0,1;0,5 dan 0,9 untuk curah hujan dan suhu maksimum diproyeksikan dengan menggunakan regresi linier berganda. Berikut merupakan hasil pemodelan untuk Stasiun Klimatologi Lasiana.

Tabel 4.15 Persamaan Regresi Stasiun Klimatologi Lasiana

Variabel Respon	Kuantil	Persamaan Regresi
Curah Hujan (CH)	0,1	$\log(CH10) = -0,121 + 0,0756temp_{3,1} + 0,183temp_{3,2} + 0,0104rnd_2 - 0,0741rnd_{3,2} + 0,0178dir_1 - 0,150dir_{3,1} - 0,0128mixr_2 - 0,247mixr_{3,2} - 0,0220cld_2 + 0,118cld_{3,1}$
	0,5	$\log(CH50) = 1,18 + 0,0796temp_{3,1} + 0,257temp_{3,2} - 0,00594psl_1 + 0,0406rnd_{3,1} - 0,0564rnd_{3,2} + 0,0187dir_1 - 0,114dir_{3,1} - 0,0123mixr_2 - 0,211mixr_{3,2} - 0,0117cld_2 + 0,0631cld_{3,1}$
	0,9	$\log(CH90) = 2,10 + 0,0823temp_{3,1} + 0,296temp_{3,2} + 0,0102dir_1 + 0,0279dir_2 - 0,0759dir_{3,1} - 0,105mixr_{3,2} + 0,0168cld_1$
Suhu Maks. (SM)	0,1	$SM10 = 30,8 + 0,0116temp_1 + 0,0556temp_{3,1} - 0,197temp_{3,2} + 0,0152psl_1 - 0,0188psl_2 - 0,212psl_{3,1} - 0,554psl_{3,2} + 0,00985rnd_2 + 0,0939rnd_{3,1} + 0,102rnd_{3,2} + 0,0743dir_{3,1} - 0,0150mixr_1 - 0,0157mixr_2 + 0,0969mixr_{3,1} - 0,0565cld_{3,1}$
	0,5	$SM50 = 30,8 + 0,0116temp_1 + 0,0556temp_{3,1} - 0,197temp_{3,2} + 0,0152psl_1 - 0,0188psl_2 - 0,212psl_{3,1} - 0,554psl_{3,2} + 0,00985rnd_2 + 0,0939rnd_{3,1} + 0,102rnd_{3,2} + 0,0743dir_{3,1} - 0,0150mixr_1 - 0,0157mixr_2 + 0,0969mixr_{3,1} - 0,0565cld_{3,1}$



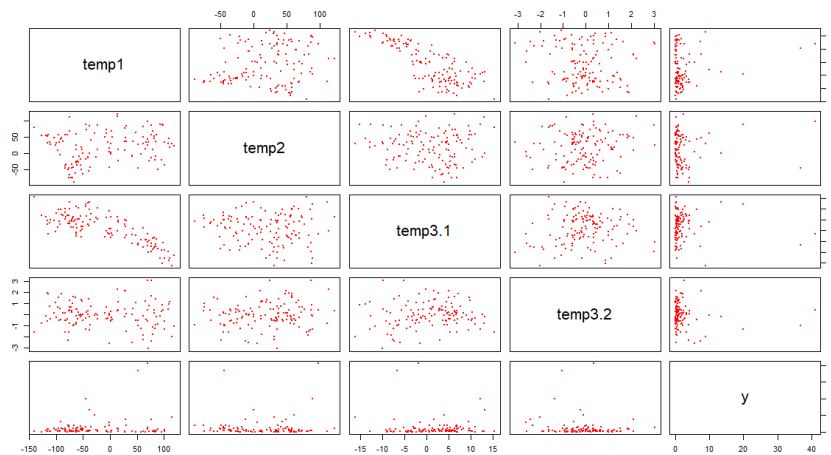
Tabel 4.15 Persamaan Regresi Stasiun Klimatologi Lasiana (lanjutan)

Variabel Respon	Kuantil	Persamaan Regresi
Suhu Maks. (SM)	0,9	$SM_{90} = 33,5 + 0,0167temp_1 + 0,00533temp_2 + 0,145temp_{3,1}$ $+ 0,166temp_{3,2} + 0,0210psl_1 - 0,0276psl_2 - 0,317psl_{3,1}$ $- 0,565psl_{3,2} + 0,0120rnd_2 + 0,105rnd_{3,1} + 0,0654dir_{3,1}$ $+ 0,0809mixr_{3,1} + 0,00694cld_1 - 0,0109cld_2 - 0,0757cld_{3,1}$

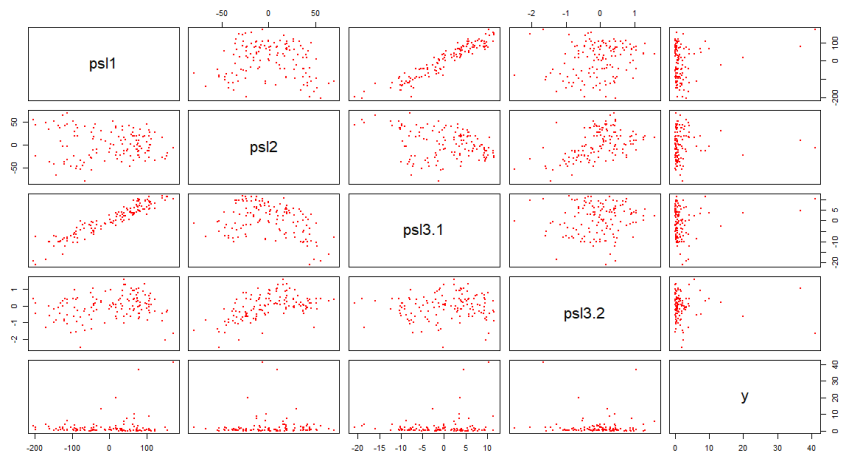
Model yang dibangun pada persamaan untuk curah hujan maupun suhu maksimum masing-masing memiliki variabel yang hampir sama untuk semua pemodelan kuantil pada variabel responnya. Tanda koefisien bisa dihubungkan dengan korelasi yang sudah didapatkan sebagaimana telah dilakukan pada analisis sebelumnya.

#### 4.4.9 Regresi Linier pada Stasiun Meteorologi Tardamu

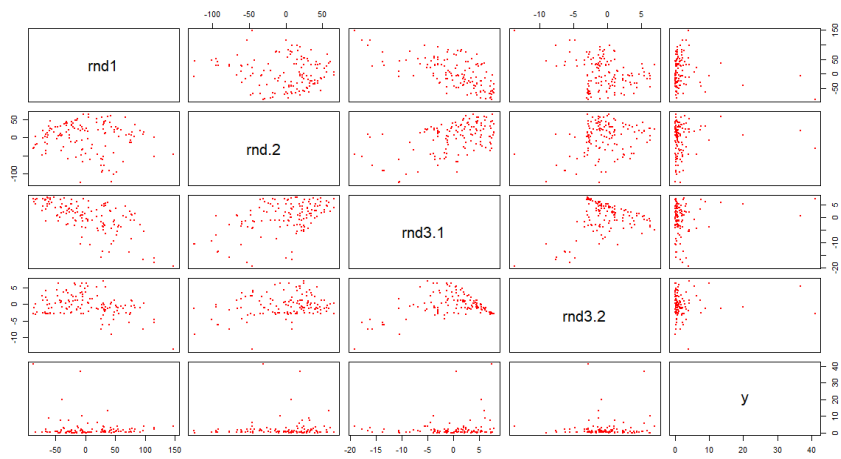
Sebelum melakukan pemodelan, maka dibentuk *scatterplot* terlebih dahulu untuk mengetahui pola hubungan respon dengan kovariatnya.



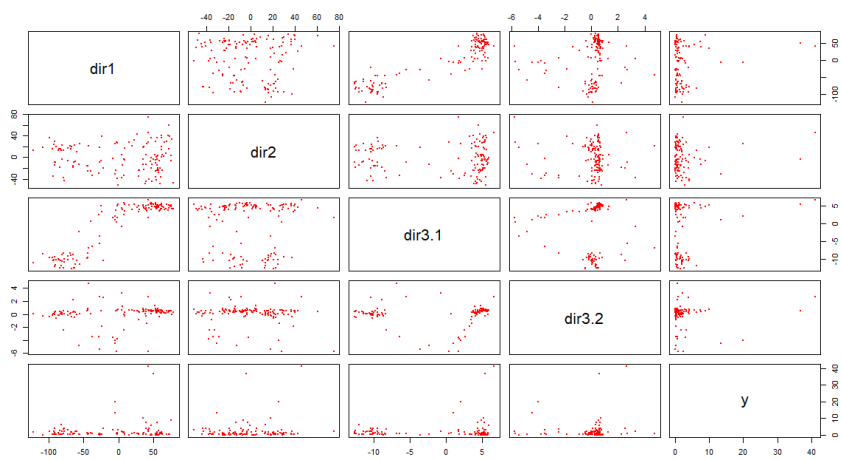
(a) *Scatterplot*: Respon dengan Kovariat Mean Daily Temperature



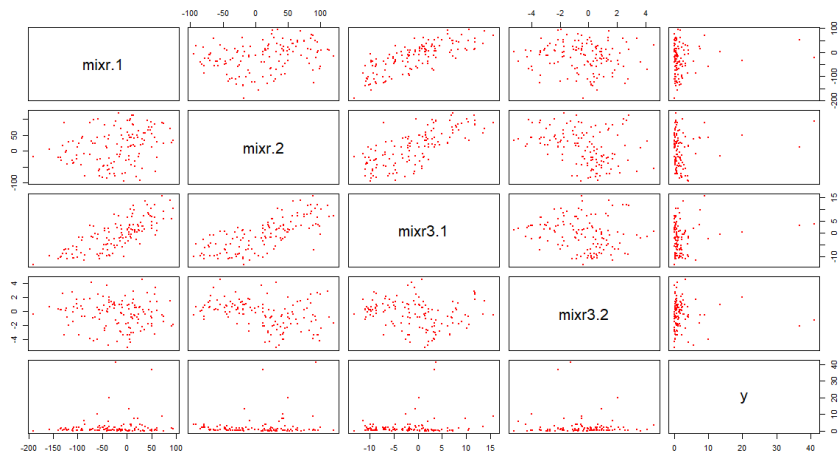
(b) *Scatterplot*: Respon dengan Kovariat Tekanan Permukaan Laut



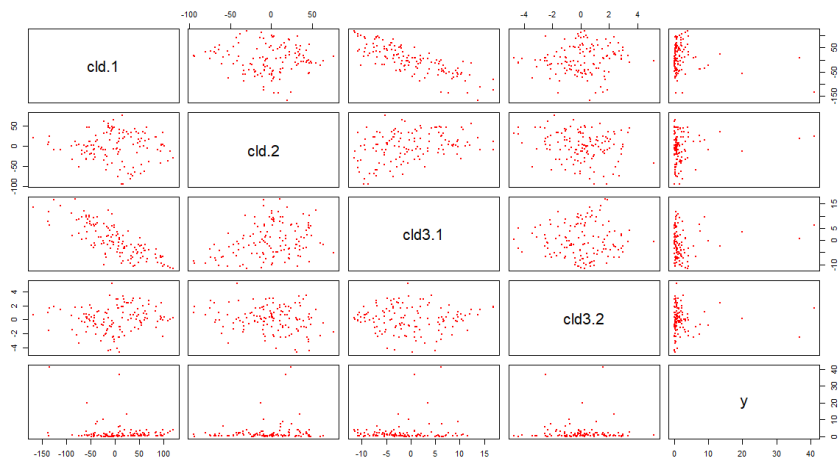
(c) *Scatterplot*: Respon dengan Kovariat Kelembaban Spesifik



(d) *Scatterplot*: Respon dengan Kovariat Komponen Angin



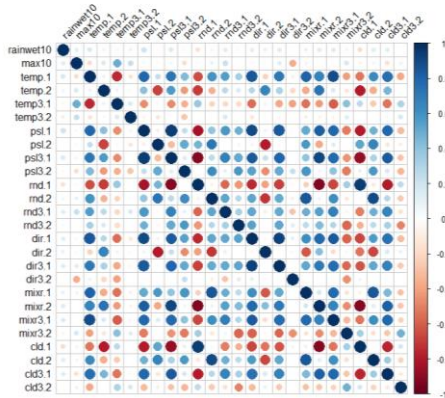
(e) *Scatterplot: Respon dengan Kovariat Mixing Ratio*



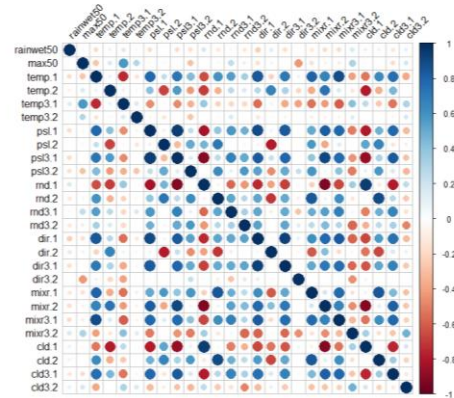
(f) *Scatterplot: Respon dengan Kovariat Ketinggian Geopotensial*

Gambar 4.38 *Scatterplot* Variabel Respon (Curah Hujan Kuantil 0,1) dengan Variabel Kovariat (Prediktor) Stasiun Meteorologi Tardamu

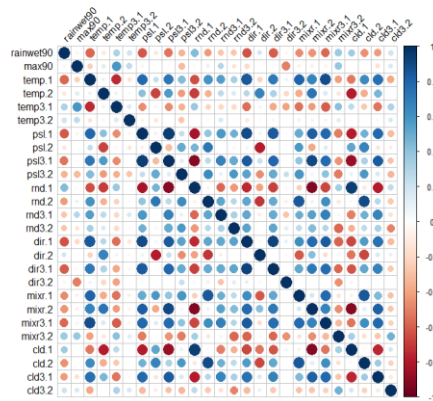
Pola yang didapatkan tidak terbentuk dengan jelas dikarenakan titik-titik merahnya menyebar dan berada di salah satu sisi *plot*. Untuk mengetahui lebih lanjut bagaimana pola hubungan datanya, maka dapat dilihat dari nilai korelasi yang disajikan pada gambar berikut.



(a) Curah Hujan 0,1



(b) Curah Hujan 0,5

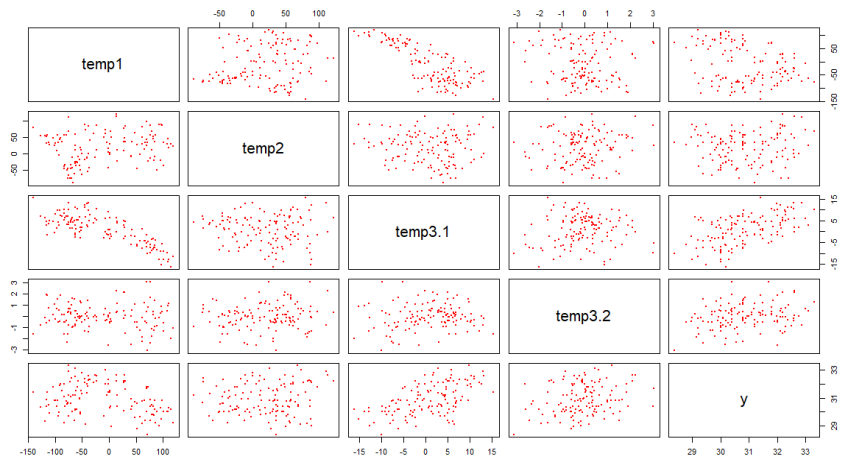


(b) Curah Hujan 0,9

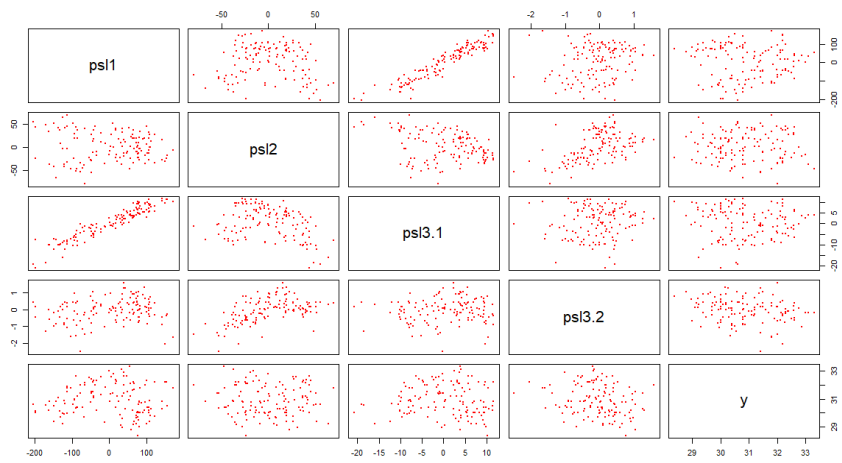
Gambar 4.39 Correlogram antara Variabel Curah Hujan Kuantil 0,1 dengan Variabel Kovariat untuk Stasiun Meteorologi Tardamu

Pada Gambar 4.39 (a) dan (b) terlihat bahwa memiliki hasil yang cukup sama, yakni warnanya pudar dan ukuran lingkarannya agak kecil. Berbeda halnya dengan Gambar 4.39 (c) yang terlihat bahwa ukuran lingkaran lebih bedar dan warnanya lebih jelas. Korelasi negatif terjadi antara respon dengan  $temp_1$ ,  $psl_1$ ,  $psl_{3.1}$ ,  $dir_1$ ,  $dir_{3.1}$ ,  $mixr_1$ ,  $mixr_2$ ,  $mixr_{3.1}$ ,  $cld_2$ , dan  $cld_{3.2}$ .

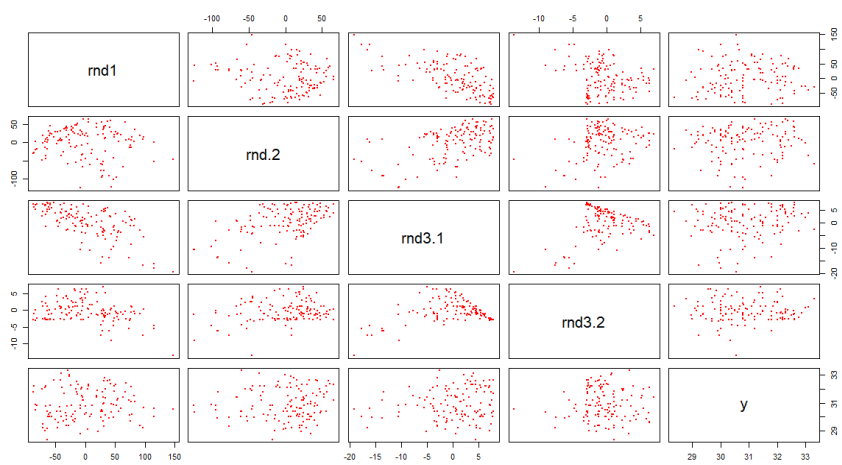
Selanjutnya adalah *scatterplot* untuk suhu maksimum kuantil 0,1 yang disajikan pada Gambar 4.40.



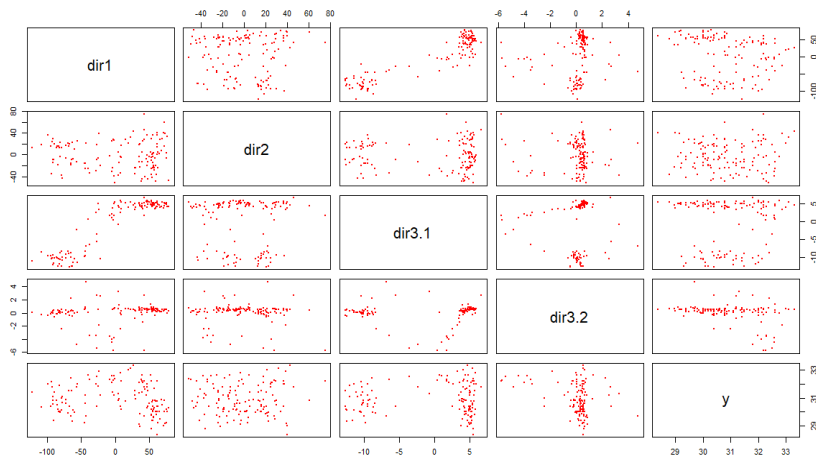
(a) *Scatterplot: Respon dengan Kovariat Mean Daily Temperature*



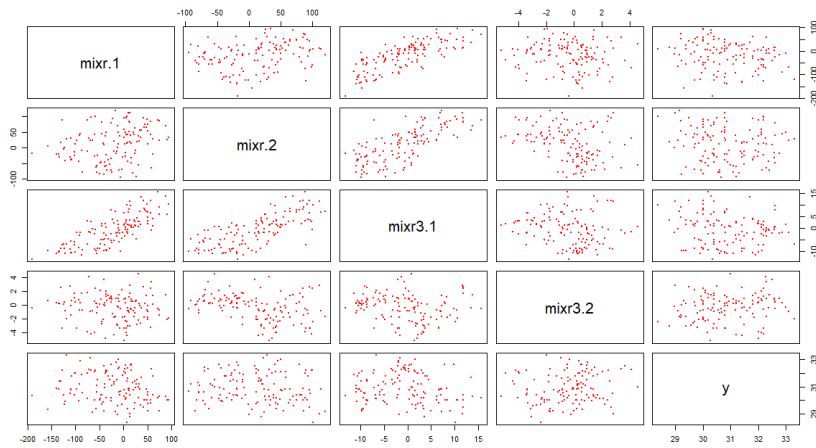
(b) *Scatterplot Respon dengan Kovariat Tekanan Permukaan Laut*



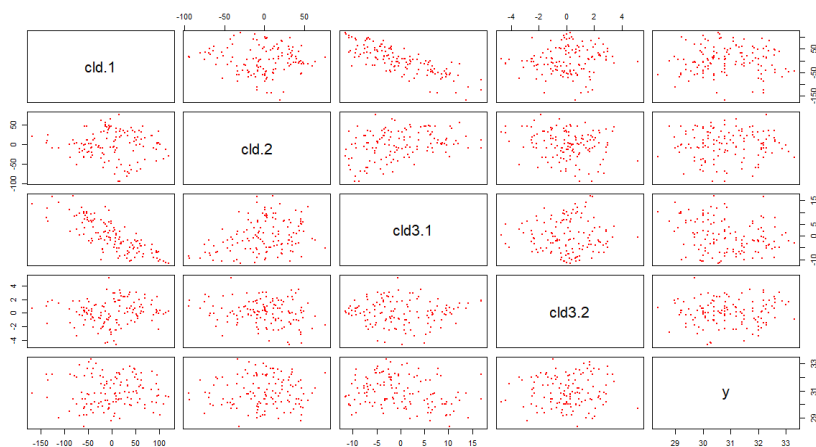
(c) *Scatterplot: Respon dengan Kovariat Kelembaban Spesifik*



(d) *Scatterplot*: Respon dengan Kovariat Komponen Angin



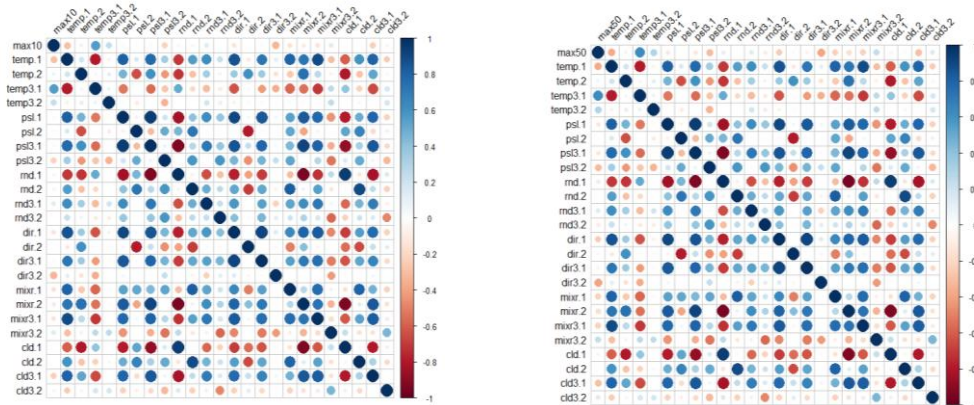
(e) *Scatterplot*: Respon dengan Kovariat *Mixing Ratio*



(f) *Scatterplot*: Respon dengan Kovariat Ketinggian Geopotensial

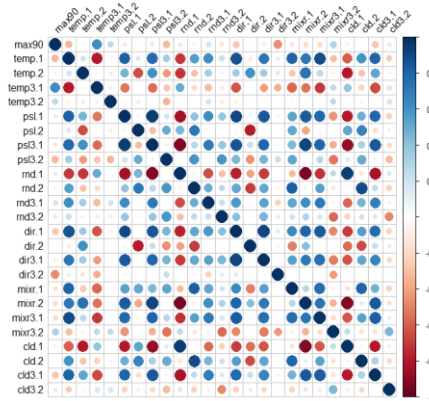
Gambar 4.40 *Scatterplot* Variabel Respon (Suhu Maksimum Kuantil 0,1) dengan Variabel Kovariat (Prediktor) Stasiun Meteorologi Tardamu

Pola hubungan respon dengan kovariat yang disajikan pada Gambar 4.40 terlihat memiliki pola yang sama, yakni menyebar. Pola tersebut tidak jelas sehingga tidak diketahui pasti bagaimana hubungan respon dengan kovariatnya. Oleh karena itu disajikan Gambar 4.41 untuk mengetahui korelasi antara respon dengan kovariatnya.



(a) Suhu Maksimum 0,1

(b) Suhu Maksimum 0,5



(b) Suhu Maksimum 0,9

Gambar 4.41 *Correlogram* antara Variabel Suhu Maksimum Kuantil 0,1 dengan Variabel Kovariat untuk Stasiun Meteorologi Tardamu

Gambar 4.41 menunjukkan bahwa kovariat yang cenderung mempunyai korelasi positif untuk ketiga *plot* adalah *temp*<sub>3.1</sub>. Sedangkan untuk variabel *temp*<sub>1</sub>, *psl*<sub>3.2</sub>, *dir*<sub>3.2</sub>, dan *cld*<sub>3.1</sub> cenderung memiliki korelasi negatif dengan respon. Untuk korelasi variabel lainnya dapat dilihat pada Gambar 4.41.

Langkah selanjutnya adalah pemodelan curah hujan dan suhu maksimum pada kuantil 0,1;0,5 dan 0,9 juga dilakukan untuk Stasiun Meteorologi Tardamu. Hasil pemodelan ditampilkan pada Tabel 4.16.

Tabel 4.16 Persamaan Regresi Stasiun Meteorologi Tardamu

Variabel Respon	Kuantil	Persamaan Regresi
Curah Hujan (CH)	0,1	$\log(CH10) = -0,007 - 0,175temp_{3,2} + 0,0245psl_1 - 0,0307psl_2 - 0,605psl_{3,1} - 1,08psl_{3,2} + 0,0165rnd_2 + 0,115rnd_{3,1} + 0,117rnd_{3,2} + 0,0168dir_2 + 0,151mixr_{3,1} - 0,234mixr_{3,2}$
	0,5	$\log(CH50) = 1,10 - 0,00599temp_1 + 0,00647psl_1 - 0,182psl_{3,1} + 0,0772rnd_{3,1} + 0,0170dir_2$
	0,9	$\log(CH90) = 2,14 - 0,00686temp_1 - 0,121psl_{3,1} + 0,0677rnd_{3,1} + 0,0193dir_2$
Suhu Maks. (SM)	0,1	$SM10 = 30,8 + 0,0912temp_{3,1} - 0,481psl_{3,2} + 0,0535rnd_{3,1} + 0,0686dir_{3,1} + 0,0403mixr_{3,1} - 0,0863cld_{3,1}$
	0,5	$SM50 = 32,0 - 0,00591temp_2 + 0,107temp_{3,1} + 0,126temp_{3,2} + 0,00662psl_1 - 0,0960psl_{3,1} - 0,490psl_{3,2} + 0,0962rnd_{3,1} + 0,00800dir_2 + 0,0623dir_{3,1} + 0,0556mixr_{3,1} - 0,00687cld_2 - 0,0767cld_{3,1}$
	0,9	$SM90 = 32,9 - 0,00919temp_1 + 0,0964temp_{3,1} + 0,161temp_{3,2} + 0,0157psl_1 - 0,180psl_{3,1} + 0,128rnd_{3,1} - 0,0800rnd_{3,2} - 0,0167dir_1 + 0,0778dir_{3,1} + 0,0149mixr_1 + 0,0165mixr_2 - 0,0126cld_2 - 0,0814cld_{3,1}$

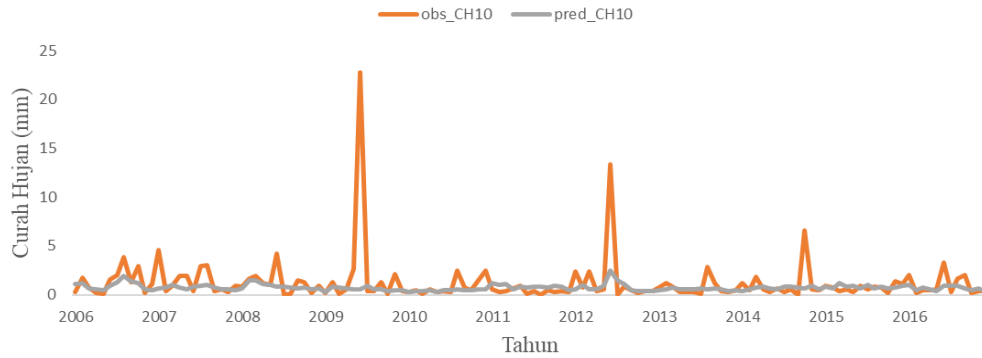
Pada persamaan curah hujan terlihat bahwa tanda koefisien untuk  $psl_{3,1}$  adalah negatif. Hal tersebut sudah sesuai dengan hasil korelasi yang telah didapatkan sebelumnya. Begitupun untuk variabel kovariat lainnya.

#### 4.5 Hasil Proyeksi

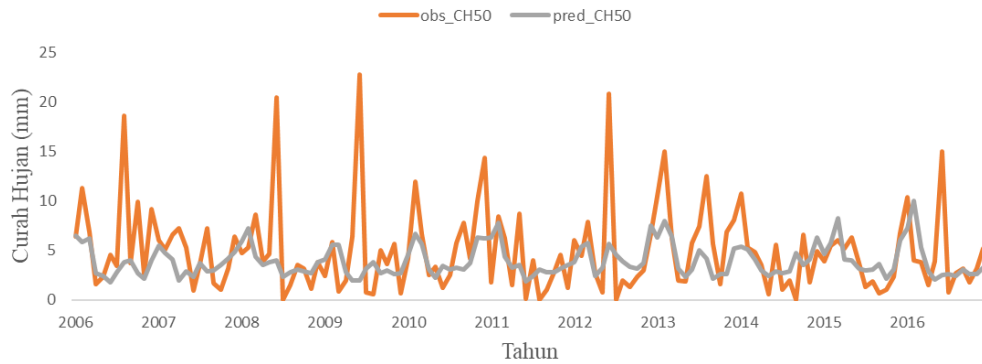
Proses kedua untuk *Quantile Matching Bootstrap* dilakukan setelah mendapatkan nilai pada kuantil 0,1;0,5; dan 0,9 untuk masing-masing variabel curah hujan dan suhu maksimum. Nilai kuantil yang didapatkan adalah nilai kuantil pada periode tahun dasar (*base*) dan juga pada periode validasi. Visualisasi



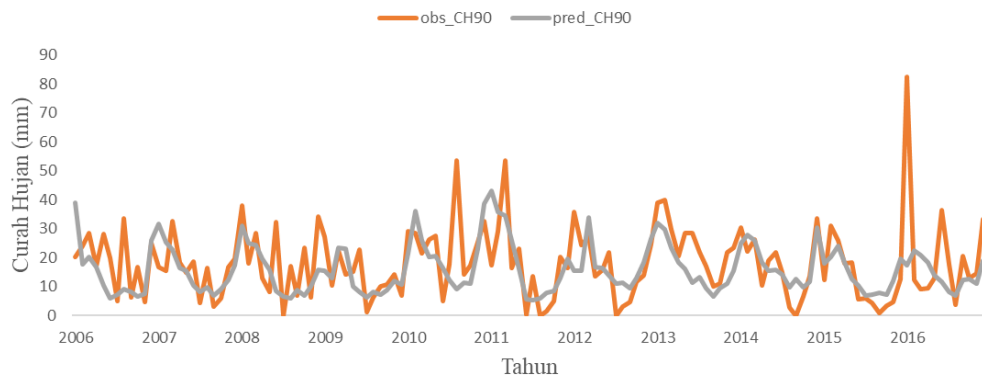
dari hasil prediksi nilai kuantil curah hujan pada periode dasar adalah sebagai berikut.



(a)



(b)

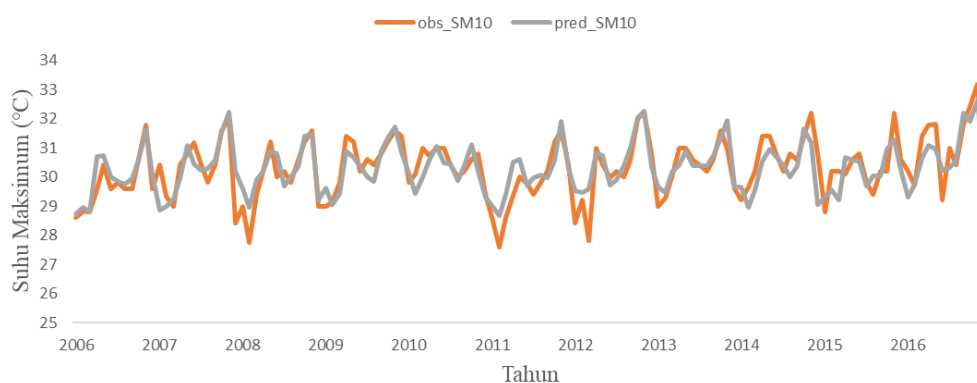


(c)

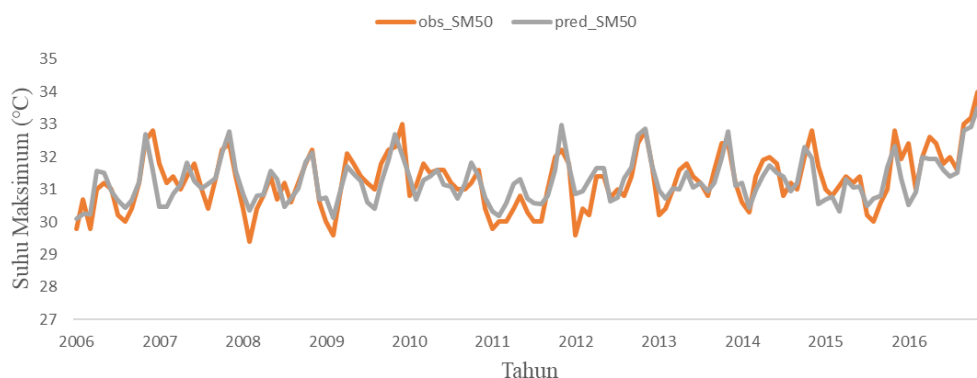
Gambar 4.42 *Plot* Nilai Kuantil Observasi dan Prediksi Curah Hujan Stasiun Meteorologi Komodo Periode Dasar (a) Kuantil 0,1 (b) Kuantil 0,5 (c) Kuantil 0,9

Pada Gambar 4.42 diketahui bahwa garis abu-abu menunjukkan nilai hasil prediksi. Gambar 4.42 (a) memberikan hasil bahwa nilai prediksi masih

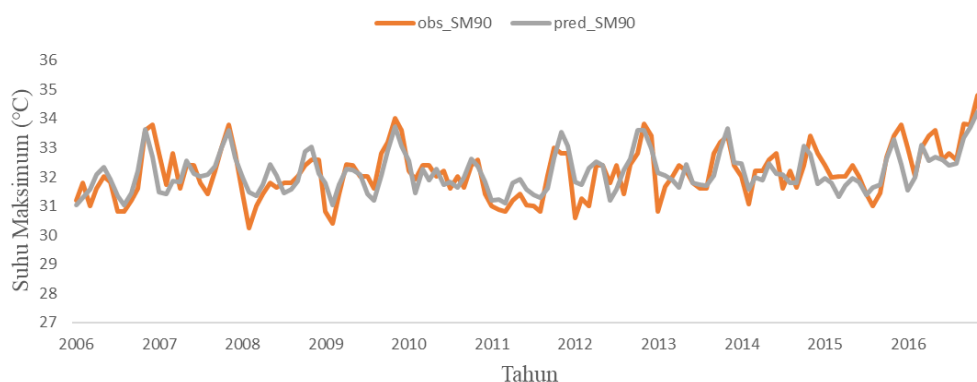
belum mampu memprediksi nilai yang cukup ekstrem. Hal tersebut juga berlaku pada Gambar 4.42 (b). Sedangkan untuk Gambar 4.42 (c) memberikan hasil prediksi yang relatif lebih baik. *Plot* untuk stasiun lainnya dapat dilihat pada Lampiran 10. Selanjutnya adalah contoh *plot* nilai kuantil suhu maksimum pada periode dasar di Stasiun Meteorologi Komodo.



(a)



(b)



(c)

Gambar 4.43 *Plot* Nilai Kuantil Observasi dan Prediksi Suhu Maksimum Stasiun Meteorologi Komodo (a) Kuantil 0,1 (b) Kuantil 0,5 (c) Kuantil 0,9

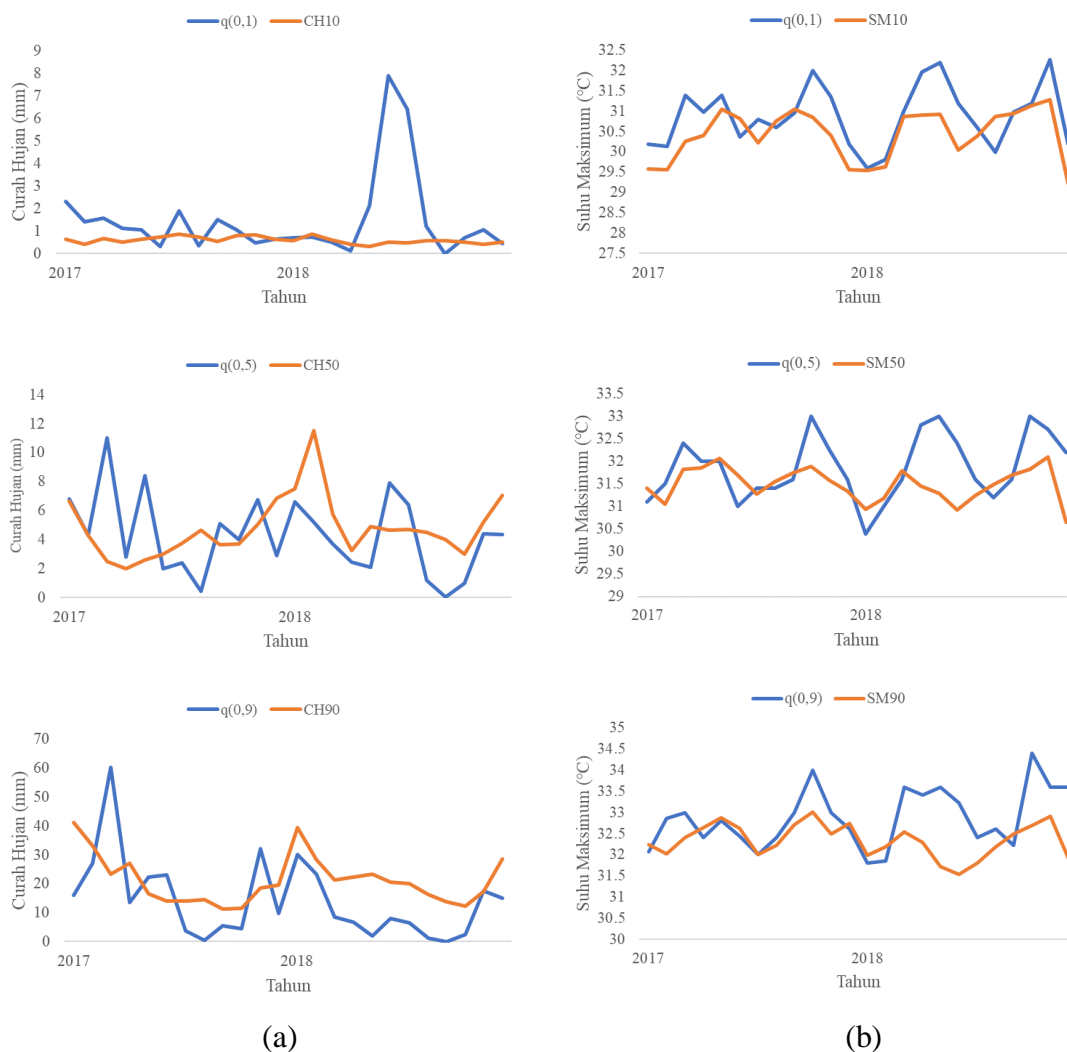
Gambar 4.43 memberikan hasil prediksi yang sudah cukup sesuai dengan data observasinya, baik untuk kuantil 0,1;0,5; maupun 0,9. *Plot* nilai kuantil suhu maksimum pada periode dasar untuk stasiun lainnya tertera pada Lampiran 11.

Selain nilai kuantil pada periode dasar, berikut merupakan contoh nilai kuantil di Stasiun Meteorologi Komodo untuk periode validasi (tahun 2017-2018) berdasarkan hasil regresi linier berganda.

Tabel 4.17 Nilai Kuantil Periode Validasi di Stasiun Meteorologi Komodo

Tahun	Bulan	Curah Hujan (mm)			Suhu Maksimum (°C)		
		$q_{0,1}$	$q_{0,5}$	$q_{0,9}$	$q_{0,1}$	$q_{0,5}$	$q_{0,9}$
2017	1	1,65	12,89	74,69	21,93	24,86	25,58
2017	2	2,06	14,13	81,67	22,19	25,10	25,69
2017	3	0,67	11,36	32,10	23,29	25,23	25,66
2017	4	0,89	10,46	64,59	23,64	25,07	25,94
2017	5	0,60	10,29	37,26	23,70	24,80	25,37
2017	6	0,70	5,88	23,96	23,70	24,46	25,38
2017	7	0,66	5,22	22,02	23,96	25,04	25,41
2017	8	0,95	6,69	24,64	24,52	25,51	25,88
2017	9	1,36	8,12	40,47	24,78	26,04	26,71
2017	10	0,81	9,87	31,91	23,74	25,44	26,55
2017	11	1,17	11,11	31,01	23,74	25,00	25,98
2017	12	0,93	12,40	24,96	22,42	24,31	25,79
2018	1	1,30	11,98	49,06	23,19	24,72	25,65
2018	2	1,11	10,14	37,48	22,59	25,22	26,26
2018	3	1,61	10,81	31,48	23,95	25,43	26,13
2018	4	1,51	11,42	49,80	24,42	25,71	25,89
2018	5	1,80	8,83	42,25	24,35	25,70	25,69
2018	6	0,82	4,95	18,30	22,96	24,69	24,85
2018	7	0,78	4,12	24,00	24,03	25,13	25,63
2018	8	1,06	4,99	31,87	24,66	25,81	26,31
2018	9	1,22	5,86	32,65	25,03	26,15	26,65
2018	10	1,51	8,92	43,07	25,08	26,03	26,88
2018	11	1,73	12,46	40,22	24,56	26,34	27,09
2018	12	1,51	11,47	48,86	23,58	25,17	26,01

Untuk nilai kuantil stasiun lainnya disajikan pada Lampiran 12. Berikut disajikan *plot* antara nilai kuantil data observasi asli dengan nilai kuantil prediksi curah hujan dan suhu maksimum yang didapatkan dari model regresi.

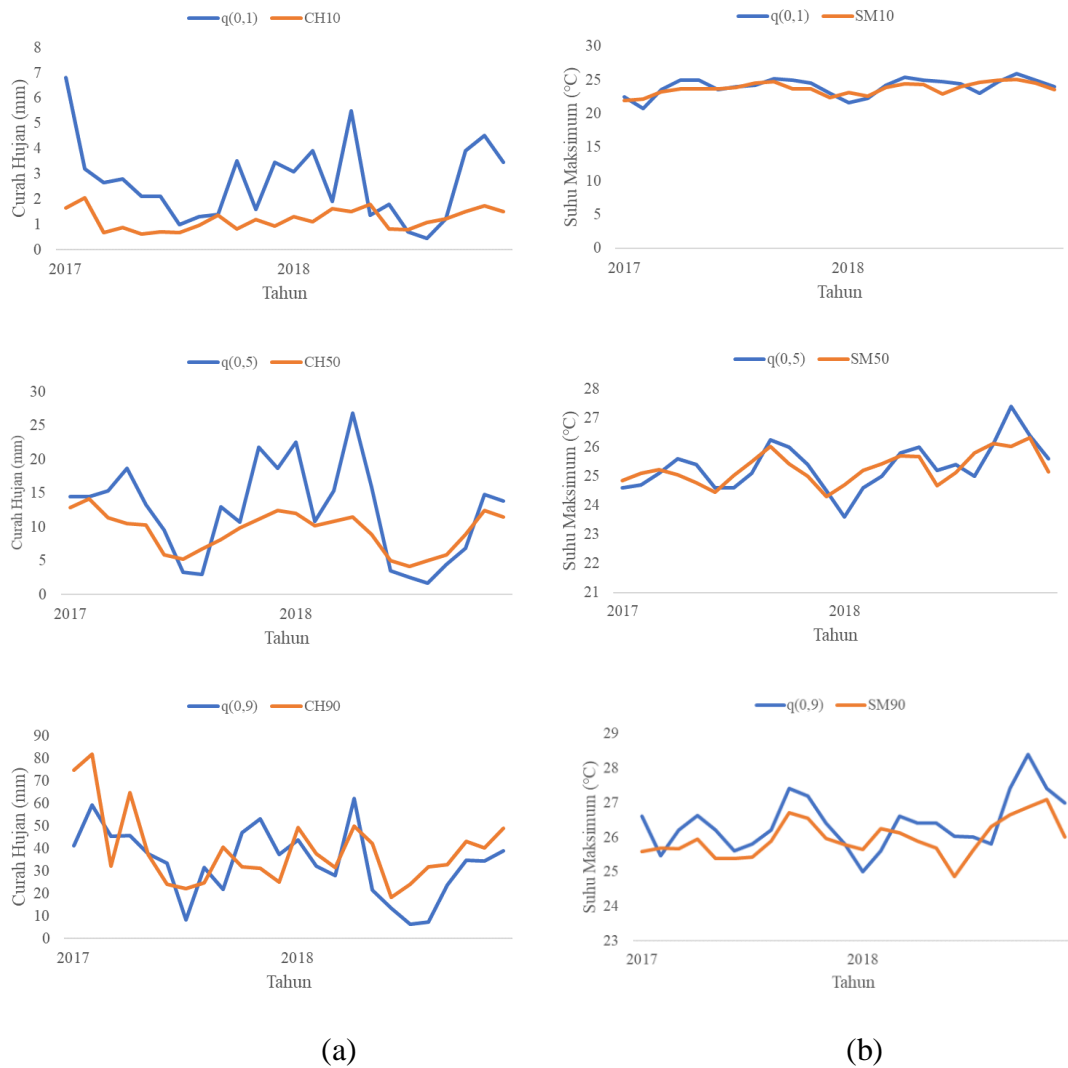


Gambar 4.44 *Plot* Nilai Kuantil Observasi dan Prediksi Stasiun Meteorologi Komodo (a) Curah Hujan (b) Suhu Maksimum

Pada Gambar 4.44 terdapat nilai kuantil observasi yang ditunjukkan oleh warna merah, sedangkan warna biru menunjukkan nilai hasil prediksi. Hasil untuk kuantil 0,1 curah hujan di Stasiun Meteorologi Komodo pada Gambar 4.44 (a) terlihat bahwa terdapat data observasi curah hujan ekstrem yang tidak mampu diprediksi dengan baik oleh model. Sedangkan untuk hasil prediksi lainnya sudah hampir mendekati data observasi. Untuk *plot* curah hujan kuantil lainnya memberikan hasil prediksi yang cukup berbeda dengan data observasinya. Selanjutnya pada Gambar 4.44 (b) diketahui bahwa hasil prediksi cenderung berada di bawah nilai observasi. Hasil prediksi untuk kuantil 0,1 suhu maksimum

memberikan nilai yang paling cukup mendekati dengan data observasi dibandingkan dengan hasil prediksi pada kuantil suhu maksimum lainnya.

Selanjutnya adalah *plot* nilai kuantil observasi dan prediksi (curah hujan serta suhu maksimum) di Stasiun Meteorologi Frans Sales Lega.

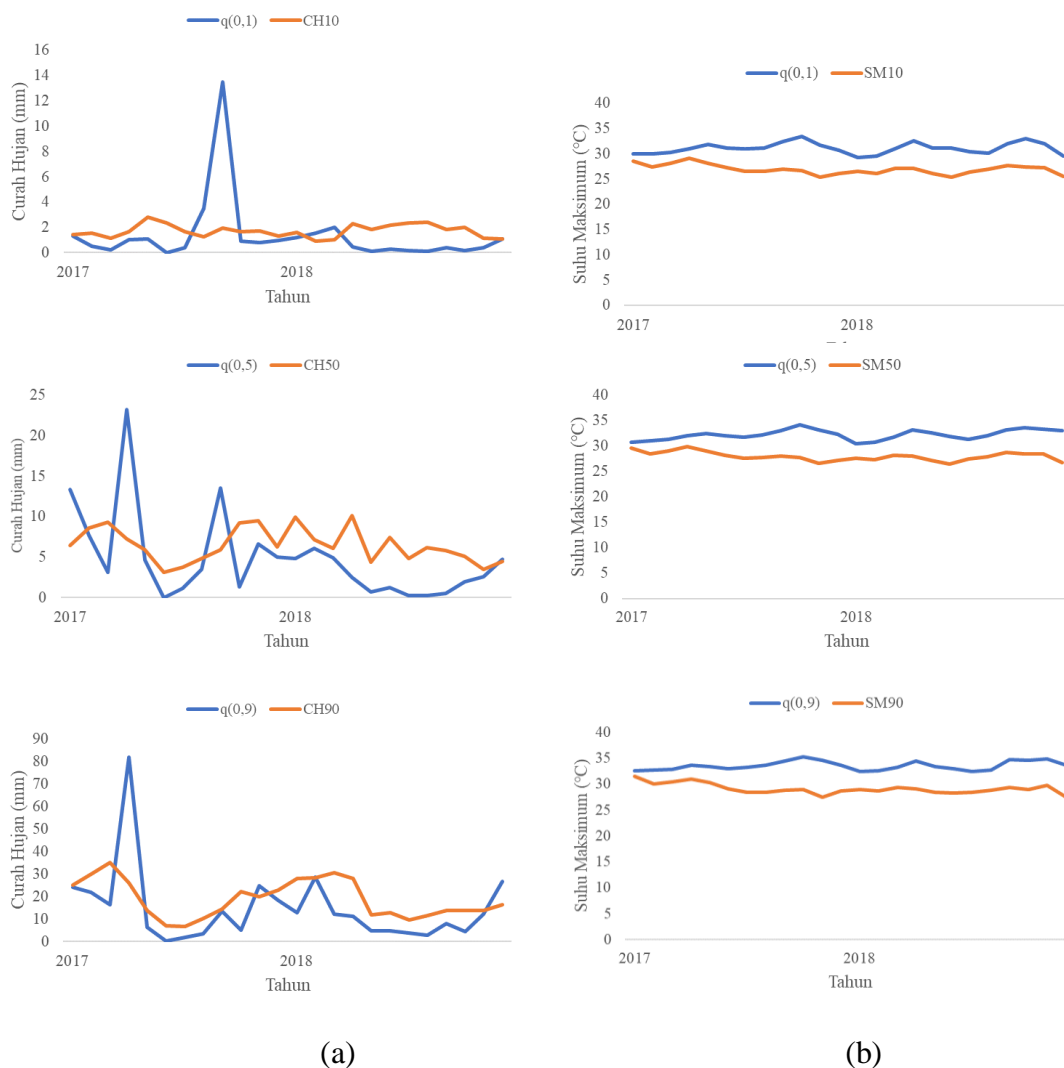


Gambar 4.45 *Plot* Nilai Kuantil Observasi dan Prediksi Stasiun Meteorologi Frans Sales Lega (a) Curah Hujan (b) Suhu Maksimum

Berdasarkan Gambar 4.45 (a), hasil prediksi untuk kuantil 0,1 dan kuantil 0,5 curah hujan di Stasiun Meteorologi Frans menunjukkan hasil yang berbeda dengan data observasinya. Sedangkan untuk kuantil 0,9 curah hujan sudah memberikan hasil prediksi yang lebih baik yakni cukup mendekati nilai

observasinya. Berbeda halnya dengan hasil untuk suhu maksimum yang disajikan pada Gambar 4.45 (b). Dari ketiga *plot* yang tersedia, semuanya sudah menunjukkan hasil yang baik. Hasil prediksi suhu maksimum baik untuk kuantil 0,1; 0,5 maupun 0,9 sudah mendekati dari nilai observasinya.

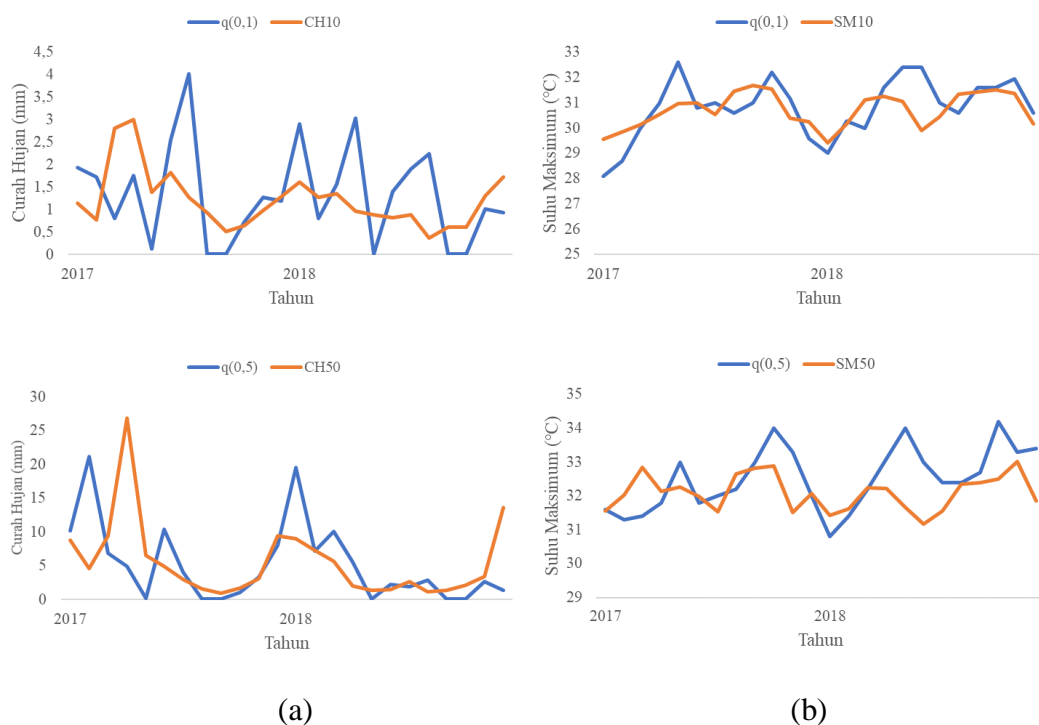
*Plot* nilai kuantil observasi dan prediksi (curah hujan serta suhu maksimum) selanjutnya adalah *plot* untuk Stasiun Meteorologi Fransiskus Xaverius Seda.



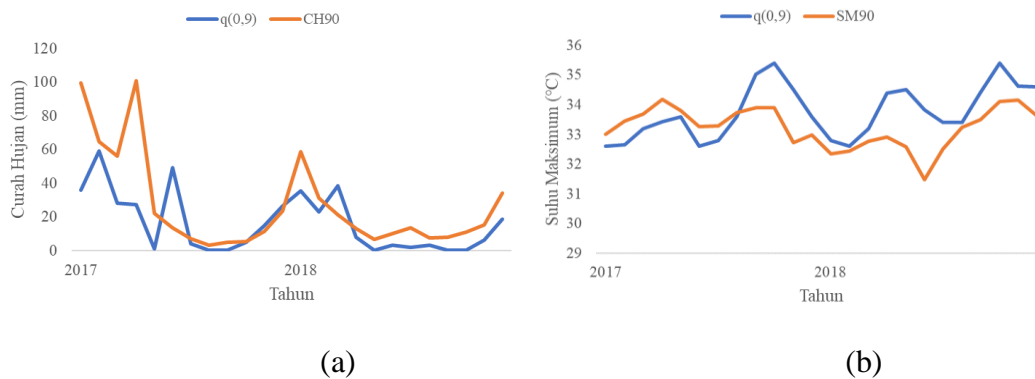
Gambar 4.46 *Plot* Nilai Kuantil Observasi dan Prediksi Stasiun Meteorologi Fransiskus Xaveirus Seda (a) Curah Hujan (b) Suhu Maksimum

Nilai kuantil observasi ditunjukkan oleh warna merah, sedangkan warna biru menunjukkan nilai hasil prediksi sebagaimana ditampilkan pada Gambar 4.46. Gambar 4.46 (a) memperlihatkan hasil prediksi untuk masing-masing kuantil curah hujan. Pada setiap *plot* kuantil curah hujan, terdapat nilai observasi yang ekstrem, dimana nilai tersebut tidak mampu diprediksikan dengan baik. Nilai observasi *ekstrem* terjadi pada bulan di musim hujan. Sedangkan untuk hasil prediksi di bulan-bulan yang tidak terdapat nilai ekstrem didapatkan hasil yang cukup sesuai dengan hasil observasinya. Selanjutnya adalah Gambar 4.46 (b) yang secara umum menampilkan nilai prediksi berada di bawah nilai observasinya. Selain itu, pola hasil prediksi hampir sama dengan pola observasinya, oleh karena itu pemodelan suhu maksimum sudah cukup baik.

Stasiun selanjutnya adalah Stasiun Meteorologi Gewayantana dengan *plot* nilai kuantil observasi dan prediksi (curah hujan serta suhu maksimum) ditampilkan pada Gambar 4.47.



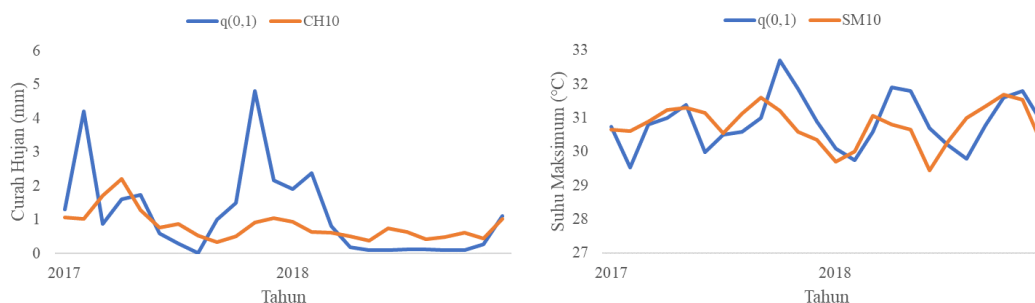
Gambar 4.47 *Plot* Nilai Kuantil Observasi dan Prediksi Stasiun Meteorologi Gewayantana (a) Curah Hujan (b) Suhu Maksimum



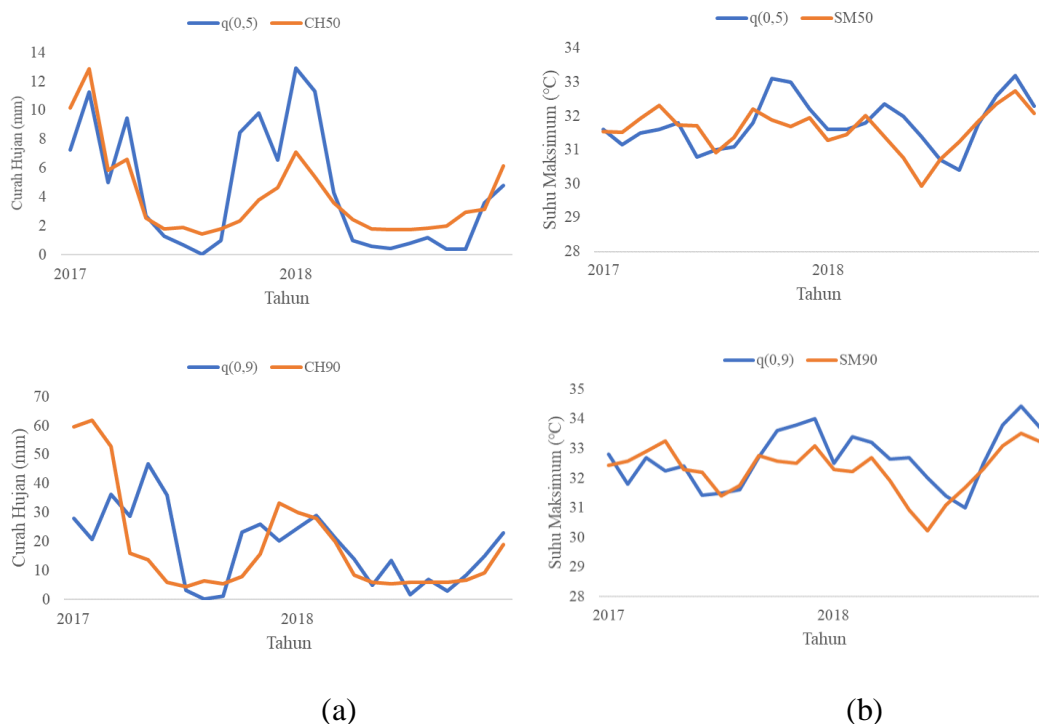
Gambar 4.47 *Plot* Nilai Kuantil Observasi dan Prediksi Stasiun Meteorologi Gewayantana (a) Curah Hujan (b) Suhu Maksimum (lanjutan)

Pada Gambar 4.47 terdapat nilai kuantil observasi yang ditunjukkan oleh warna merah, sedangkan warna biru menunjukkan nilai hasil prediksi. Hasil untuk kuantil 0,1 curah hujan di Stasiun Meteorologi Gewayantana pada Gambar 4.47 (a) terlihat bahwa hasil prediksi belum mampu untuk mendekati nilai observasinya. Sedangkan untuk hasil prediksi kuantil 0,5 dan kuantil 0,9 curah hujan walaupun berbeda dengan data observasi, tetapi sudah lebih baik jika dibandingkan dengan hasil prediksi kuantil 0,1 curah hujan. Selanjutnya pada Gambar 4.47 (b) diketahui bahwa hasil prediksi kuantil 0,1 suhu maksimum adalah yang paling mendekati dengan data observasinya. Hasil prediksi kuantil 0,5 dan kuantil 0,9nya cenderung agak berbeda dan berada di bawah nilai observasi.

Selanjutnya adalah *plot* nilai kuantil observasi dan prediksi (curah hujan serta suhu maksimum) di Stasiun Meteorologi Mali.



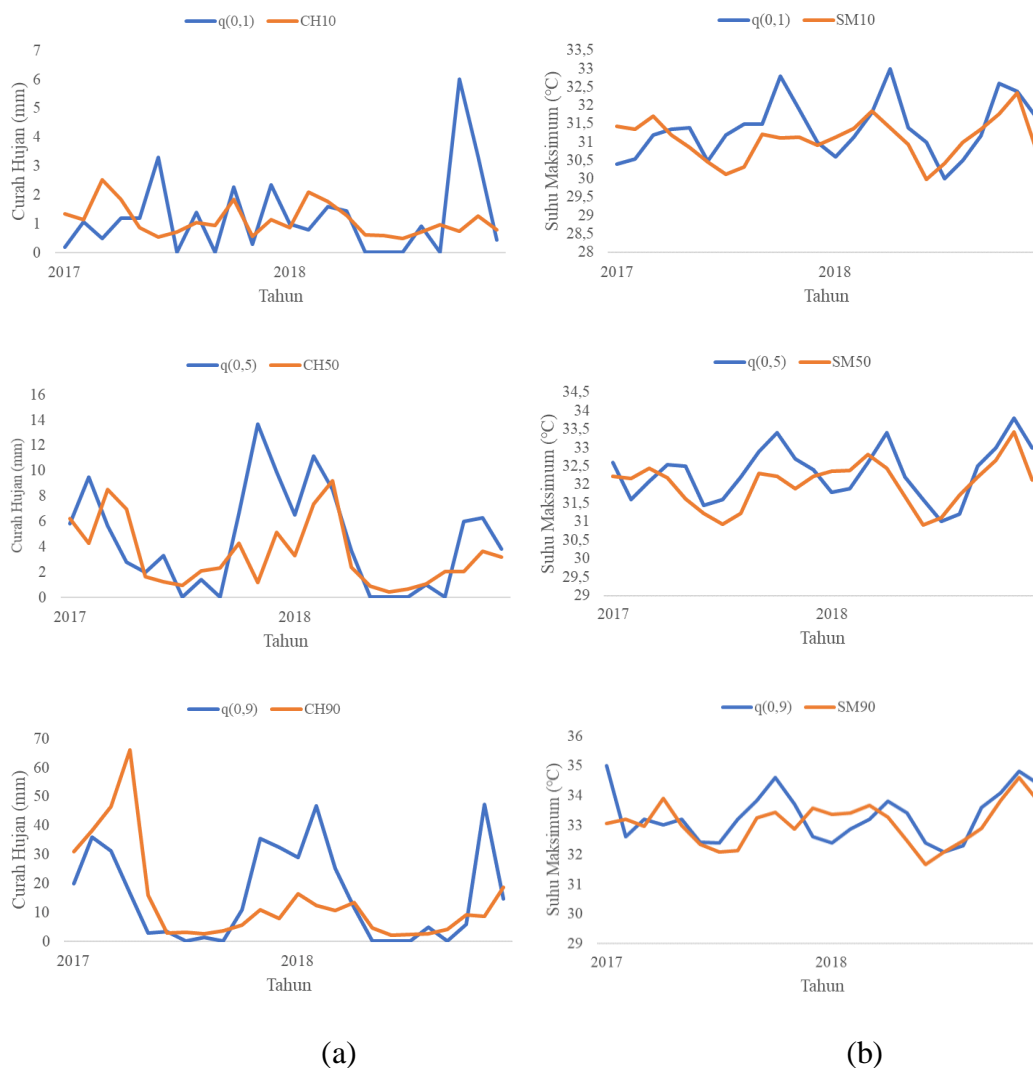




Gambar 4.48 *Plot* Nilai Kuantil Observasi dan Prediksi Stasiun Meteorologi Mali (a) Curah Hujan (b) Suhu Maksimum

Berdasarkan Gambar 4.48 (a), hasil prediksi untuk kuantil curah hujan terlihat tidak dapat memberikan hasil yang baik ketika terdapat nilai yang ekstrem. Sedangkan jika observasinya tidak menunjukkan nilai yang ekstrem, maka prediksi yang dihasilkan cukup baik. Berbeda halnya dengan hasil untuk suhu maksimum yang disajikan pada Gambar 4.48 (b). Dari ketiga *plot* yang tersedia, ketiga *plot* memberikan hasil prediksi yang sudah cukup sesuai dengan observasinya. Pola hasil prediksi suhu maksimum untuk tahun 2017 cenderung nilainya lebih rendah daripada data observasi, sedangkan pada tahun 2018 nilai prediksinya cenderung lebih tinggi daripada nilai observasi.

Selanjutnya disajikan Gambar 4.49 yang merupakan *plot* untuk Stasiun Meteorologi Umbu Mehang Kunda.

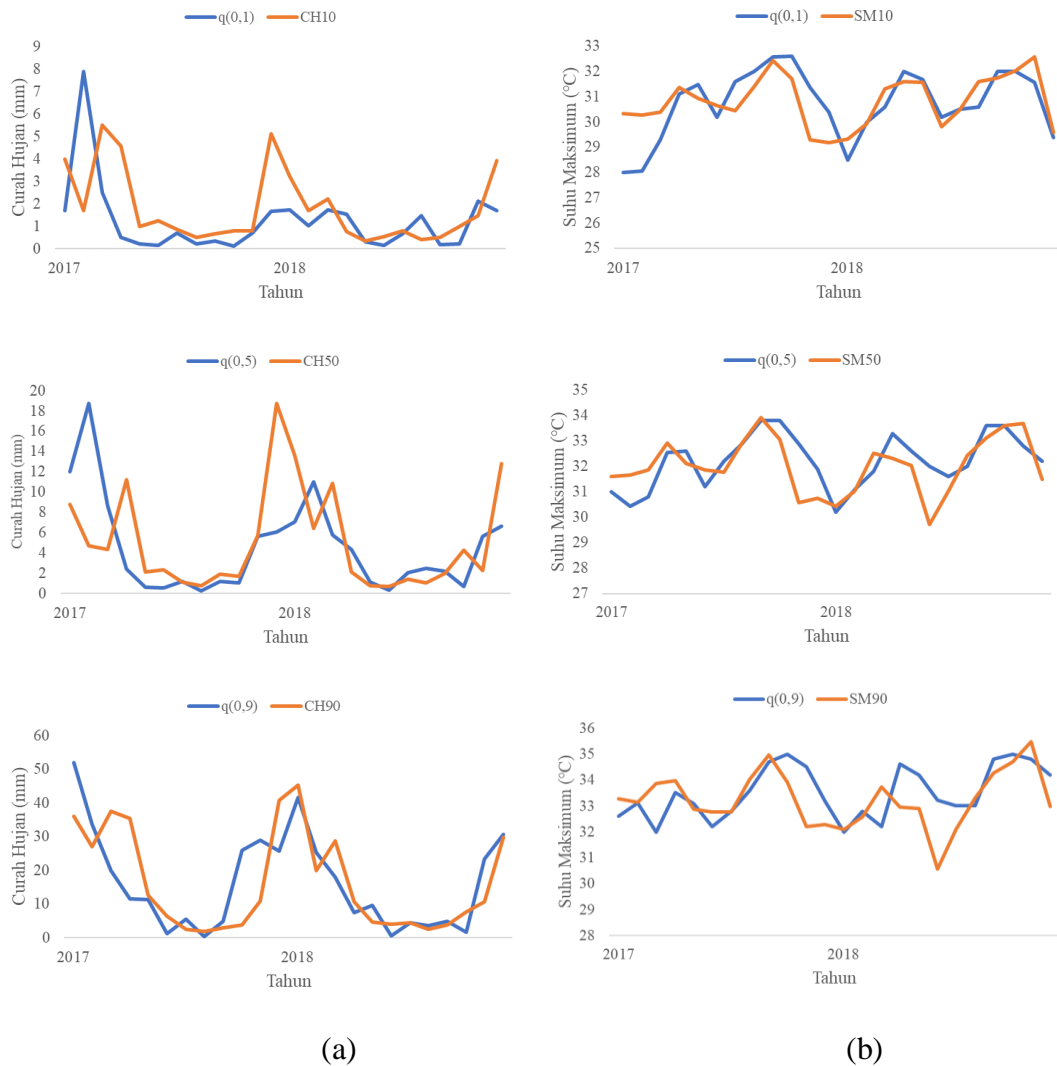


Gambar 4.49 *Plot* Nilai Kuantil Observasi dan Prediksi Stasiun Meteorologi Umu Mehang Kunda (a) Curah Hujan (b) Suhu Maksimum

Nilai kuantil observasi ditunjukkan oleh warna merah, sedangkan warna biru menunjukkan nilai hasil prediksi sebagaimana ditampilkan pada Gambar 4.49. Gambar 4.49 (a) memperlihatkan hasil prediksi untuk masing-masing kuantil curah hujan. Pada setiap *plot* kuantil curah hujan, terdapat nilai observasi yang ekstrem seperti pada awal dan akhir tahun, dimana nilai tersebut tidak mampu diprediksi dengan baik dikarenakan nilai observasi *ekstrem* terjadi pada bulan di musim hujan. Sedangkan untuk hasil prediksi di bulan-bulan yang tidak terdapat nilai ekstrem didapatkan hasil yang cukup sesuai dengan hasil observasinya. Selanjutnya adalah Gambar 4.49 (b) menampilkan nilai prediksi yang sudah cukup sesuai dengan nilai observasi. Selain itu, pola hasil prediksi

hampir sama dengan pola observasinya, oleh karena itu pemodelan suhu maksimum di Stasiun Meteorologi Uumbu sudah cukup baik.

Stasiun selanjutnya adalah Stasiun Meteorologi Eltari dengan *plot* nilai kuantil observasi dan prediksi (curah hujan serta suhu maksimum) ditampilkan pada Gambar 4.50.

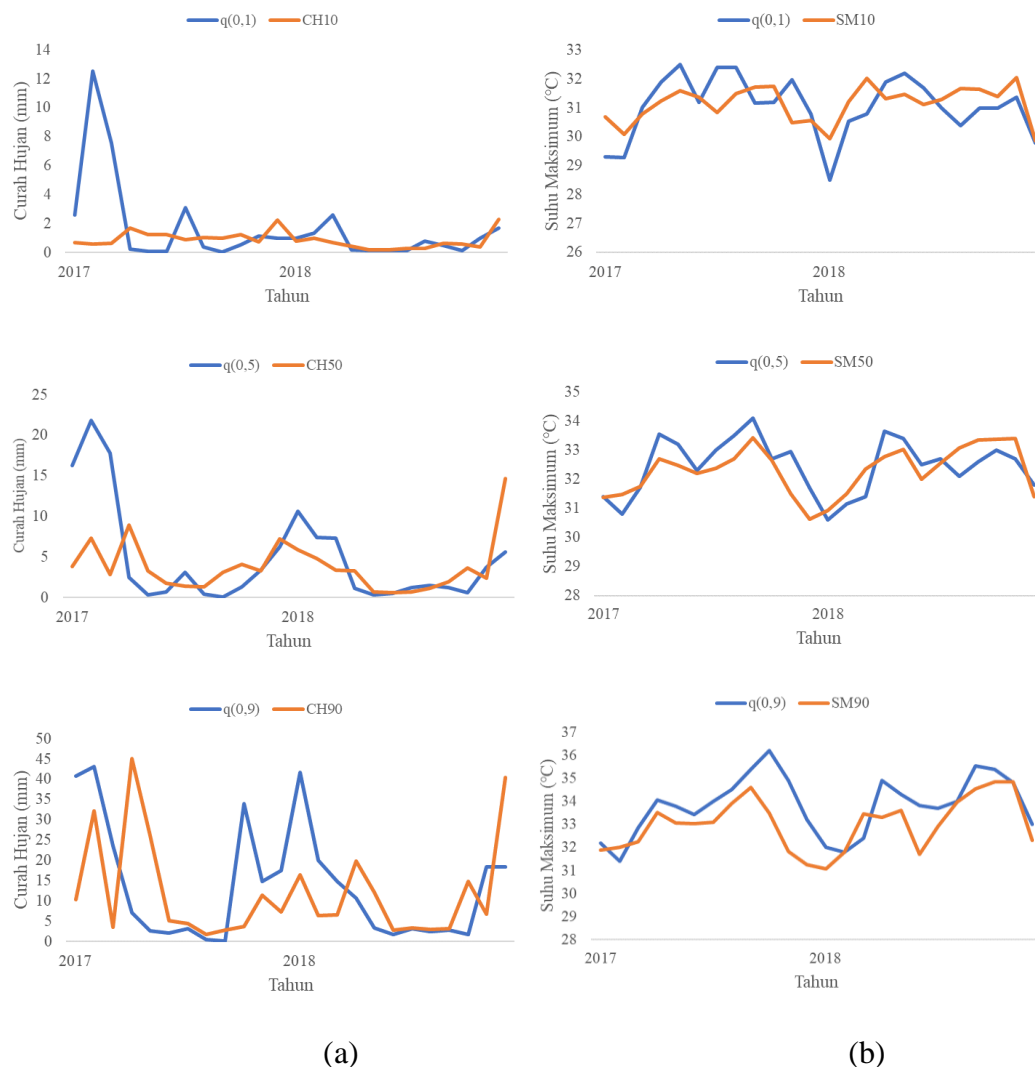


Gambar 4.50 *Plot* Nilai Kuantil Observasi dan Prediksi Stasiun Meteorologi Eltari (a) Curah Hujan (b) Suhu Maksimum

Pada Gambar 4.50 terdapat nilai kuantil observasi yang ditunjukkan oleh warna merah, sedangkan warna biru menunjukkan nilai hasil prediksi. Hasil untuk prediksi kuantil 0,1; 0,5 maupun 0,9 curah hujan di Stasiun Meteorologi Eltari sebagaimana disajikan pada Gambar 4.50 (a) sudah baik. Hal tersebut terlihat dari

nilai prediksi yang sudah mendekati nilai observasinya. Selanjutnya pada Gambar 4.50 (b) diketahui bahwa hasil prediksi kuantil 0,1 suhu maksimum sudah cukup baik, hanya saja pada awal tahun 2017 tidak mampu menangkap nilai ekstrem. Hasil kuantil 0,5 dan kuantil 0,9 suhu maksimum mempunyai pola yang hampir sama. Hasil prediksi pun mampu memberikan nilai yang mendekati nilai observasi.

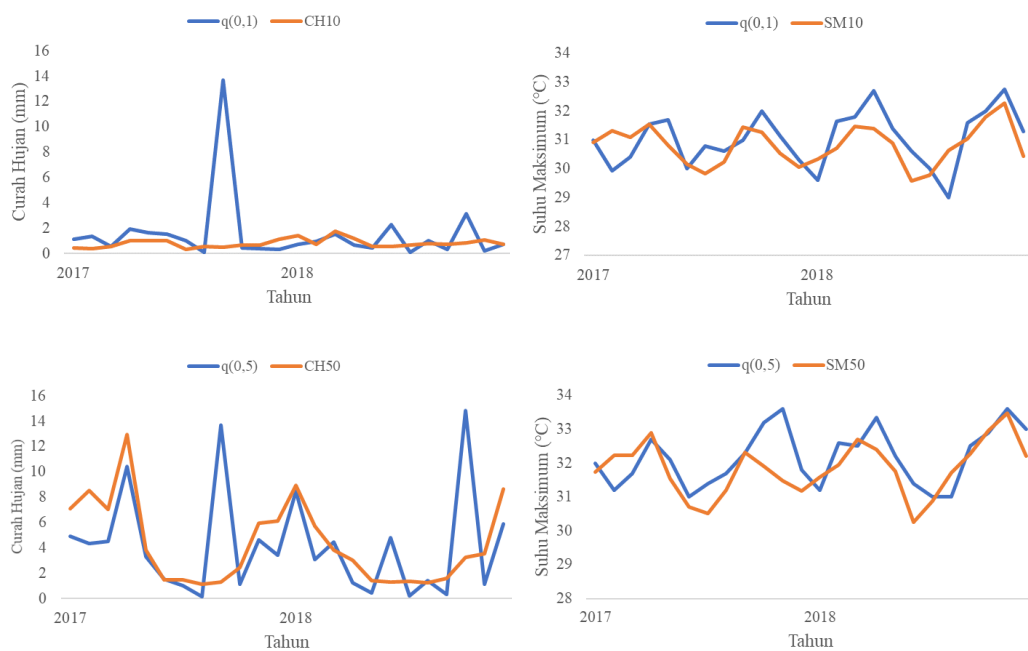
Selanjutnya adalah *plot* nilai kuantil observasi dan prediksi (curah hujan serta suhu maksimum) di Stasiun Meteorologi Klimatologi Lasiana.

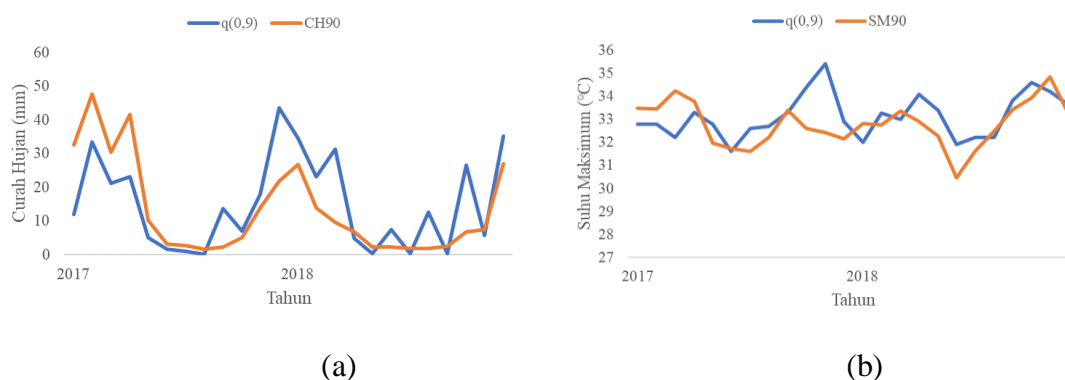


Gambar 4.51 *Plot* Nilai Kuantil Observasi dan Prediksi Stasiun Klimatologi Lasiana (a) Curah Hujan (b) Suhu Maksimum

Nilai kuantil observasi ditunjukkan oleh warna merah, sedangkan warna biru menunjukkan nilai hasil prediksi sebagaimana ditampilkan pada Gambar 4.51. Gambar 4.51 (a) memperlihatkan hasil prediksi untuk masing-masing kuantil curah hujan. Pada setiap *plot* kuantil curah hujan, terdapat nilai observasi yang ekstrem yakni pada awal tahun 2017 maupun 2018. Dimana nilai ekstrem tersebut tidak mampu diprediksi dengan baik pada kuantil 0,1;0,5 ataupun 0,9. Sedangkan untuk hasil prediksi di bulan-bulan yang tidak terdapat nilai ekstrem didapatkan hasil yang cukup sesuai dengan hasil observasinya. Namun, pada akhir tahun 2018, kuantil 0,5 dan kuantil 0,9 memberikan hasil prediksi yang berbeda dengan observasi. Selanjutnya adalah Gambar 4.51 (b) yang secara umum menampilkan pola hasil prediksi yang hampir sama dengan pola observasinya, oleh karena itu pemodelan suhu maksimum sudah cukup baik. Pada kuantil 0,1 di bulan awal 2018 pun mampu diprediksi dengan cukup baik padahal terdapat nilai ekstrem pada bulan tersebut.

Stasiun terakhir adalah Stasiun Meteorologi Tardamu dengan *plot* nilai kuantil observasi dan prediksi (curah hujan serta suhu maksimum) ditampilkan pada Gambar 4.52 berikut.





Gambar 4.52 *Plot* Nilai Kuantil Observasi dan Prediksi Stasiun Meteorologi Tardamu (a) Curah Hujan (b) Suhu Maksimum

Berdasarkan Gambar 4.52 (a), hasil prediksi untuk kuantil 0,1 dan kuantil 0,5 curah hujan di Stasiun Meteorologi Frans menunjukkan hasil yang agak berbeda dengan data observasinya. Hal tersebut dikarenakan hasil prediksi tidak mampu memprediksi dengan baik data observasi yang ekstrem. Sedangkan untuk kuantil 0,9 curah hujan sudah cenderung memberikan hasil prediksi yang lebih baik yakni cukup mendekati nilai observasinya. Berbeda halnya dengan hasil untuk suhu maksimum yang disajikan pada Gambar 4.52 (b). Hasil prediksi kuantil 0,1 untuk suhu maksimum sudah baik, tetapi hasil prediksi suhu maksimum untuk kuantil 0,5 dan 0,9 masih belum baik untuk memprediksi nilai ekstrem yang terdapat pada akhir tahun 2017.

Setelah mengetahui hasil prediksi kuantil dengan observasinya, maka selanjutnya masuk ke tahap kedua dari metode QMB. Pertama-tama diketahui bahwa nilai kuantil yang didapatkan berupa nilai bulanan sedangkan proyeksi yang akan dilakukan adalah untuk data harian, oleh karena itu perlu dilakukan *generate* data harian berdasarkan nilai kuantil yang ada. *Generate* data harian dilakukan pada setiap bulan, baik untuk periode dasar maupun periode mendatang. Sebagai contoh, dilakukan *generate* data curah hujan untuk periode dasar di Stasiun Meterologi Komodo, yakni Januari 2006. Nilai pada kuantil ( $q$ ) 0,1;0,5; dan 0,9 untuk Januari 2006 secara berurutan adalah 1,08; 7,38; dan 38,87. *Generate* data dilakukan dengan jumlah data sebanyak dengan jumlah hari pada bulan yang akan dibangkitkan. *Generate* data dilakukan dengan menggunakan

interpolasi. Untuk contoh Januari 2006 maka *generate* sebanyak 31 data dengan hasil sebagai berikut.

Tabel 4.18 Data *Generate* Curah Hujan Januari 2006 di Stasiun Meteorologi Komodo

<i>q</i>	<b>Data Generate</b>
$q_{(0,10)}$	1,08
$q_{(0,19)}$	2,34
$q_{(0,28)}$	3,60
...	...
$q_{(0,87)}$	36,36
$q_{(0,88)}$	37,62
$q_{(0,90)}$	38,88

Proses selanjutnya adalah mengurutkan data asli berdasarkan kuantil bulanan. Berikut merupakan contoh data asli curah hujan pada Januari 2006 sebelum diurutkan berdasarkan kuantil bulanan.

Tabel 4.19 Curah Hujan Periode Dasar Januari 2006 Sebelum Diurutkan Berdasarkan Kuantil Bulanan

<b>Tanggal</b>	<b>Data asli</b>
1	0,1
2	0,0
3	3,3
...	...
29	0,4
30	0,0
31	4,8

Tabel 4.19 masih menunjukkan data asli yang urut dari tanggal 1-31 Januari 2006, sedangkan yang diperlukan adalah data asli yang diurutkan berdasarkan nilai kuantil bulannya. Proses mengurutkan data asli ini dilakukan untuk masing-masing bulan pada periode dasar, baik untuk variabel curah hujan maupun suhu maksimum. Sebagai contoh hasil dari *sort* data asli curah hujan Januari 2006 berdasarkan nilai kuantil bulannya disajikan pada Tabel 4.20.

Tabel 4.20 Curah Hujan Periode Dasar Januari 2006 Setelah Diurutkan Berdasarkan Kuantil Bulanan

$q$	Tanggal	Data asli
$q_{(0,10)}$	2	0,0
$q_{(0,19)}$	4	0,0
$q_{(0,28)}$	5	0,0
...	...	...
$q_{(0,87)}$	22	18,2
$q_{(0,88)}$	15	37,0
$q_{(0,90)}$	24	43,3

Proses selanjutnya setelah mendapatkan urutan data asli berdasarkan nilai kuantil bulanan adalah pencocokan kuantil (*Quantile Matching*). Prosesnya adalah mencocokkan data *generate* periode dasar ( $Y_{m_b}$ ) dengan data pengamatan aslinya ( $Y_t$ ) berdasarkan nilai kuantil bulanan. Berdasarkan pencocokan tersebut akan didapatkan nilai koreksi *error* ( $Y_t - Y_{m_b}$ ) dan nilai *generate* untuk proyeksi  $Y_{m_f}$  sebagaimana disajikan pada Tabel 4.21 berikut.

Tabel 4.21 *Quantile Matching* Curah Hujan Periode Dasar Tahun 2006

$q$	<i>Generate</i> ( $Y_{m_b}$ )	Tanggal	Data asli ( $Y_t$ )	$Y_t - Y_{m_b}$	$Y_{m_f}$ 2017	$Y_{m_f}$ 2018
$q_{(0,10)}$	1,08	2	0,0	-1,0820	1,9806	1,8605
$q_{(0,19)}$	2,34	4	0,0	-2,3418	4,6890	4,4516
$q_{(0,28)}$	3,60	5	0,0	-3,6016	6,0432	5,7471
...	...	...	...	...	...	...
$q_{(0,87)}$	36,36	22	18,2	-18,1560	18,2311	27,7715
$q_{(0,88)}$	37,62	15	37,0	-0,6163	30,4189	17,4071
$q_{(0,90)}$	38,88	24	43,3	4,4239	37,1990	21,2937

Selain data pada periode dasar, perlu dilakukan juga *generate* pada periode mendatang, baik untuk data curah hujan maupun suhu maksimum. Dengan cara yang sama seperti pada periode dasar, *generate* data curah hujan misal dilakukan untuk Januari 2017 dengan nilai kuantil seperti tertera pada Tabel 4.18. Secara keseluruhan, nilai *generate* ( $Y_{m_f}$ ) yang disajikan pada Tabel 4.21



terbagi menjadi dua, yakni untuk tahun validasi (2017 dan 2018). Proses selanjutnya adalah menghitung nilai proyeksi sesuai dengan persamaan (2.12).

Tabel 4.22 Contoh Nilai Proyeksi ( $\tilde{Y}_{m_f}$ ) Curah Hujan Berdasarkan Periode Dasar Januari 2006

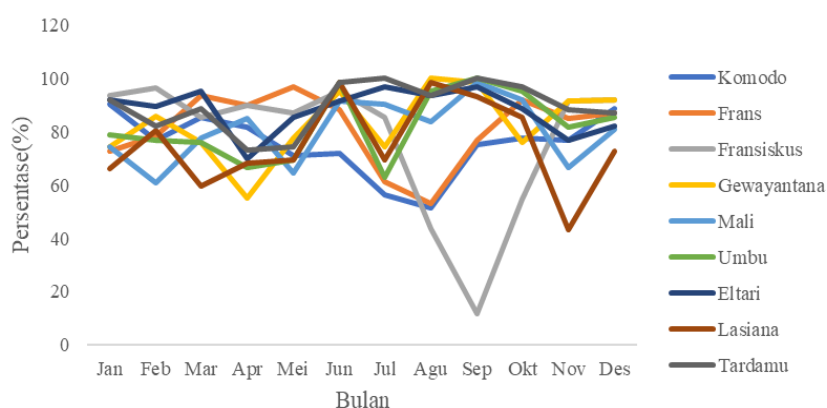
Tahun	Bulan	Tanggal	$\tilde{Y}_{m_f}$ 2017	$\tilde{Y}_{m_f}$ 2018
2006	1	1	0,00000	0,00000
2006	1	2	0,89854	0,77842
2006	1	3	0,00000	0,00000
...	...	...	...	...
2006	1	29	13,45387	13,33890
2006	1	30	19,44728	23,16031
2006	1	31	13,00347	12,77119

Untuk nilai proyeksi suhu maksimum juga memiliki struktur data yang sama seperti pada Tabel 4.22. Langkah terakhir dari proses *Quantile Matching Bootstrap* (QMB) adalah proses *bootstrapping* sebagaimana diilustrasikan pada Gambar 2.5. Hasil proyeksi dengan menggunakan metode QMB diketahui dari persentase banyaknya data observasi yang masuk ke 95% *bootstrap prediction interval*. Berikut merupakan hasil proyeksi curah hujan untuk masing-masing bulan pada periode validasi (2017-2018).

Tabel 4.23 Persentase Data Observasi Curah Hujan yang Masuk ke 95% *Bootstrap Prediction Interval*

Stasiun	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agu	Sep	Okt	Nov	Des
Komodo	90,3	76,8	85,5	81,7	71,0	71,7	56,4	51,6	75,0	77,4	76,7	88,7
Frans	72,6	78,6	93,6	90,0	96,8	88,3	61,3	53,2	76,7	91,9	85,0	87,1
Fransiskus	93,6	96,4	85,5	90,0	87,1	95,0	85,5	43,6	11,7	54,8	91,7	91,9
Gewayantana	74,2	85,7	75,8	55,0	77,4	95,0	74,2	100,0	98,3	75,8	91,7	91,9
Mali	74,2	60,7	77,4	85,0	64,5	91,7	90,3	83,9	98,3	91,9	66,7	80,7
Umbu	79,0	76,8	75,8	66,7	69,4	98,3	62,9	95,2	100,0	95,2	81,7	85,5
Eltari	91,9	89,3	95,2	70,0	85,5	91,7	96,8	93,6	96,7	88,7	76,7	82,3
Lasiana	66,1	80,4	59,7	68,3	69,4	98,3	69,4	98,4	93,3	85,5	43,3	72,6
Tardamu	91,9	82,1	88,7	73,3	74,2	98,3	100,0	93,6	100,0	96,8	88,3	87,1

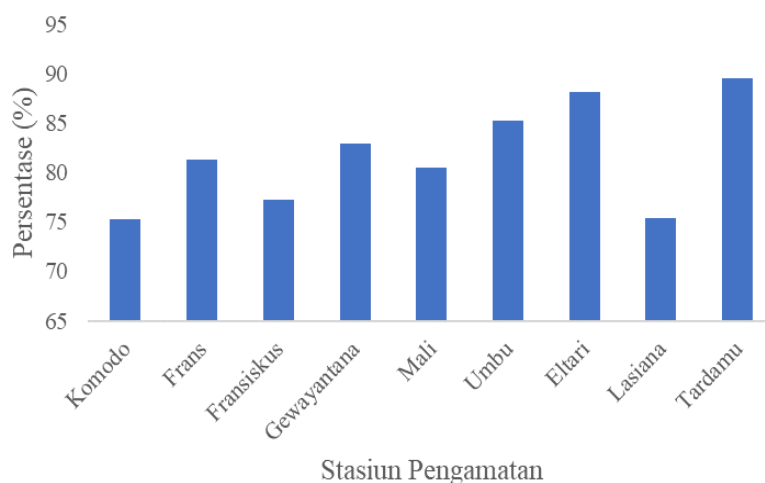
Berdasarkan Tabel 4.23 diketahui bahwa rata-rata keseluruhan hasil proyeksi curah hujan di NTT sudah 80% data observasi yang masuk ke 95% *bootstrap prediction interval*. Secara keseluruhan, metode QMB memberikan hasil proyeksi yang cukup baik untuk bulan-bulan pada musim hujan, seperti Januari, Februari, Maret, dan Desember. Pada beberapa stasiun, seperti di Stasiun Meteorologi Gewayantana, Umbu, dan Tardamu memiliki hasil proyeksi sebesar 100% untuk bulan Juli, Agustus, dan September dimana pada bulan-bulan tersebut terjadi musim kemarau. Namun pada bulan September di Stasiun Meteorologi Fransiskus, nilai proyeksi yang dihasilkan hanya sebesar 12%, hal tersebut dikarenakan banyaknya data *missing* curah hujan pada bulan tersebut. Visualisasi dari Tabel 4.23 dapat dilihat pada Gambar 4.53 berikut.



Gambar 4.53 Grafik Persentase Hasil Proyeksi Curah Hujan di NTT

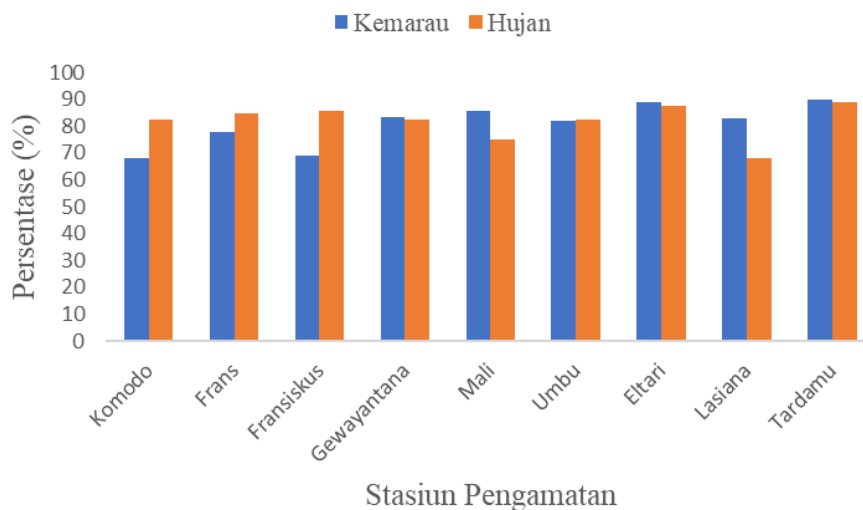
Setelah mengetahui nilai persentase untuk setiap bulan di masing-masing stasiun pengamatan, Gambar 4.54 menyajikan grafik nilai rata-rata persentase hasil proyeksi curah hujan berdasarkan stasiun pengamatan. Berdasarkan Gambar 4.54 diketahui bahwa hasil proyeksi curah hujan di Nusa Tenggara Timur memiliki persentase nilai berada di 75% ke atas atau yang artinya terdapat 75% data observasi yang masuk ke 95% *bootstrap prediction interval*. Hal tersebut menunjukkan bahwa metode *Quantile Matching Bootstrap* mampu menghasilkan proyeksi yang sudah cukup baik. Persentase tertinggi diberikan oleh Stasiun Meteorologi Tardamu yakni hampir 90%. Sedangkan Stasiun Meteorologi Komodo dan Stasiun Klimatologi Lasiana mempunyai nilai persentase yang

hampir sama dan merupakan nilai persentase terendah, yakni sekitar 75%. Nilai rata-rata persentase keseluruhan untuk hasil proyeksi curah hujan di Nusa Tenggara Timur adalah sebesar 81,71%.



Gambar 4.54 Grafik Rata-rata Persentase Hasil Proyeksi Curah Hujan Berdasarkan Stasiun Pengamatan

Selanjutnya adalah hasil proyeksi curah hujan menggunakan metode QMB di Nusa Tenggara Timur berdasarkan musim.



Gambar 4.55 Grafik Persentase Hasil Proyeksi Curah Hujan Berdasarkan Musim

Musim di Indonesia dibagi menjadi dua musim, yakni musim hujan dan musim kemarau. Musim hujan biasa terjadi pada bulan Oktober-Maret, sedangkan

musim kemarau terjadi pada bulan April-September. Pada Gambar 4.55 terlihat persentase hasil proyeksi curah hujan untuk musim hujan bernilai lebih tinggi pada Stasiun Komodo, Frans, Fransiskus, dan Umbu. Sedangkan untuk stasiun lainnya memiliki nilai persentase proyeksi curah hujan pada musim kemarau yang lebih besar nilainya. Pada Stasiun Gewayantana, Eltari, dan Tardamu terlihat bahwa persentase proyeksi curah hujan pada musim hujan dan musim kemarau tidak terlalu berbeda nilainya. Untuk persentase keseluruhan stasiun berdasarkan musim, nilai persentase untuk proyeksi curah hujan pada musim hujan sebesar 81,95% sedangkan untuk musim kemarau sebesar 80,81%.

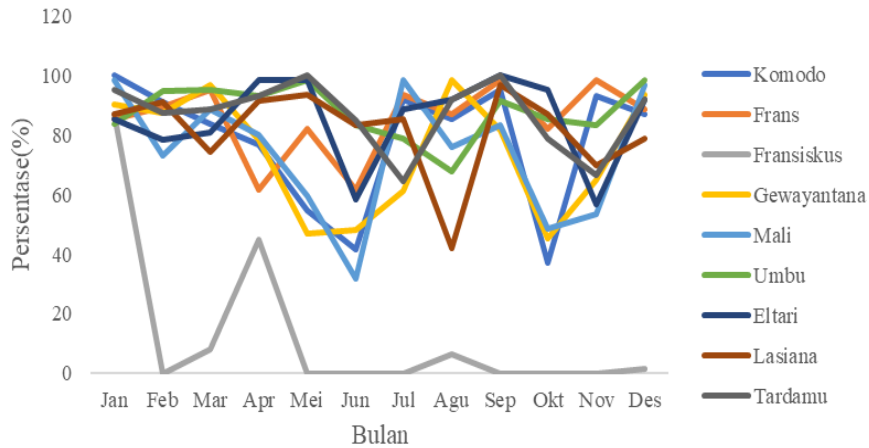
Sedangkan hasil proyeksi untuk suhu maksimum di Nusa Tenggara Timur setiap bulannya ditabelkan sebagai berikut.

Tabel 4.24 Persentase Data Observasi Suhu Maksimum yang Masuk ke 95% *Bootstrap Prediction Interval*

Stasiun	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agu	Sep	Okt	Nov	Des
Komodo	100,0	91,1	83,9	76,7	54,8	41,7	91,9	85,5	95,0	37,1	93,3	87,1
Frans	85,5	89,3	95,2	61,7	82,3	61,7	93,6	87,1	98,3	82,3	98,3	88,7
Fransiskus	87,1	0,0	8,1	45,0	0,0	0,0	0,0	6,4	0,0	0,0	0,0	1,6
Gewayantana	90,3	87,5	96,8	78,3	46,8	48,3	61,3	98,4	81,7	45,2	65,0	93,6
Mali	98,4	73,2	88,7	80,0	59,7	31,7	98,4	75,8	83,3	48,4	53,3	96,8
Umbu	83,9	94,6	95,2	93,3	98,4	83,3	79,0	67,7	91,7	85,5	83,3	98,4
Eltari	85,5	78,6	80,7	98,3	98,4	58,3	88,7	91,9	100,0	95,2	56,7	91,9
Lasiana	87,1	91,1	74,2	91,7	93,6	83,3	85,5	41,9	96,7	87,1	70,0	79,0
Tardamu	95,2	87,5	88,7	93,3	100,0	85,0	64,5	91,9	100,0	79,0	66,7	91,9

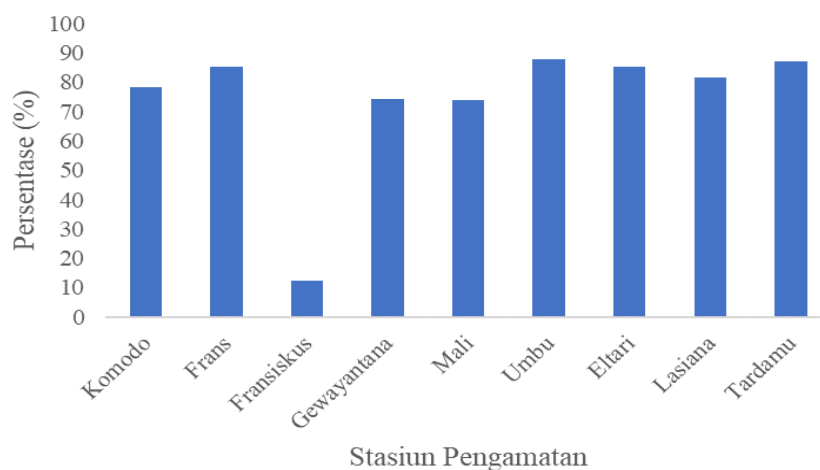
Hasil yang disajikan pada Tabel 4.24 juga menunjukkan bahwa nilai persentase untuk proyeksi suhu maksimum yang cukup tinggi diberikan pada bulan-bulan musim hujan. Selain itu, pada bulan transisi dari musim kemarau ke musim hujan (bulan November) memberikan persentase yang cukup tinggi dibandingkan dengan bulan-bulan yang lainnya. Tak jarang juga pada bulan tersebut sudah terjadi musim hujan. Namun terjadi fenomena pada Stasiun Meteorologi Fransiskus yang hasil proyeksinya menunjukkan nilai yang sangat rendah. Hal tersebut dikarenakan nilai suhu maksimum di stasiun tersebut memiliki nilai standar deviasinya mencapai nilai hampir 2,5 dimana nilai tersebut

merupakan nilai standar deviasi tertinggi dibandingkan dengan stasiun lainnya. Untuk melihat perbedaan hasil proyeksi suhu maksimum secara visual, maka disajikan Gambar 4.56 berikut.



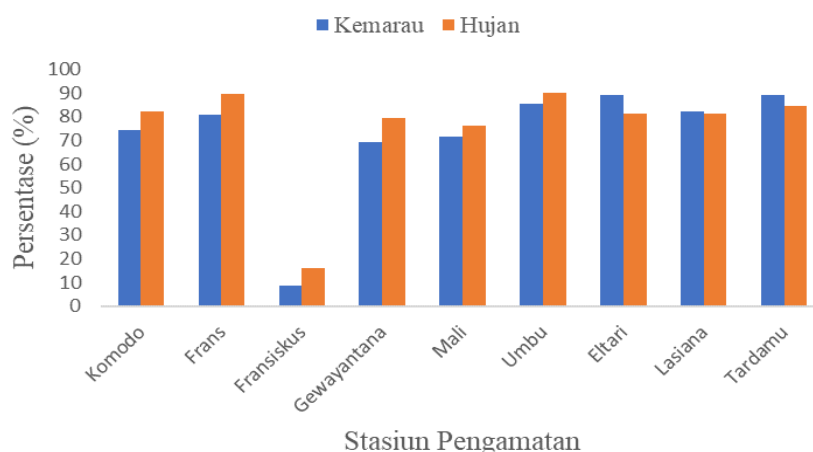
Gambar 4.56 Grafik Persentase Hasil Proyeksi Suhu Maksimum di NTT

Pada Gambar 4.56 terlihat jelas bahwa Stasiun Meteorologi Fransiskus memiliki nilai persentase yang paling rendah. Sedangkan persentase di stasiun pengamatan lainnya sudah banyak yang berada pada nilai di atas 60% sehingga metode QMB sudah cukup baik untuk memproyeksi suhu maksimum pada stasiun pengamatan selain Stasiun Meteorologi Fransiskus. Untuk mengetahui rata-rata persentase hasil proyeksi berdasarkan stasiun, maka disajikan grafik berikut ini.



Gambar 4.57 Grafik Rata-rata Persentase Hasil Proyeksi Suhu Maksimum Berdasarkan Stasiun Pengamatan

Persentase rata-rata hasil proyeksi suhu maksimum di NTT sudah mencapai nilai 70% ke atas, kecuali untuk Stasiun Meteorologi Fransiskus yang hanya mencapai nilai persentase sekitar 10%. Sebagaimana disajikan pada Gambar 4.57, terlihat bawah hasil proyeksi suhu maksimum di NTT memiliki nilai persentase yang hampir sama (kecuali Fransiskus) sehingga dapat disimpulkan bahwa metode QMB sudah cukup baik dalam memproyeksikan nilai suhu maksimum di NTT. Persentase rata-rata keseluruhan yang didapatkan yakni sebesar 74,02%. Selain grafik rata-rata persentase secara keseluruhan di setiap stasiun, berikut juga disajikan grafik rata-rata persentase hasil proyeksi untuk setiap stasiun berdasarkan musim.



Gambar 4.58 Grafik Persentase Hasil Proyeksi Suhu Maksimum Berdasarkan Musim

Gambar 4.58 menunjukkan bahwa persentase hasil proyeksi suhu maksimum di NTT pada musim hujan dan musim kemarau tidak jauh berbeda. Terdapat tiga stasiun yang nilai persentase proyeksinya lebih tinggi pada musim kemarau dibandingkan pada musim hujan, yakni Stasiun Meteorologi Eltari, Lasiana, dan Tardamu. Sedangkan untuk stasiun lainnya, proyeksi suhu maksimum baik dilakukan pada musim hujan. Proyeksi suhu maksimum di NTT memberikan hasil bahwa metode QMB baik untuk memproyeksi suhu maksimum pada musim hujan dengan persentase proyeksi sebesar 75,14%. Walaupun begitu, metode QMB juga baik diterapkan pada musim kemarau di NTT dikarenakan

nilai persentase hasil proyeksinya bernilai 72,25% dimana nilai tersebut tidak jauh berbeda dengan hasil proyeksi pada musim hujan.

Berdasarkan hasil proyeksi curah hujan dan suhu maksimum di NTT maka dapat diketahui bahwa metode QMB sebagai bias koreksi mampu untuk memproyeksi iklim (curah hujan dan suhu maksimum) dengan cukup baik. Metode QMB memberikan hasil proyeksi iklim harian berupa nilai interval. Hasil proyeksi pun berkisar pada nilai 70-90% data observasi berhasil masuk ke 95% *bootstrap prediction interval*. Metode QMB ini dapat diterapkan untuk proyeksi iklim pada periode mendatang selanjutnya.

#### 4.6 Nilai *Standard Error* Metode Proyeksi Kuantil Iklim di Nusa Tenggara Timur

Proyeksi kuantil 0,1;0,5; dan 0,9 untuk variabel curah hujan dan suhu maksimum di Nusa Tenggara Timur dilakukan dengan menggunakan metode regresi linier berganda. Proyeksi kuantil dengan metode regresi merupakan bagian awal dari metode *Quantile Matching Bootstrap* (QMB). Hasil dari proyeksi kuantil tersebut berupa data kuantil bulanan, sedangkan proyeksi yang dilakukan adalah proyeksi untuk data harian. Oleh karena kelemahan dari metode regresi tersebut, maka untuk proyeksi iklim hariannya dilakukan pada tahap kedua dan ketiga dari metode QMB.

Metode regresi maupun metode QMB mempunyai nilai *standard error* dari hasil proyeksi kuantil sehingga kedua metode tersebut dapat dibandingkan. Perbandingan yang dilakukan pun terbatas hanya untuk perbandingan pada proyeksi kuantil, bukan untuk perbandingan proyeksi iklim harian. Berikut merupakan nilai *standard error* kedua metode untuk proyeksi kuantil curah hujan.

Tabel 4.25 Nilai *Standard Error* Metode Regresi dan QMB untuk Proyeksi Kuantil Curah Hujan

Stasiun	Curah Hujan					
	$q_{0,1}$		$q_{0,5}$		$q_{0,9}$	
	QMB	Regresi	QMB	Regresi	QMB	Regresi
Komodo	1,96	2,16	3,81	3,39	13,00	15,09
Frans	1,75	2,13	7,88	5,85	14,61	15,92

Tabel 4.25 Nilai *Standard Error* Metode Regresi dan QMB untuk Proyeksi Kuantil Curah Hujan (lanjutan)

Stasiun	Curah Hujan					
	$q_{0,1}$		$q_{0,5}$		$q_{0,9}$	
	QMB	Regresi	QMB	Regresi	QMB	Regresi
Fransiskus	2,85	2,86	5,38	5,74	14,77	15,52
Gewayantana	2,31	1,19	11,55	7,22	19,47	25,03
Mali	1,79	1,27	5,79	2,93	15,94	16,37
Umbu	2,02	1,54	6,74	3,72	18,41	18,28
Eltari	1,83	2,07	5,07	5,36	11,22	11,00
Lasiana	2,70	3,11	6,66	6,05	15,83	16,99
Tardamu	3,09	2,94	5,73	4,13	12,86	11,59

Dalam proyeksi curah hujan kuantil 0,1, metode QMB pada 5 stasiun di NTT memberikan nilai *standard error* yang lebih kecil daripada metode regresi sebagaimana disajikan pada Tabel 4.25. Begitupun dalam proyeksi curah hujan kuantil 0,9, metode QMB mempunyai nilai *standard error* lebih kecil daripada metode regresi. Berbeda halnya untuk proyeksi curah hujan kuantil 0,5, nilai *standard error* metode QMB lebih besar daripada metode regresi. Selanjutnya adalah nilai *standard error* proyeksi suhu maksimum kuantil 0,1;0,5; dan 0,9 sebagaimana disajikan pada Tabel 4.26 berikut.

Tabel 4.26 Nilai *Standard Error* Metode Regresi dan QMB untuk Proyeksi Kuantil Suhu Maksimum

Stasiun	Suhu Maksimum					
	$q_{0,1}$		$q_{0,5}$		$q_{0,9}$	
	QMB	Regresi	QMB	Regresi	QMB	Regresi
Komodo	0,65	0,75	0,84	0,82	1,04	0,92
Frans	0,90	0,96	0,66	0,56	0,80	0,72
Fransiskus	4,37	4,58	4,62	4,67	4,98	4,85
Gewayantana	0,99	0,96	1,06	1,05	1,23	1,08
Mali	0,75	0,80	0,73	0,70	0,91	0,87
Umbu	0,75	0,81	0,60	0,64	0,87	0,79
Eltari	1,12	1,04	0,96	0,96	1,16	1,15
Lasiana	0,98	0,90	0,81	0,71	1,31	1,28
Tardamu	0,77	0,80	0,87	0,79	1,14	1,11



Nilai *standard error* metode QMB di 6 stasiun pada Tabel 4.26 bernilai lebih kecil daripada metode regresi untuk proyeksi suhu maksimum kuantil 0,1. Hal tersebut berbeda untuk proyeksi suhu maksimum kuantil 0,5 dan 0,9 yang memberikan hasil bahwa nilai *standard error* metode QMB lebih besar daripada *standard error* metode regresi.

Dalam evaluasi hasil kebaikan metode QMB untuk proyeksi iklim di NTT diketahui bahwa metode QMB merupakan metode yang lebih unggul dibandingkan dengan metode regresi. Hal tersebut dikarenakan metode regresi hanya dapat menghasilkan nilai proyeksi iklim berupa nilai bulanan (kuantil), sedangkan untuk proyeksi iklim hariannya tidak bisa. Berbeda halnya dengan metode QMB yang dapat melakukan proyeksi iklim untuk data harian. Selain itu, jika dilakukan perbandingan antara metode regresi dan metode QMB dalam hal proyeksi kuantil bulanan menggunakan kriteria nilai *standard error*, maka dapat disimpulkan bahwa nilai *standard error* metode QMB lebih kecil daripada metode regresi dalam proyeksi curah hujan kuantil 0,1 dan curah hujan kuantil 0,9, serta suhu maksimum kuantil 0,1. Sedangkan untuk proyeksi curah hujan dan suhu maksimum kuantil 0,5 serta proyeksi suhu maksimum kuantil 0,9, nilai *standard error* metode regresi lebih kecil daripada metode QMB.



## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1 Kesimpulan**

Berdasarkan analisis yang telah dilakukan pada Bab IV dapat disimpulkan bahwa proyeksi iklim (curah hujan dan suhu maksimum) di NTT menggunakan metode QMB memberikan hasil bahwa persentase data observasi yang masuk ke 95% *bootstrap prediction interval* sudah mencapai sekitar 75% ke atas. Proyeksi curah hujan maupun suhu maksimum untuk musim hujan (Oktober-Maret) memberikan persentase yang lebih tinggi daripada musim kemarau (April-September). Pengecualian untuk hasil proyeksi suhu maksimum di Stasiun Meteorologi Fransiskus Xaverius Seda yang memiliki hasil rendah, yakni hanya sebesar 13% data yang berhasil diproyeksikan dengan akurat.

Metode QMB sebagai metode bias koreksi iklim harian tidak dapat dibandingkan dengan metode regresi dalam hal proyeksi iklim harian. Hal tersebut dikarenakan metode regresi tidak mampu memproyeksikan iklim data harian, hanya bisa proyeksi iklim data bulanan. Namun, jika terdapat pembatasan perbandingan berupa perbandingan nilai *standard error* proyeksi kuantil metode QMB dan regresi, maka dapat disimpulkan bahwa metode QMB memiliki nilai *standar error* lebih kecil daripada metode regresi dalam proyeksi curah hujan kuantil 0,1 dan kuantil 0,9, serta proyeksi suhu maksimum kuantil 0,1 di NTT.

#### **5.2 Saran**

Saran untuk penelitian yang akan datang adalah peneliti dapat menggunakan kuantil yang lebih banyak lagi untuk menghasilkan proyeksi iklim yang lebih akurat. Selain itu, pada tahap proyeksi kuantil dapat digunakan kovariat variabel iklim lainnya serta model yang sesuai dengan pola hubungan antara variabel yang akan diproyeksi dengan kovariatnya.



## DAFTAR PUSTAKA

- Apip (2014), “Model Iklim dengan Resolusi Tinggi: Potensi Aplikasinya untuk Proyeksi Dampak Perubahan Iklim terhadap Cuaca Ekstrim dan Kondisi Perairan Darat di Indonesia”, *Warta Limnologi*, Vol. 52, No. 2, hal. 9-14.
- Apriyana, Y., Susanti, E., Suciantini, Ramadhani, F., dan Surmaini, E. (2016), “Analisis Dampak Perubahan Iklim Terhadap Produksi Tanaman Pangan pada Lahan Kering dan Rancang Bangun Sistem Informasinya”, *Informatika Pertanian*, Vol. 25, No. 1, hal. 69-80.
- Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (2012), *Prakiraan Hujan Bulanan*. [Online] diakses dari: [http://www.bmkg.go.id/BMKG\\_Pusat/Klimatologi/Prakiraan\\_Hujan\\_Bulanan.bmkg](http://www.bmkg.go.id/BMKG_Pusat/Klimatologi/Prakiraan_Hujan_Bulanan.bmkg) [pada 15 September 2018].
- Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (2015), *Buletin BMKG*, Stasiun Klimatologi Pondok Betung, Tangerang.
- Badan Perencanaan Pembangunan Daerah Provinsi Nusa Tenggara Timur (2016), *Kajian Perubahan Iklim di NTT*. [Online] diakses dari: <http://bappeda.nttprov.go.id/index.php/item/222-kajian-perubahan-iklim-di-ntt> [pada 10 September 2018].
- Bakar, K.S. dan Kokic, P. (2017), “Bayesian Gaussian Models for Point Referenced Spatial and Spatio-Temporal Data”, *Journal of Statistical Research*, Vol. 51, No. 1, hal. 17-40.
- Balai Penelitian Lingkungan Pertanian (2016), *Dampak Perubahan Iklim Global terhadap Bencana Kekeringan di Indonesia*. [Online] diakses dari: <http://balingt.litbang.pertanian.go.id/ind/index.php/berita/202-dampak-perubahan-iklim-global-terhadap-bencana-kekeringan-di-indonesia> [pada 12 September 2018]
- Changnon, S.A. (1987), “Droughts in Illinois: Their Physical and Social Dimensions”, *Ill. State Water Survey*, Vol. 1, No. 12, hal. 369.
- Christensen, J.H., Boberg, F., Christensen, O.B., dan Picher, L.P. (2008), “On The Need For Bias Correction of Regional Climate Change Projections of Temperature and Precipitation”, *Geophysical Research Letters*, Vol. 35, No. 20, hal. 1-6.
- Crimp, S., Jin, H., Kokic, P., Bakar, S., dan Nicholls, N. (2018), “Possible Future Changes in South East Australian Frost Frequency: an Inter-Comparison of Statistical Downscaling Approaches”, *Climate Dynamics*, Vol. 52, No. 1, hal. 1-16.
- Draper, N.R. dan Smith, H. (1998), *Applied Regression Analysis*, 3<sup>rd</sup> edition, John Wiley & Sons, Inc., New York.

- Dudek (2018), "Block Bootstrap for Periodic Characteristics of Periodically Correlated Time Series", *Journal of Nonparametric Statistics*, Vol. 31, No.1, hal. 87-124.
- Efron, B. (1982), *The Jackknife, The Bootstrap, and Other Resampling Plans*, 2<sup>nd</sup> edition, Society for Industrial and Applied Mathematical, Philadelphia.
- Efron, B. dan Tibshirani, R. (1993), *An Introduction to the Bootstrap*, 3<sup>rd</sup> edition, Chapman & Hall, London.
- Farida, L.S. (2010), *Analisis Regresi Linier Berganda dengan Heteroskedastisitas Melalui Pendekatan Weight Least Square*, Skripsi, Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah, Jakarta.
- Fogarty, D.J. (2006), *Multiple Imputation as a Missing Data Approach to Reject Inference on Consumer Credit Scoring*. [Online] diakses dari: <http://interstat.statjournals.net/YEAR/2006/articles/0609001> [pada 10 November 2018].
- Fowler H.J., Blenkinsop, S., dan Tebaldi, C. (2007), "Linking Climate Change Modelling to Impacts Studies: Recent Advances in Downscaling Techniques for Hydrological Modelling", *International Journal of Climatology*, Vol. 27, No.12, hal. 1547-1578.
- Frost, A.J., Charles, S.P., Timbal, B., Chiew, F.H., Mehrotra, R., Nguyen, K.C., Chandler, R.E., McGregor, J.L., Fu, G., Kirono, D.G., Fernandez, E., dan Kent, D.M. (2011), "a Comparison of Multi-site Daily Rainfall Downscaling Techniques under Australian Conditions", *Journal of Hydrology*, Vol. 408, No. 1-2, hal. 1-18.
- Gujarati, N.H. (2003), *Basic Econometrics*, 4<sup>th</sup> edition, McGraw-Hill Companies, Inc., New York.
- Handayani, S. (2003), *Draft Final TKPSDA*, Kementerian Pengelolaan Sumber Daya Air, Jakarta.
- Indonesia Food Security Monitoring Bulletin (2015), *Special Focus: The Impact of Drought related to El Nino*, LAPAN, Jakarta.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (2007), *Climate Change 2007; The Physical Science Basis*, IPCC, Geneva.
- Jin, H., Kokic, P., Hopwood, G., Ricketts, J.H., dan Crimp, S. (2015), "A New Quantile Projection Method for Producing Representative Future Daily Climate based on Mixed Effect State-Space Model and Observations", *21<sup>st</sup> International Congress on Modelling and Simulation*, Eds: Weber, T. et al., Australian National University, Gold Coast, hal. 1554-1550.
- Jolliffe (2002), *Principal Component Analysis*, 2<sup>nd</sup> edition, Springer-Verlag, New York.

- Kaho, M. (2018), *NTT Sangat Terpengaruh Dengan Pola Perubahan Iklim*. [Online] diakses dari: <http://kupang.tribunnews.com/2016/10/26/ntt-sangat-terpengaruh-dengan-pola-perubahan-iklim> [pada 10 September 2018].
- Khotimah, K. (2009), *Reduksi Dimensi Robust dengan Estimator MCD untuk Pra-Pemrosesan Data Pemodelan Statistical Downscaling*, Tugas Akhir, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
- Kim, J.W., Chang, J.T., Baker, N.L., Wilks, D.S., dan Gates, W.L. (1984), “The Statistical Problem of Climate Inversion: Determination of the Relationship between Local and Large-scale Climate”, *Monthly Weather Review*, Vol. 112, No.10, hal. 2069-2077.
- Kokic, P., Jin, H., dan Crimp, S. (2013), “Improved Point Scale Climate Projections Using a Block Bootstrap Simulation and Quantile Matching Method”, *Climate Dynamics*, Vol. 41, No. 3, hal. 853-866.
- Kolsiana, D. (2017), *Analisis Fungsi Ortogonal Empiris dan Uji F Maksimal untuk Mengetahui Unsur Iklim Penyebab Cuaca Ekstrem di Daerah Gamping pada Tahun 2009*, Skripsi, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Kunsch, H. (1989), “The Jackknife and The Bootstrap for General Stationary Observations”, *Annals of Statistics*, Vol. 17, No.3, hal. 1217–1241.
- Kusumo, I. dan Septiadi, D. (2016), “Tipe Iklim Oldeman 2011-2100 Berdasarkan Skenario RCP 4.5 dan RCP 8.5 di Wilayah Sumatera Selatan”, *Jurnal Meteorologi Klimatologi dan Geofisika*, Vol. 3, No. 3, hal. 26-36.
- Kuswanto, H., Fithriasari, K., dan Inas, R. (2018), “Drought Risk Mapping in East Nusa Tenggara Indonesia Based on Return Periods”, *Asian Journal of Scientific Research*, Vol. 11, No. 4, hal. 489-497.
- Las, I., Estiningtyas, W., dan Surmaini, E. (2017), “Sepuluh Acuan sebagai Entri Point dalam Penerapan Sistem Pertanian Cerdas Iklim Versi Baru”, *Jurnal Tanah dan Iklim BBSDLP*, Vol. 42, No.1, hal. 59-68.
- Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional (2002), *Laporan Perubahan Iklim*, Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional, Bandung.
- Li, H., Sheffield, J., dan Wood, E. (2010), “Bias Correction of Monthly Precipitation and Temperature Fields from Intergovernmental Panel on Climate Change AR4 Models Using Equidistant Quantile Matching”, *Journal of Geophysical Research*, Vol. 115, No. 10, hal 1-20.
- Meehl, G.A., Zwiers, F., Evans, J., Knutson, T., Mearns, L., dan Whetton, P. (2000), “Trends in Extreme Weather and Climate Events: Issues Related to Modeling Extremes in Projections of Future Climate Change”, *Bull. American Meteorological Society*, Vol. 81, No. 3, hal. 413-416.
- Mehrotra dan Sharma. (2016), “A Multivariate Quantile-Matching Bias Correction Approach with Auto- and Cross-Dependence across Multiple

Time Scales: Implications for Downscaling”, *Journal of Climate*, Vol. 29, No. 10, hal 3519-3539.

Moss, R., Edmonds, J., Hibbard, K., Manning, M., Rose, S., Vuuren, D., Carter, T., Emori, S., Kainuma, M., Kram, T., Meel, G., Mitchell, J., Nakicevonic, N., Raihi, K., Smith, S., Stouffer, R., Thomson, A., Weyant, J., dan Wilbanks, T. (2010), “The Next Generation of Scenarios for Climate Change Research and Assessment”, *Nature*, Vol. 463, No. 7282, hal. 747-756.

National Oceanic and Atmospheric Administration (2009), *Weather*. [Online] diakses dari: <https://w1.weather.gov/glossary/index.php?word=sea+level+pressure> [pada 20 September 2018].

Naylor, R.L., Battisti, D.S., Vimont, D.J., Falcon, W.P., dan Burke, M.B. (2007), “Assessing Risks of Climate Variability and Climate Change for Indonesian Rice Agriculture”, *PNAS*, Vol. 104, No. 19, hal. 7752-7757.

Palmer, W.C. (1965), *Meteorological Drought*, 1<sup>st</sup> edition, US Weather Bureau, Washington D.C.

Pratopo dan Fadlullah, A. K. (2012), *Proyeksi Iklim sebagai Adaptasi Perubahan Iklim*, Skripsi, Institut Teknologi Bandung, Bandung.

Purwantara, S. (2011), “Studi Temperatur Udara Terkini di Wilayah di Jawa Tengah dan DIY”, *Informasi*, Vol. 2, No.1, hal. 166-179.

Putra (2017), *Deforestasi dan Perubahan Iklim di NTT*. [Online] diakses dari: <http://kupang.tribunnews.com/2017/08/25/deforestasi-dan-perubahan-iklim-i-ntt?page=3> [pada 10 September 2018].

Radini (2015), *Proyeksi Perubahan Pola Curah Hujan di Indonesia Menggunakan Skenario Perubahan Iklim Jangka Pendek*, Skripsi, Institut Pertanian Bogor, Bogor.

Radovanov, B. dan Marcikic, A. (2014), “A Comparison of Four Different Block Bootstrap Methods”, *Croatian Operational Research Review*, Vol. 5, No.2, hal. 189-202.

Sampe, E.A. dan Sutowo, R. (2017), *Karakteristik Rata-rata Suhu Maksimum dan Suhu Minimum Stasiun Meteorologi Nabire Tahun 2006-2015*, BMKG, Nabire.

Sandy, L.M. (1987), *Klimatologi Regional Indonesia*, Lecture handout: Geografi, Universitas Indonesia, Depok.

Schneider, S. (2002), “Can we Estimate the Likelihood of Climatic Changes at 2100?”, *Climatic Change*, Vol. 52, No.4, hal. 441-451.



- Srivastav, R.K., Schardong, A., dan Simonovic, S.P. (2014), "Equidistance Quantile Matching Method for Updating IDF Curves under Climate Change", *Water Resour Manage*, Vol. 28, No.9, hal. 2539-2562.
- Stasiun Klimatologi Darmaga Bogor (2013), *Buletin Analisis Hujan Bulan Januari 2013 dan Prakiraan Hujan Bulan Maret, April dan Mei 2013*, Stasiun Klimatologi Darmaga Bogor, Bogor.
- Stasiun Meteorologi Ahmad Yani Semarang (2009), *Kelembaban Udara*. [Online] diakses dari <http://www.cuacajateng.com/kelembabanudara.htm> [pada 12 September 2018].
- State Climate Office of North Carolina (2010), *Climate Change*. [Online] diakses dari [http://www.ncclimate.ncsu.edu/images/climate/enso/geo\\_heights.php](http://www.ncclimate.ncsu.edu/images/climate/enso/geo_heights.php) [pada 18 Oktober 2018].
- Sutikno (2008), *Statistical Downscaling Luaran GCM dan Pemanfaatannya untuk Peramalan Produksi Padi*, Disertasi, Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Vladu, I.F. (2006), *Adaptation as Part of the Development Process*, UNFCCC, Bonn.
- Wigena, A.H. (2006), *Pemodelan Statistical Downscaling dengan Regresi Projection Persuit untuk Peramalan Curah Hujan*, Disertasi, Institut Pertanian Bogor, Bogor.



## LAMPIRAN

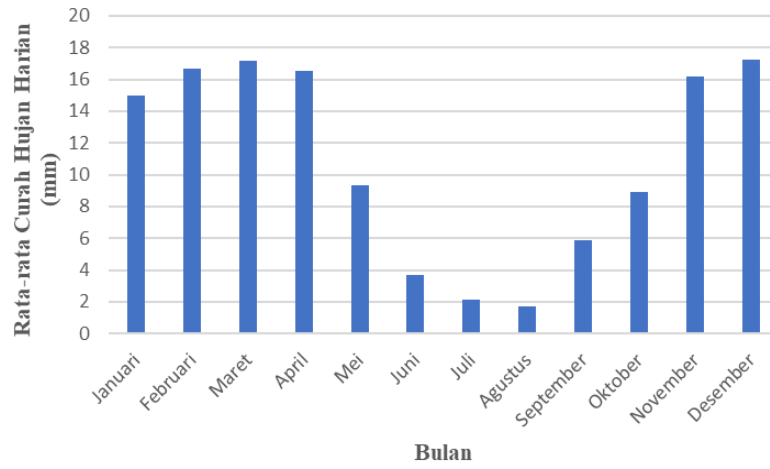
Lampiran 1. Data Curah Hujan (mm) Sembilan Stasiun Pengamatan di NTT  
Tahun 2006-2018

Tanggal	Komodo	Frans	Fransiskus	Gewayantana	Mali	Umbu	Eltari	Lasiana	Tardamu
01/01/2006	0,1	2,0	0,0	26,4	1,3	0,0	13,1	37,0	72,1
02/01/2006	0,0	0,0	0,9	1,7	27,7	0,8	46,3	8,0	24,0
03/01/2006	3,3	1,3	81,3	3,0	0,4	0,3	9,3	11,0	53,8
04/01/2006	0,0	12,5	0,0	2,7	0,0	4,0	9,4	5,0	3,17
05/01/2006	0,0	0,0	0,2	1,4	1,7	0,5	6,3	3,0	4,3
06/01/2006	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	32,1	0,0	69,0	13,1
07/01/2006	0,0	0,0	0,0	0,0	1,5	6,0	54,6	9,0	1,3
08/01/2006	0,0	1,0	4,5	4,1	0,0	0,0	7,6	0,0	0,0
09/01/2006	0,2	10,2	0,7	5,0	0,0	0,0	0,0	33,0	0,0
10/01/2006	0,5	30,0	5,8	0,0	0,0	8,3	15,5	34,0	8,9
11/01/2006	1,1	1,8	0,0	3,6	0,0	0,0	17,4	2,0	1,4
12/01/2006	0,3	4,0	0,0	0,8	0,0	0,8	4,9	0,0	65,5
13/01/2006	0,0	0,0	3,7	11,6	11,5	0,0	1,4	45,0	92,4
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
24/12/2018	0,0	1,0	7,1	1,4	4,5	0,0	2,9	2,5	5,2
25/12/2018	0,4	33,5	4,2	0,0	4,5	0,2	4,2	7,5	0,1
26/12/2018	0,0	21,9	4,9	0,0	12,9	0,0	14,6	5,8	0,0
27/12/2018	0,0	3,0	23,1	10,4	4,5	3,8	11,4	34,5	0,0
28/12/2018	20,0	3,8	31,0	28,4	1,5	25,4	43,4	21,2	42,8
29/12/2018	11,9	13,6	0,3	0,0	7,7	0,5	6,1	0,2	5,9
30/12/2018	0,0	11,0	12,0	0,0	5,9	0,0	5,6	5,2	4,7
31/12/2018	4,6	8,6	23,6	17,7	39,7	0,0	2,6	8,5	2,8

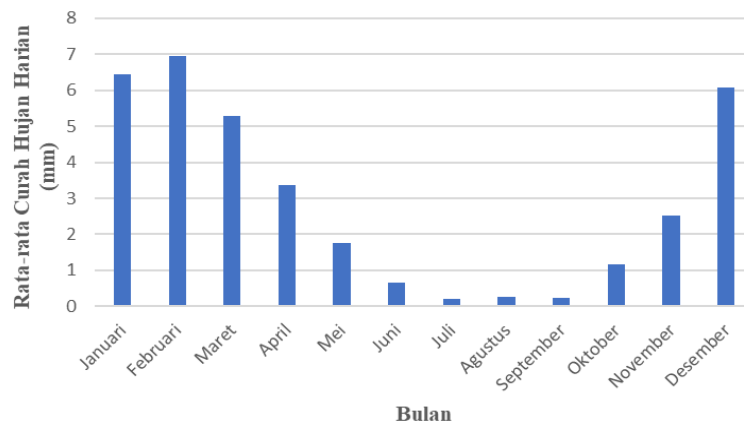
Lampiran 2. Data Suhu Maksimum (Celcius) Sembilan Stasiun Pengamatan di NTT Tahun 2006-2018

Tanggal	Komodo	Frans	Fransiskus	Gewayantana	Mali	Umbu	Eltari	Lasiana	Tardamu
01/01/2006	28,0	20,6	26,9	29,4	29,4	32,0	29,5	29,2	31,6
02/01/2006	30,0	22,4	26,8	29,1	31,0	30,8	29,8	29,4	33,2
03/01/2006	30,0	23,0	25,6	29,4	29,0	30,8	27,9	26,3	32,2
04/01/2006	30,4	22,8	26,8	31,4	31,0	31,3	29,4	29,2	32,0
05/01/2006	29,4	24,4	26,9	31,3	31,0	32,0	30,5	30,1	31,6
06/01/2006	30,8	24,8	27,7	31,2	30,8	30,8	29,5	28,3	32,5
07/01/2006	30,0	24,6	27,6	32,1	30,6	29,8	28,3	28,5	33,4
08/01/2006	31,2	25,4	26,7	32,1	31,8	31,0	31,6	31,6	32,6
09/01/2006	30,6	24,2	27,5	32,1	31,2	31,5	30,9	31,6	32,8
10/01/2006	31,0	24,6	27,8	31,7	31,2	31,0	30,6	31,0	32,4
11/01/2006	31,4	24,4	28,1	32,3	31,2	31,8	31,2	31,2	32,7
12/01/2006	31,6	24,6	28,3	32,4	32,0	31,5	29,0	28,6	32,6
13/01/2006	31,2	25,0	27,8	31,0	31,8	32,0	30,4	29,7	32,6
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
24/12/2018	33,0	26,0	32,8	31,8	32,2	33,0	31,6	32,0	31,7
25/12/2018	32,2	25,2	31,8	34,4	32,4	34,4	31,6	32,2	32,8
26/12/2018	33,2	26,4	33,0	33,6	30,1	33,8	31,3	31,8	32,2
27/12/2018	30,2	24,6	27,4	29,0	30,0	32,6	27,6	27,2	32,2
28/12/2018	30,2	24,2	28,2	30,0	29,8	31,8	26,7	26,2	27,4
29/12/2018	30,2	24,0	29,6	30,6	30,9	32,0	29,8	29,4	31,3
30/12/2018	30,0	24,6	30,0	30,2	30,9	32,6	29,0	29,0	31,8
31/12/2018	30,4	22,9	29,2	30,8	31,2	33,0	31,2	31,6	32,0

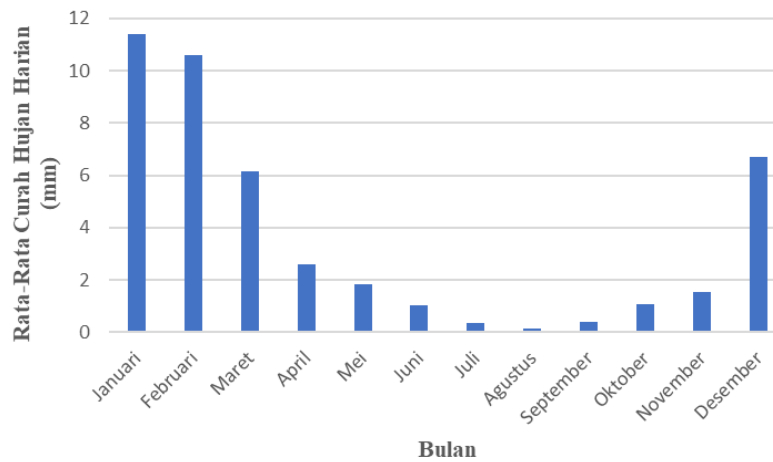
Lampiran 3. Pola Curah Hujan Harian di Stasiun Pengamatan Tahun 2006-2018



(a) Stasiun Meteorologi Frans Sales Lega

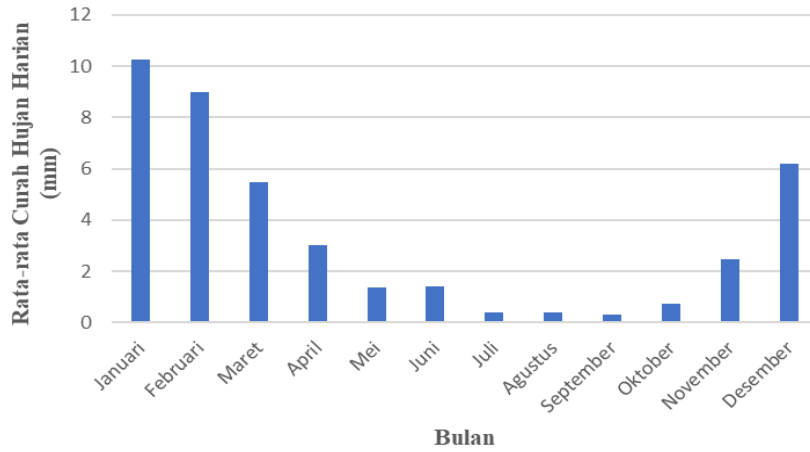


(b) Stasiun Meteorologi Fransiskus Xaverius Senda

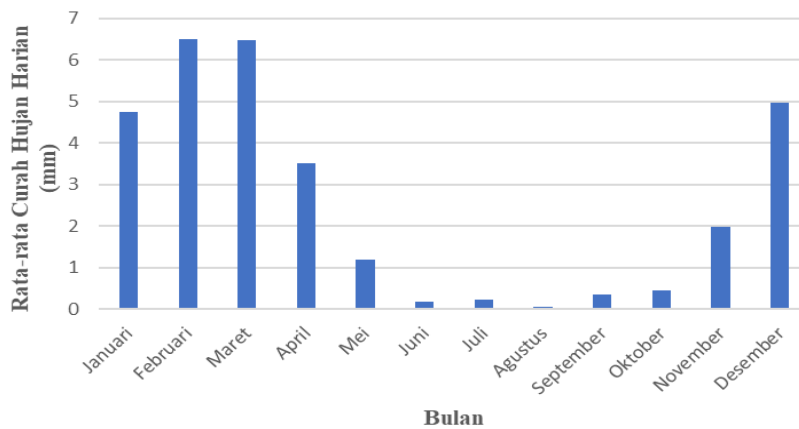


(c) Stasiun Meteorologi Gewayantana

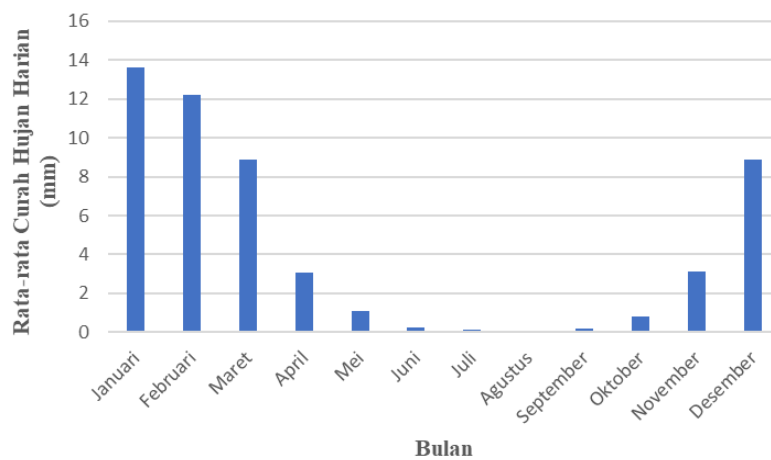
Lampiran 3. Pola Curah Hujan Harian di Stasiun Pengamatan Tahun 2006-2018 (lanjutan)



(d) Stasiun Meteorologi Mali

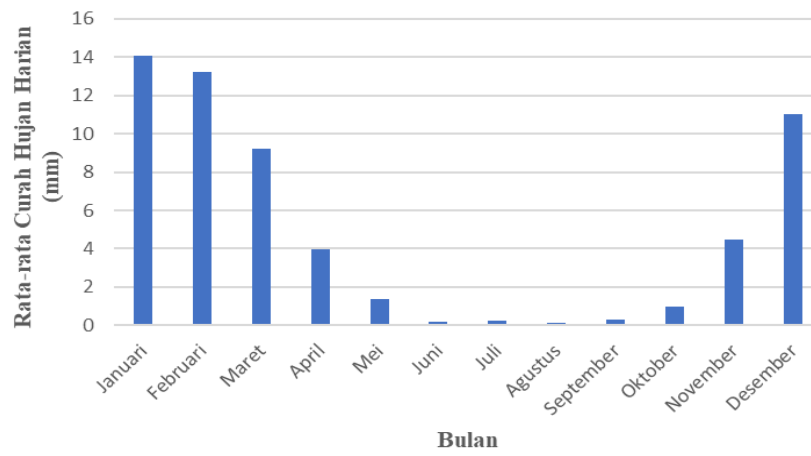


(e) Stasiun Meteorologi Umbu Mehang Kunda

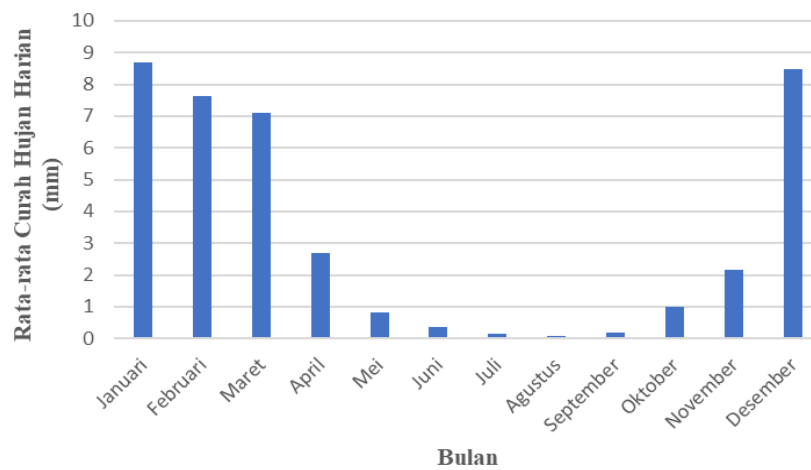


(f) Stasiun Klimatologi Lasiana

Lampiran 3. Pola Curah Hujan Harian di Stasiun Pengamatan Tahun 2006-2018 (lanjutan)

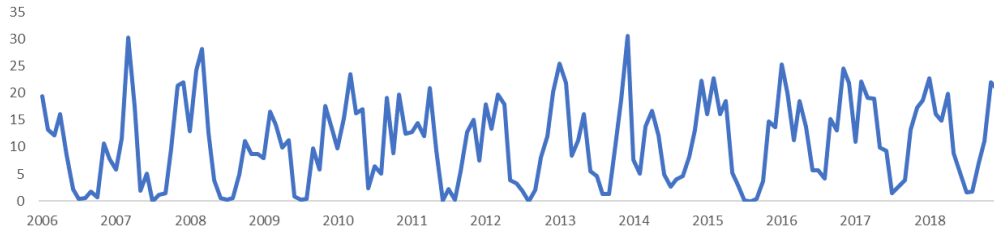


(g) Stasiun Meteorologi Eltari

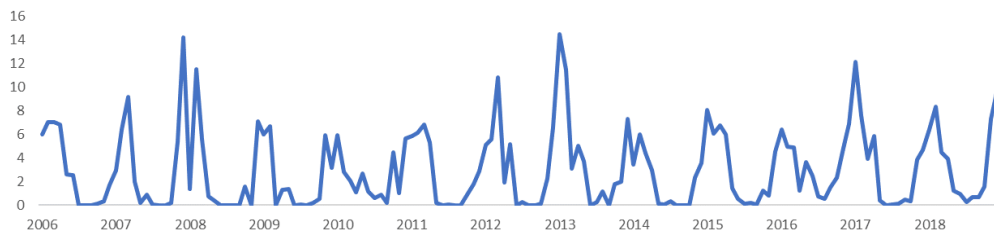


(h) Stasiun Meteorologi Tardamu

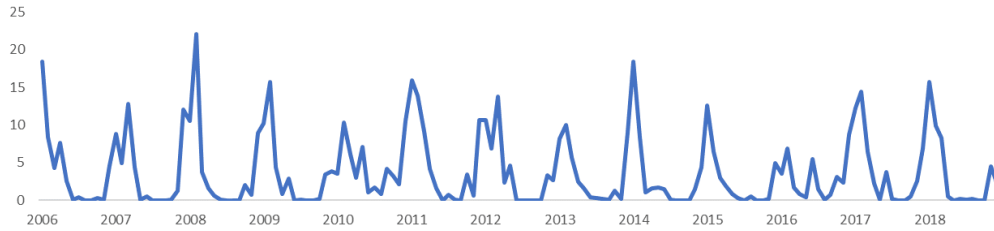
Lampiran 4. *Time Series Plot* Bulanan Curah Hujan



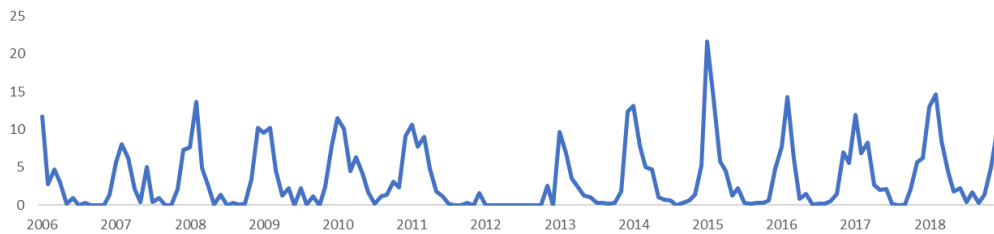
(a) Stasiun Meteorologi Frans Sales Lega



(b) Stasiun Meteorologi Fransiskus Xaverius Senda



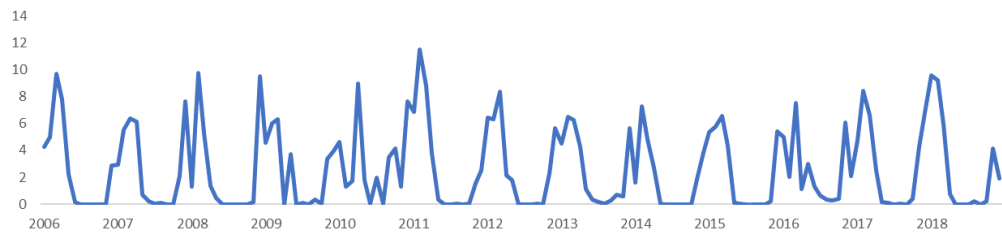
(c) Stasiun Meteorologi Gewayantana



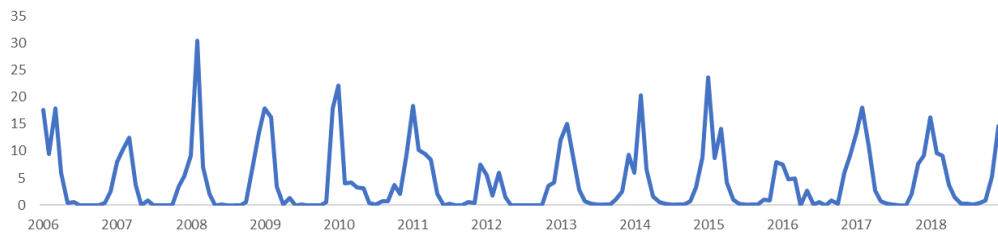
(d) Stasiun Meteorologi Mali



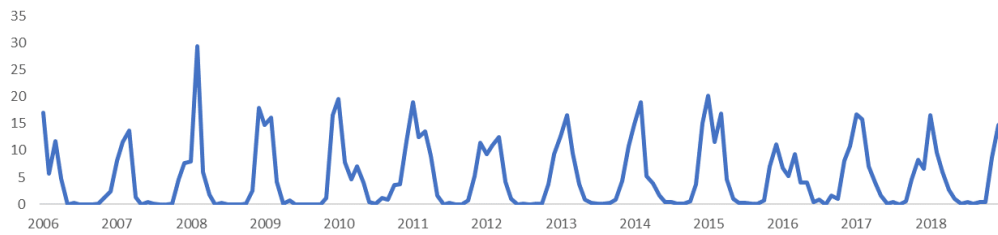
Lampiran 4. *Time Series Plot* Bulanan Curah Hujan (lanjutan)



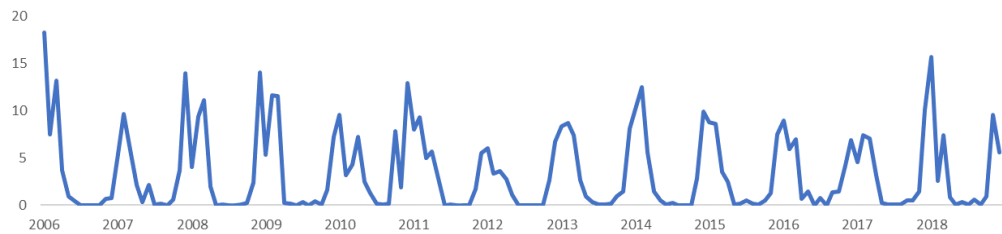
(e) Stasiun Meteorologi Umu Mehang Kunda



(f) Stasiun Klimatologi Lasiana

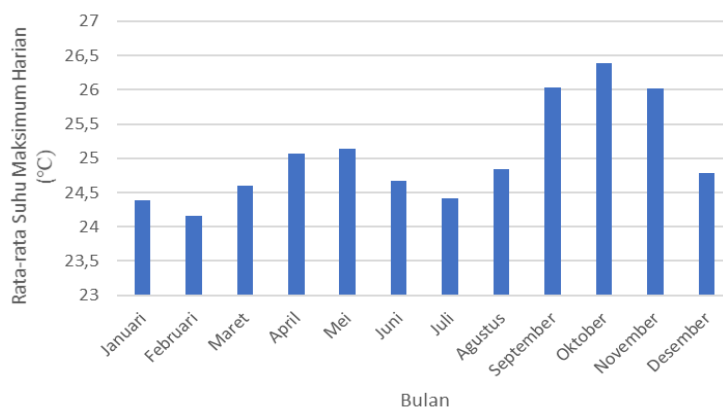


(g) Stasiun Meteorologi Eltari

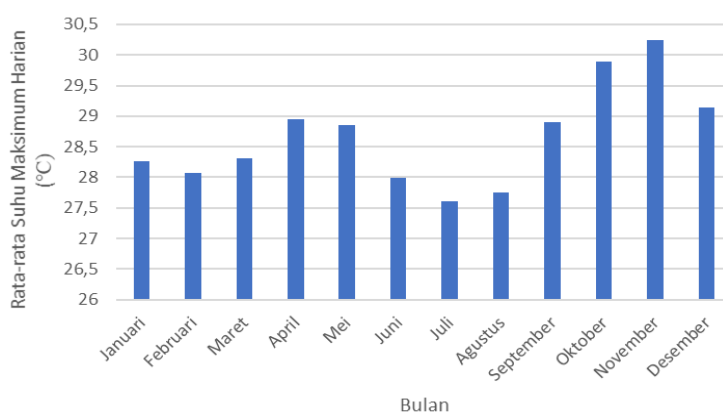


(h) Stasiun Meteorologi Tardamu

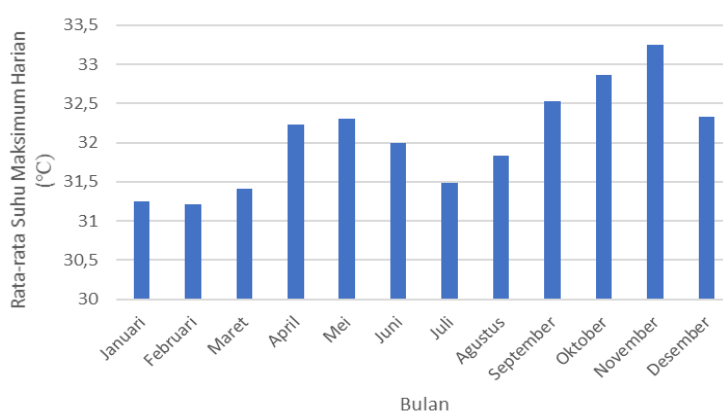
Lampiran 5. Pola Suhu Maksimum Harian di Stasiun Pengamatan Tahun 2006-2018



(a) Stasiun Meteorologi Frans Sales Lega

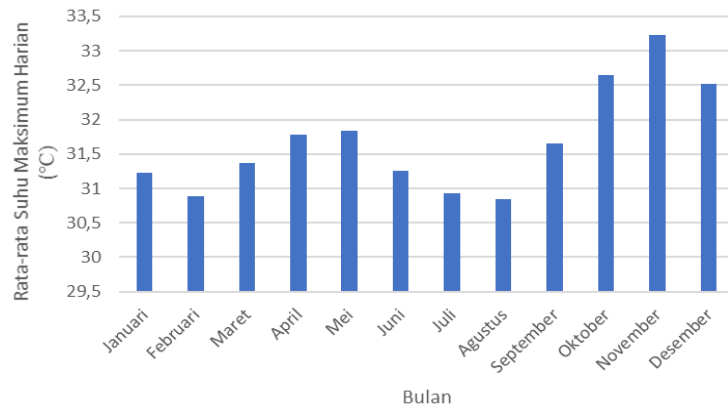


(b) Stasiun Meteorologi Fransiskus Xaverius Senda

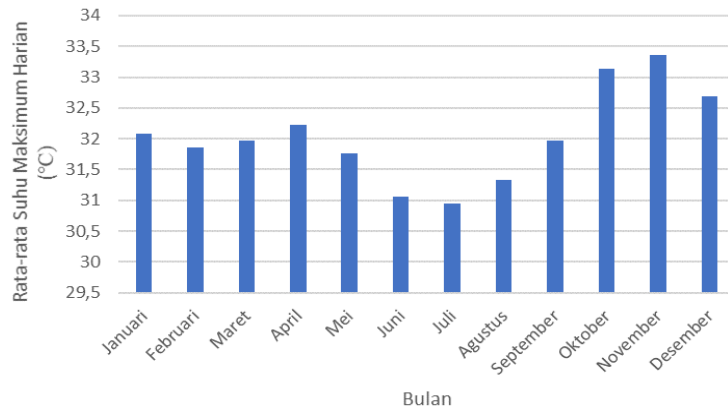


(c) Stasiun Meteorologi Gewayantana

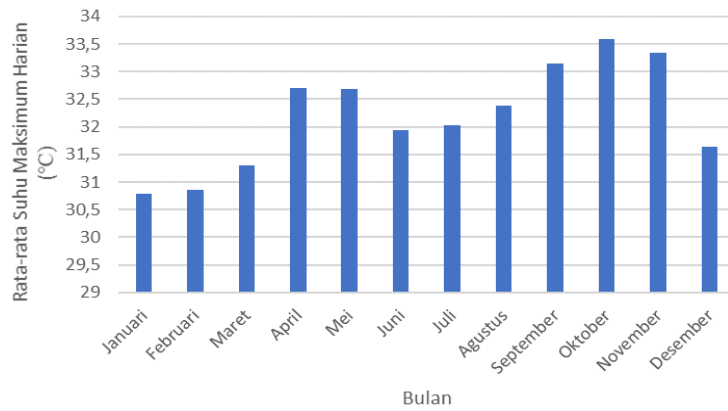
Lampiran 5. Pola Suhu Maksimum Harian di Stasiun Pengamatan Tahun 2006-2018 (lanjutan)



(d) Stasiun Meteorologi Mali

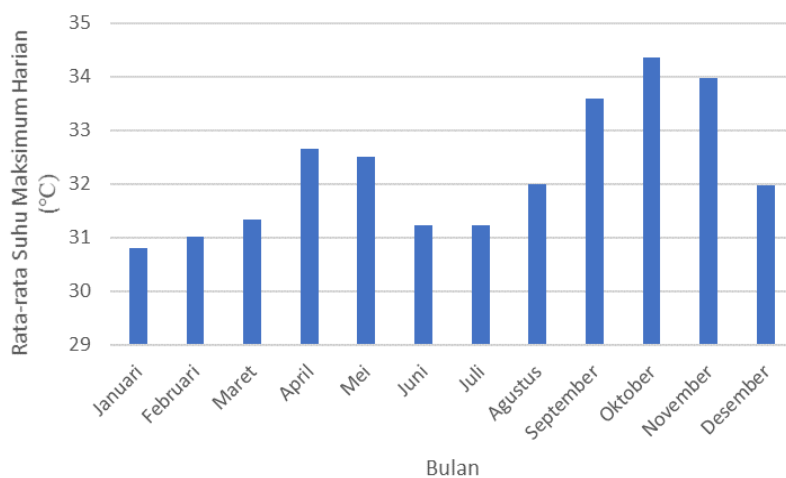


(e) Stasiun Meteorologi Umbu Mehang Kunda

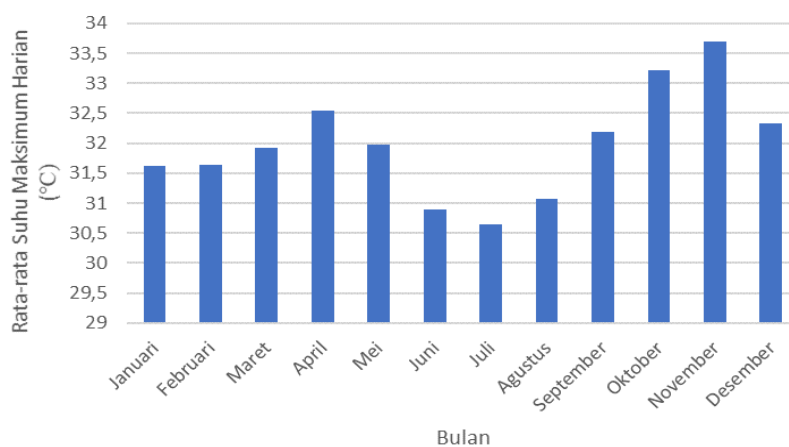


(f) Stasiun Klimatologi Lasiana

Lampiran 5. Pola Suhu Maksimum Harian di Stasiun Pengamatan Tahun 2006-2018 (lanjutan)

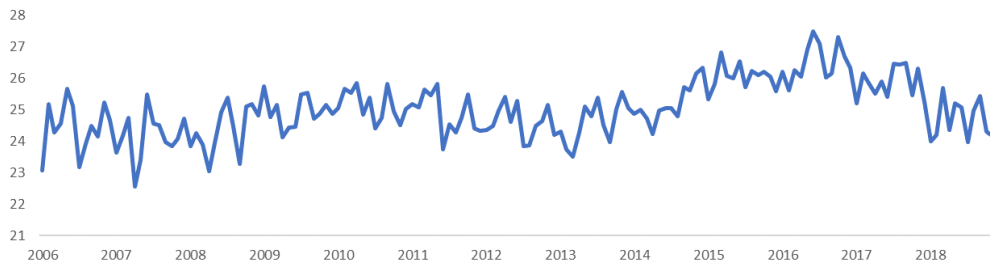


(g) Stasiun Meteorologi Eltari

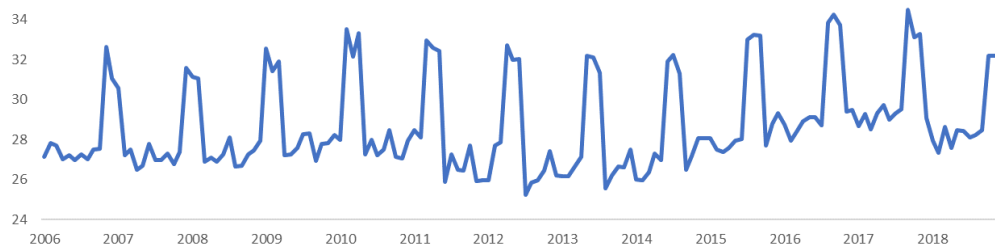


(h) Stasiun Meteorologi Tardamu

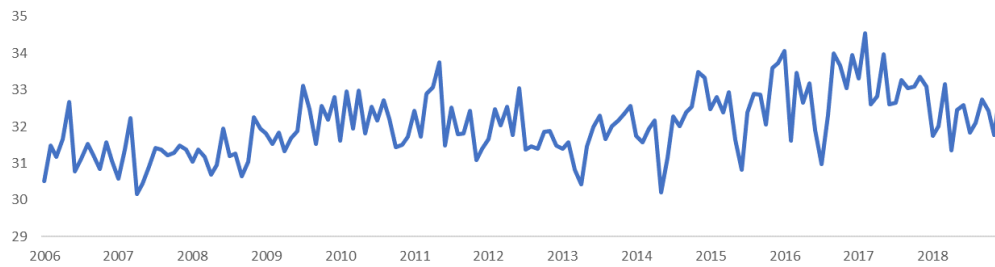
Lampiran 6. *Time Series Plot* Bulanan Suhu Maksimum



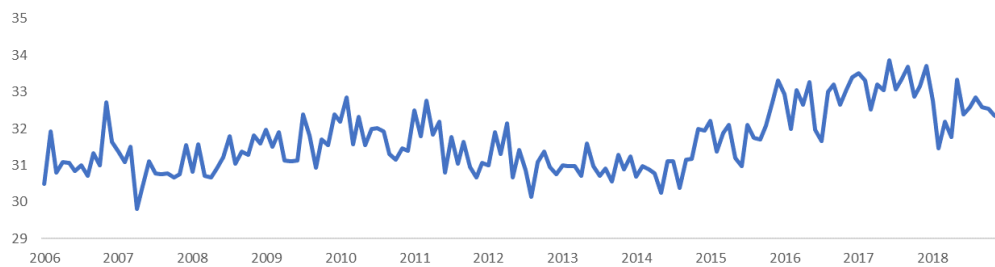
(a) Stasiun Meteorologi Frans Sales Lega



(b) Stasiun Meteorologi Fransiskus Xaverius Senda

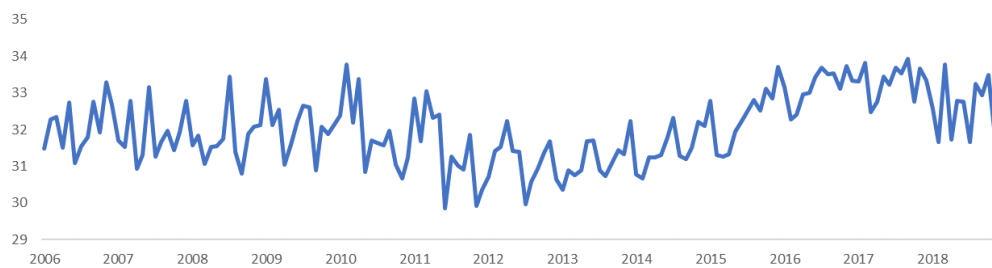


(c) Stasiun Meteorologi Gewayantana



(d) Stasiun Meteorologi Mali

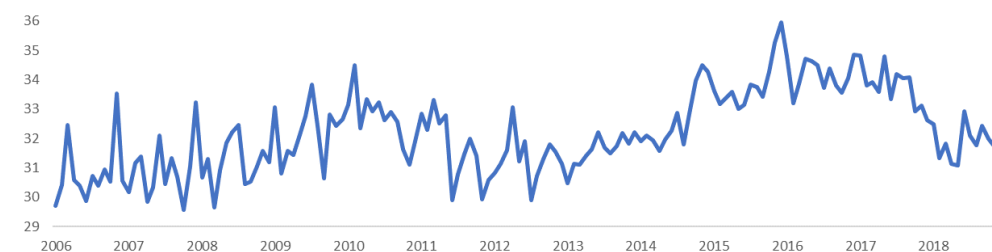
Lampiran 6. *Time Series Plot* Bulanan Suhu Maksimum (lanjutan)



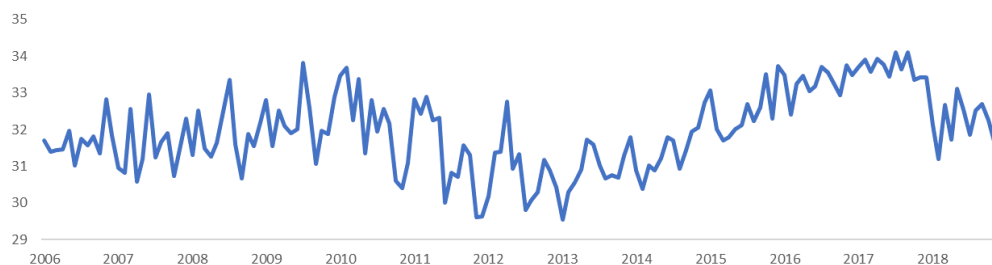
(e) Stasiun Meteorologi Umu Mehang Kunda



(f) Stasiun Klimatologi Lasiana



(g) Stasiun Meteorologi Eltari



(h) Stasiun Meteorologi Tardamu

Lampiran 7. Agregat Data Curah Hujan dan Suhu Maksimum

(b) Stasiun Meteorologi Frans Sales Lega

Tahun	Bulan	Curah Hujan (q <sub>0,1</sub> )	Curah Hujan (q <sub>0,5</sub> )	Curah Hujan (q <sub>0,9</sub> )	Suhu Maks. (q <sub>0,1</sub> )	Suhu Maks. (q <sub>0,5</sub> )	Suhu Maks. (q <sub>0,9</sub> )
2006	1	1,09	11,35	46,81	21,40	23,00	24,60
2006	2	3,20	16,70	38,20	22,18	24,70	25,46
2006	3	1,70	6,60	83,96	20,80	24,20	25,60
2006	4	1,83	14,55	36,20	22,76	24,50	25,21
2006	5	0,46	12,00	33,66	24,53	24,87	25,07
...	...	...	...	...	...	...	...
2016	8	1,60	6,50	20,40	24,20	25,00	25,80
2016	9	4,72	10,80	49,74	25,00	25,70	26,42
2016	10	2,57	14,00	38,99	24,80	26,00	27,00
2016	11	3,13	12,40	42,68	25,40	26,40	27,44
2016	12	2,89	16,40	46,60	21,20	24,60	26,00

(c) Stasiun Meteorologi Fransiskus Xaverius Senda

Tahun	Bulan	Curah Hujan (q <sub>0,1</sub> )	Curah Hujan (q <sub>0,5</sub> )	Curah Hujan (q <sub>0,9</sub> )	Suhu Maks. (q <sub>0,1</sub> )	Suhu Maks. (q <sub>0,5</sub> )	Suhu Maks. (q <sub>0,9</sub> )
2006	1	0,93	4,00	9,49	26,40	27,00	28,00
2006	2	1,76	8,55	22,40	26,07	27,20	28,30
2006	3	0,64	7,30	32,90	26,00	26,90	27,80
2006	4	2,25	4,95	35,50	25,87	27,35	28,00
2006	5	4,06	9,70	30,86	26,80	27,30	27,80
...	...	...	...	...	...	...	...
2016	8	1,78	6,50	8,42	31,30	32,00	32,80
2016	9	0,95	2,55	19,30	32,00	33,05	33,62
2016	10	0,96	6,40	11,01	32,40	33,80	35,00
2016	11	1,75	3,95	12,10	33,78	34,40	35,24
2016	12	0,74	5,00	22,50	30,40	31,90	34,40

Lampiran 7. Agregat Data Curah Hujan dan Suhu Maksimum (lanjutan)

(d) Stasiun Meteorologi Gewayantana

Tahun	Bulan	Curah Hujan (q <sub>0,1</sub> )	Curah Hujan (q <sub>0,5</sub> )	Curah Hujan (q <sub>0,9</sub> )	Suhu Maks. (q <sub>0,1</sub> )	Suhu Maks. (q <sub>0,5</sub> )	Suhu Maks. (q <sub>0,9</sub> )
2006	1	1,28	11,60	51,44	28,80	30,60	32,10
2006	2	2,51	15,20	44,34	29,65	31,00	33,40
2006	3	1,46	5,40	12,72	28,80	31,60	32,60
2006	4	1,30	3,70	52,00	29,75	31,70	33,01
2006	5	2,45	5,20	32,10	30,60	31,60	32,80
...	...	...	...	...	...	...	...
2016	8	0,98	1,30	1,62	30,20	31,20	32,20
2016	9	1,01	3,35	11,15	31,20	32,40	34,00
2016	10	0,40	2,80	24,40	31,20	32,20	33,80
2016	11	0,82	2,10	3,38	31,98	33,30	35,42
2016	12	2,26	13,10	28,86	30,60	32,60	33,80

(e) Stasiun Meteorologi Mali

Tahun	Bulan	Curah Hujan (q <sub>0,1</sub> )	Curah Hujan (q <sub>0,5</sub> )	Curah Hujan (q <sub>0,9</sub> )	Suhu Maks. (q <sub>0,1</sub> )	Suhu Maks. (q <sub>0,5</sub> )	Suhu Maks. (q <sub>0,9</sub> )
2006	1	1,22	11,55	36,31	29,20	30,80	31,80
2006	2	1,58	6,00	20,06	30,20	31,00	31,86
2006	3	1,84	3,20	37,06	28,80	31,00	31,80
2006	4	2,02	5,80	24,16	29,97	31,30	32,00
2006	5	1,12	1,55	2,33	31,00	31,60	32,00
...	...	...	...	...	...	...	...
2016	8	5,90	5,90	5,90	30,70	31,20	31,60
2016	9	1,56	6,60	6,92	31,38	32,20	32,80
2016	10	1,06	2,00	16,08	32,40	33,00	33,60
2016	11	0,55	3,00	4,90	33,09	33,70	34,20
2016	12	4,95	6,19	8,57	31,87	32,53	33,60



Lampiran 7. Agregat Data Curah Hujan dan Suhu Maksimum (lanjutan)

(f) Stasiun Meteorologi Umu Mehang Kunda

Tahun	Bulan	Curah Hujan (q <sub>0,1</sub> )	Curah Hujan (q <sub>0,5</sub> )	Curah Hujan (q <sub>0,9</sub> )	Suhu Maks. (q <sub>0,1</sub> )	Suhu Maks. (q <sub>0,5</sub> )	Suhu Maks. (q <sub>0,9</sub> )
2006	1	0,30	4,30	10,96	30,30	31,50	32,40
2006	2	1,34	5,80	24,84	30,60	31,55	32,60
2006	3	1,98	9,80	27,32	29,00	31,30	32,80
2006	4	2,34	10,50	37,22	30,20	31,15	31,62
2006	5	0,30	2,90	23,71	30,00	30,90	31,60
...	...	...	...	...	...	...	...
2016	8	10,50	10,50	10,50	31,00	31,90	32,50
2016	9	0,82	1,30	5,86	31,39	32,55	33,40
2016	10	2,32	4,80	5,36	32,80	33,60	34,20
2016	11	0,60	1,40	4,20	33,30	34,00	34,42
2016	12	0,46	1,30	4,72	32,40	33,60	34,40

(g) Stasiun Klimatologi Lasiana

Tahun	Bulan	Curah Hujan (q <sub>0,1</sub> )	Curah Hujan (q <sub>0,5</sub> )	Curah Hujan (q <sub>0,9</sub> )	Suhu Maks. (q <sub>0,1</sub> )	Suhu Maks. (q <sub>0,5</sub> )	Suhu Maks. (q <sub>0,9</sub> )
2006	1	3,20	14,30	48,25	28,40	30,20	31,30
2006	2	0,60	4,80	34,82	29,34	30,50	32,20
2006	3	0,96	11,15	54,01	29,00	30,30	30,60
2006	4	1,07	5,15	51,43	29,38	31,25	32,85
2006	5	1,00	1,00	7,40	31,40	32,00	33,00
...	...	...	...	...	...	...	...
2016	8	NA	NA	NA	30,50	33,00	34,60
2016	9	1,70	5,30	8,90	31,38	32,45	34,80
2016	10	0,24	1,00	3,72	32,60	34,00	36,50
2016	11	0,64	1,10	9,66	33,00	33,60	35,62
2016	12	1,16	9,80	29,38	31,00	32,10	33,40

Lampiran 7. Agregat Data Curah Hujan dan Suhu Maksimum (lanjutan)

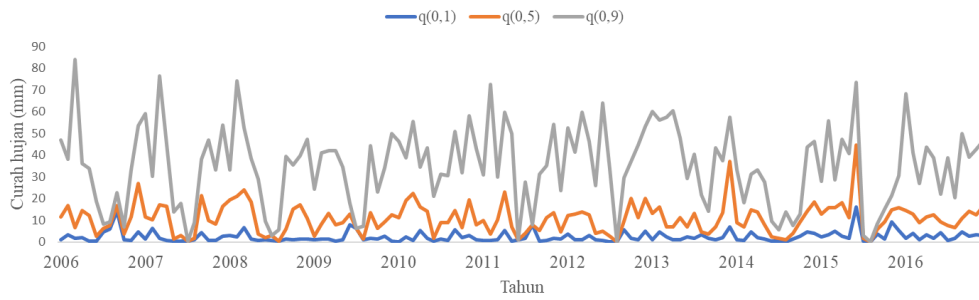
(h) Stasiun Meteorologi Eltari

Tahun	Bulan	Curah Hujan (q <sub>0,1</sub> )	Curah Hujan (q <sub>0,5</sub> )	Curah Hujan (q <sub>0,9</sub> )	Suhu Maks. (q <sub>0,1</sub> )	Suhu Maks. (q <sub>0,5</sub> )	Suhu Maks. (q <sub>0,9</sub> )
2006	1	4,00	10,50	43,50	28,50	29,70	31,50
2006	2	2,00	6,10	16,90	29,14	31,00	33,21
2006	3	2,00	7,00	52,90	28,30	30,00	30,90
2006	4	3,89	13,00	31,24	29,59	31,60	32,82
2006	5	NA	NA	NA	32,05	33,10	33,55
...	...	...	...	...	...	...	...
2016	8	NA	NA	NA	30,60	32,50	34,20
2016	9	0,10	1,20	14,00	32,80	33,80	35,00
2016	10	0,09	0,95	2,20	33,00	34,40	35,74
2016	11	0,61	2,90	11,73	33,00	34,00	35,53
2016	12	1,14	7,30	24,34	30,00	32,00	34,40

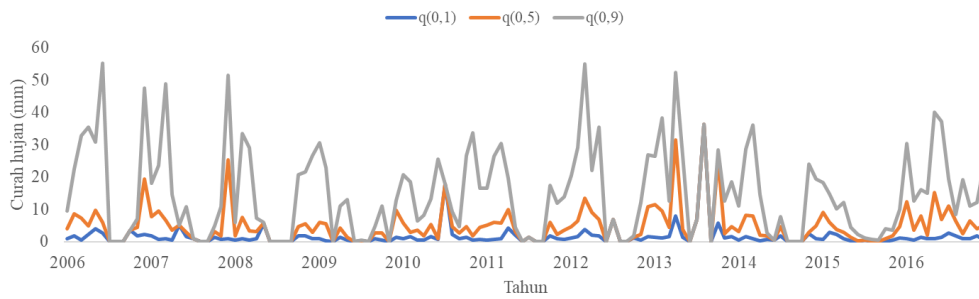
(i) Stasiun Meteorologi Tardamu

Tahun	Bulan	Curah Hujan (q <sub>0,1</sub> )	Curah Hujan (q <sub>0,5</sub> )	Curah Hujan (q <sub>0,9</sub> )	Suhu Maks. (q <sub>0,1</sub> )	Suhu Maks. (q <sub>0,5</sub> )	Suhu Maks. (q <sub>0,9</sub> )
2006	1	1,35	14,80	61,10	30,80	31,80	32,70
2006	2	0,36	8,20	35,08	29,90	31,00	31,39
2006	3	1,71	6,85	65,92	30,40	31,70	32,80
2006	4	1,20	6,60	21,38	31,18	32,15	32,80
2006	5	0,76	2,10	8,32	30,40	31,60	32,00
...	...	...	...	...	...	...	...
2016	8	NA	NA	NA	30,80	31,80	33,00
2016	9	41,00	41,00	41,00	31,80	32,70	33,60
2016	10	2,38	7,00	18,68	32,20	33,80	34,60
2016	11	0,32	2,00	12,98	32,87	34,00	35,23
2016	12	0,40	9,30	26,30	31,40	32,20	33,60

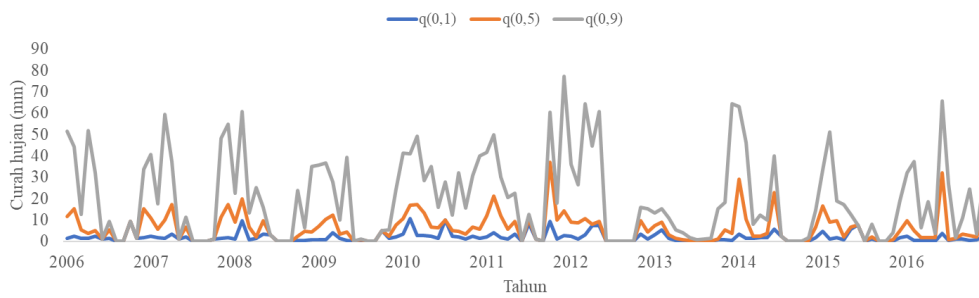
Lampiran 8. *Time Series Plot* Data Kuantil Curah Hujan Bulanan



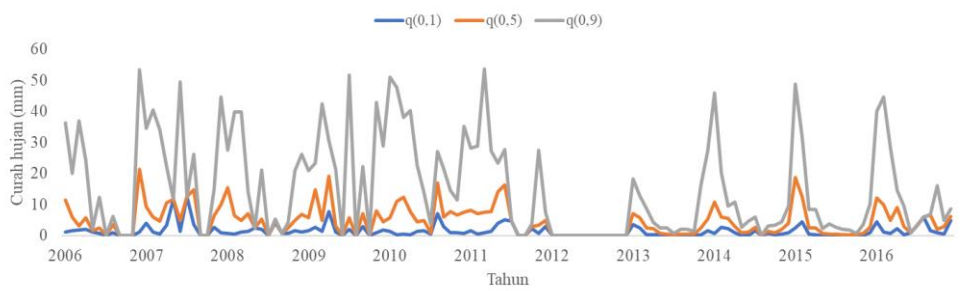
(a) Stasiun Meteorologi Frans



(b) Stasiun Meteorologi Fransiskus

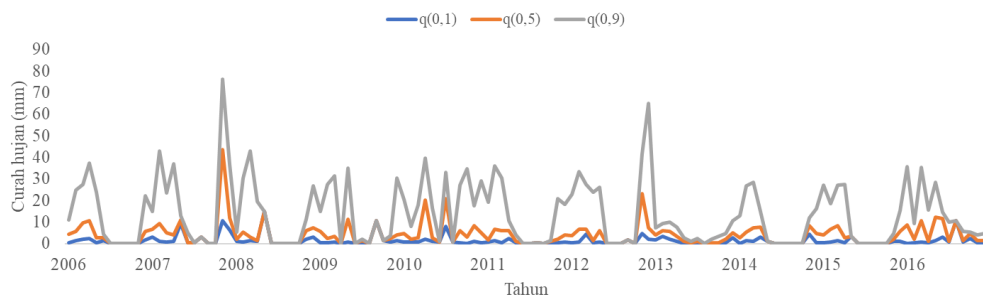


(c) Stasiun Meteorologi Gewayantana

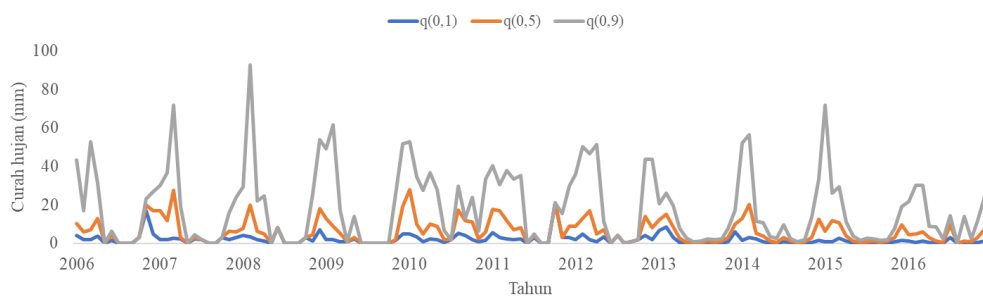


(d) Stasiun Meteorologi Mali

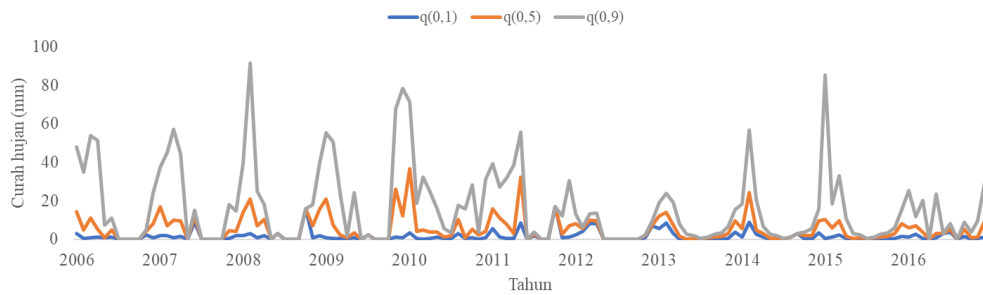
Lampiran 8. *Time Series Plot* Data Kuantil Curah Hujan Bulanan (lanjutan)



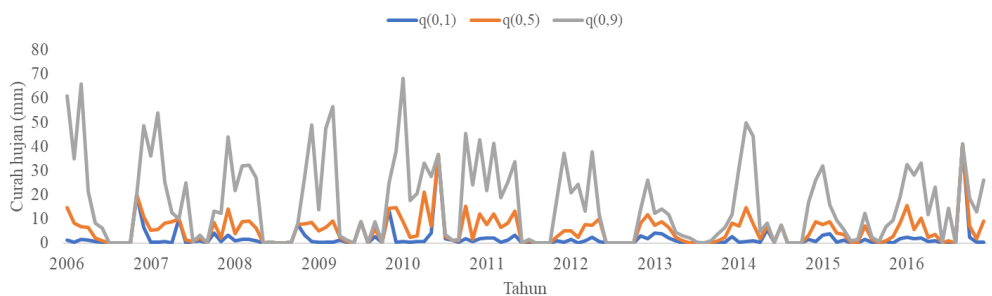
(e) Stasiun Meteorologi Umbu



(f) Stasiun Meteorologi Eltari

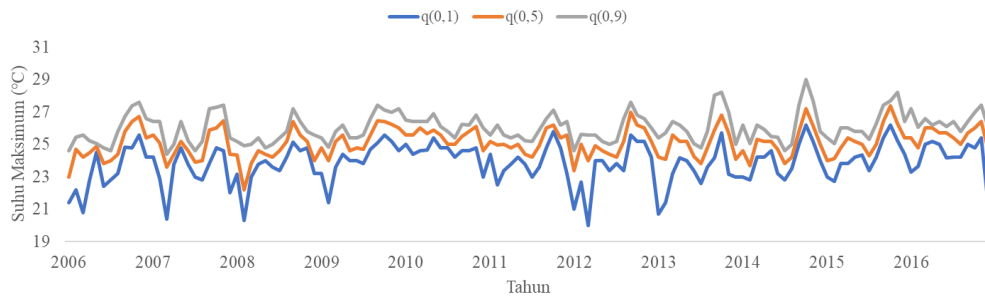


(g) Stasiun Klimatologi Lasiana

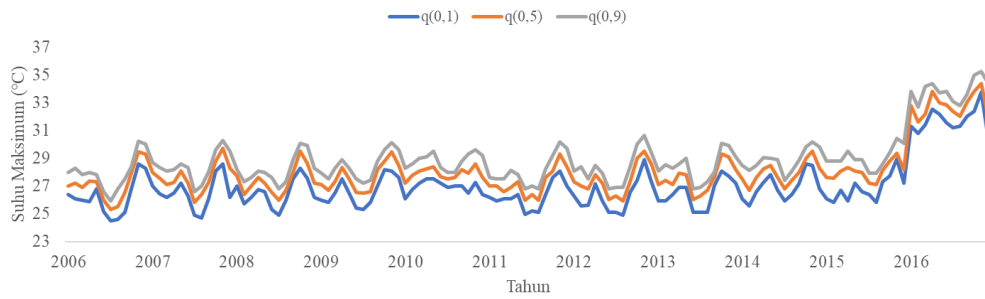


(h) Stasiun Meteorologi Tardamu

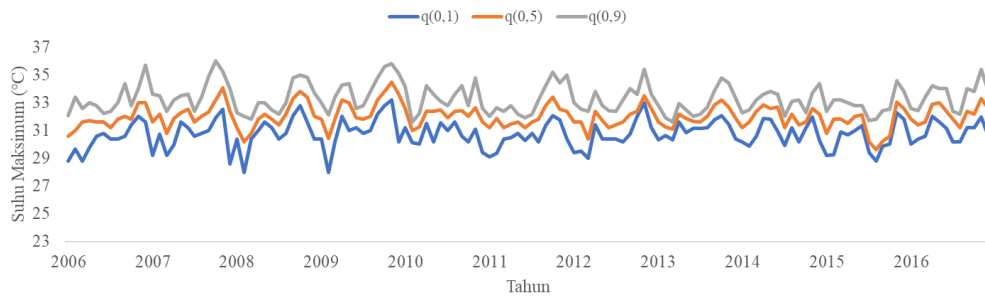
Lampiran 9. *Time Series Plot* Data Kuantil Suhu Maksimum Bulanan



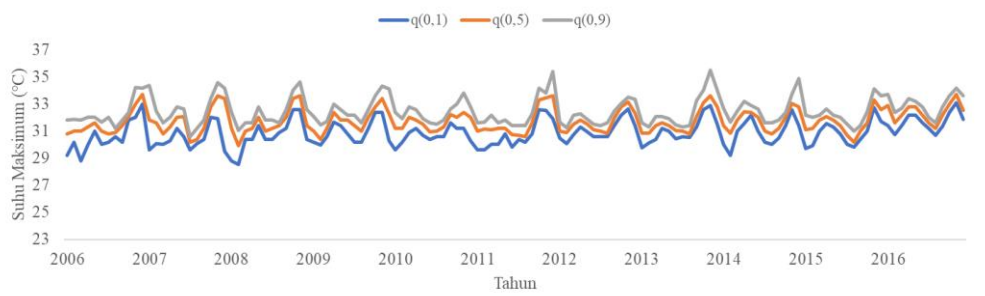
(a) Stasiun Meteorologi Frans



(b) Stasiun Meteorologi Fransiskus

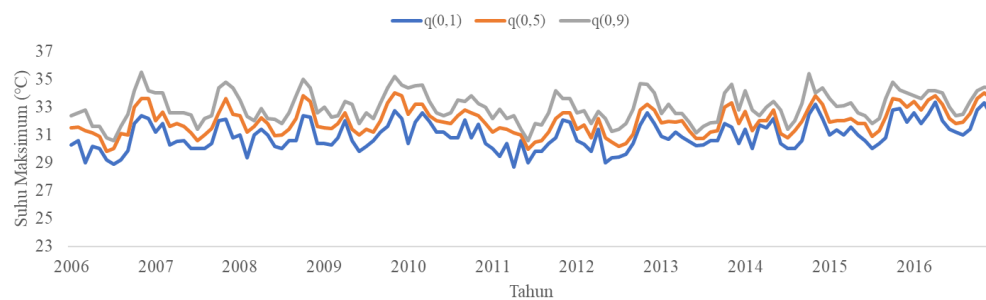


(c) Stasiun Meteorologi Gewayantana

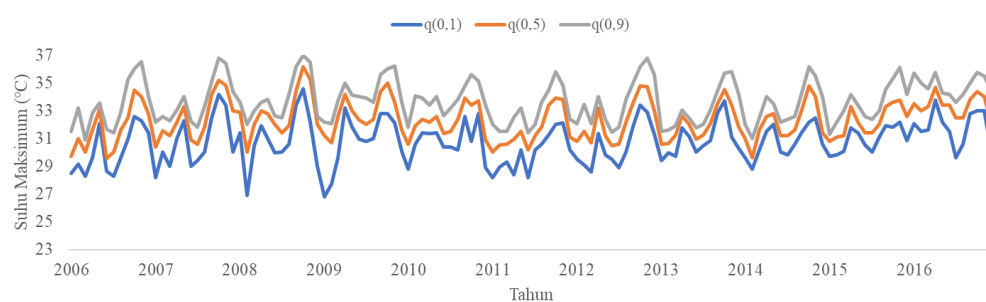


(d) Stasiun Meteorologi Mali

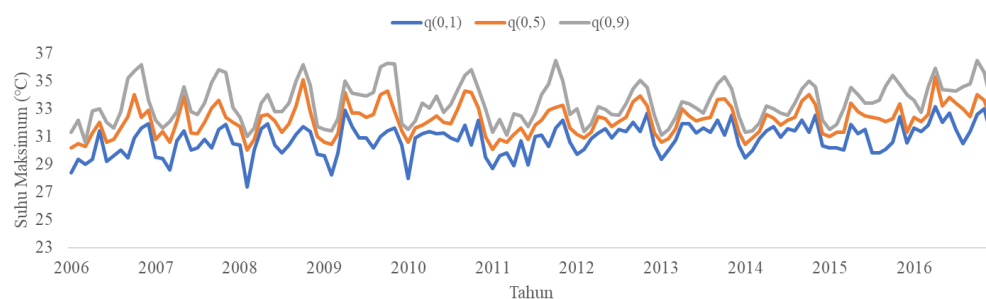
Lampiran 9. *Time Series Plot* Data Kuantil Suhu Maksimum Bulanan (lanjutan)



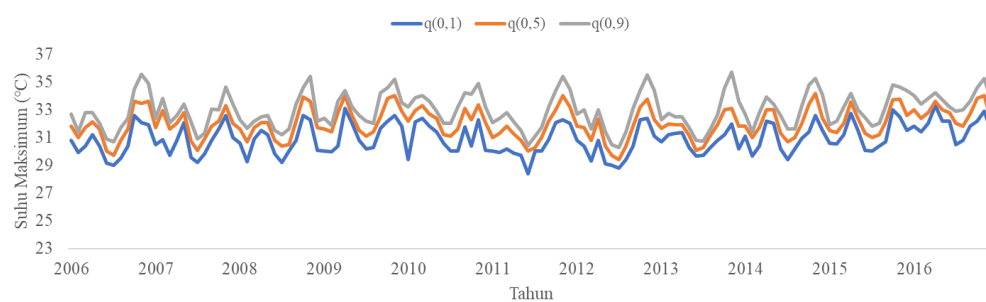
(e) Stasiun Meteorologi Umbu



(f) Stasiun Meteorologi Eltari



(g) Stasiun Klimatologi Lasiana



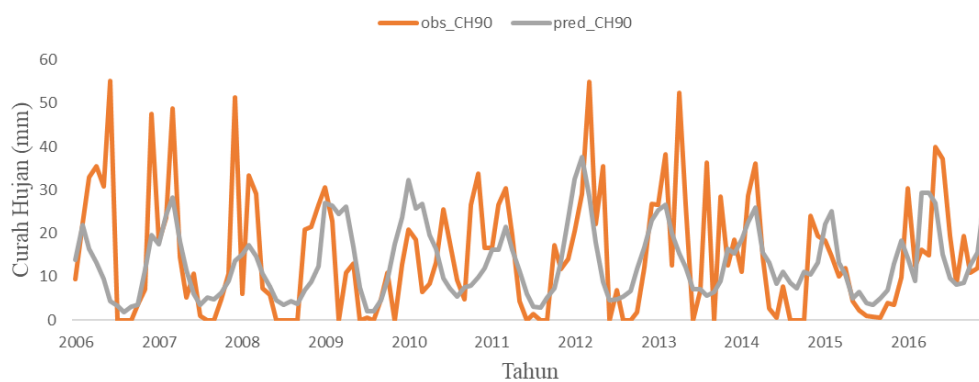
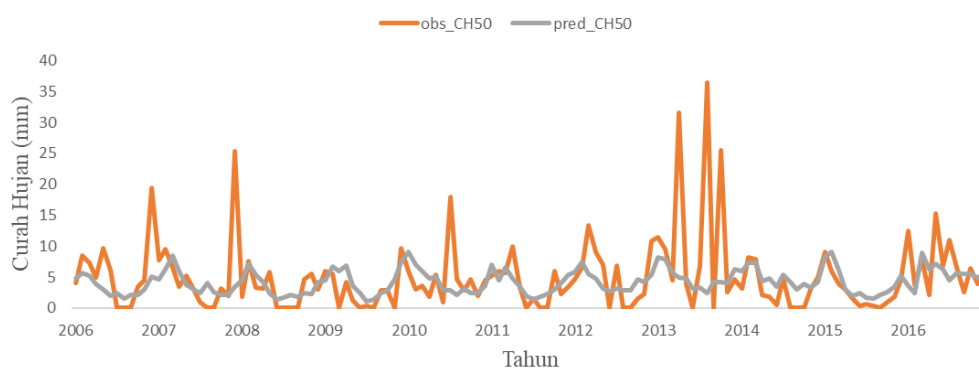
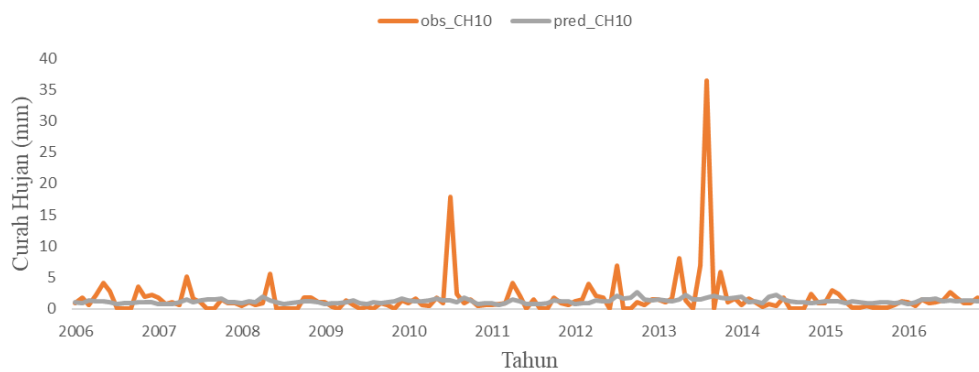
(h) Stasiun Meteorologi Tardamu

Lampiran 10. *Plot* Nilai Kuantil Observasi dan Prediksi Curah Hujan Periode Dasar



(a) Stasiun Meteorologi Frans

Lampiran 10. *Plot* Nilai Kuantil Observasi dan Prediksi Curah Hujan Periode Dasar (lanjutan)



(b) Stasiun Meteorologi Fransiskus

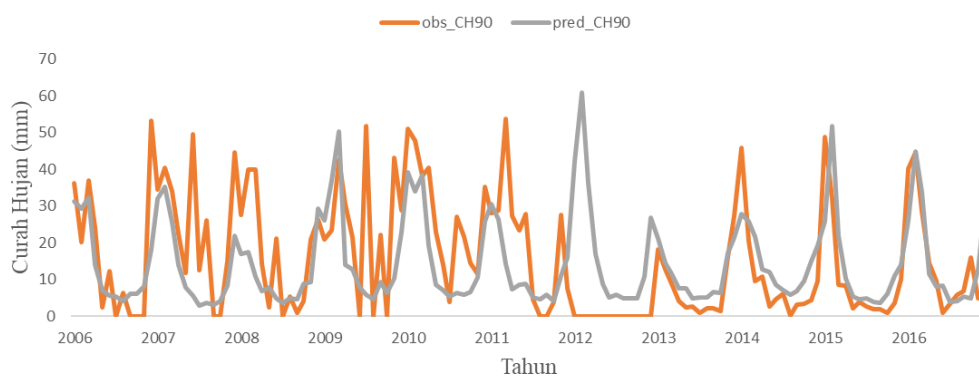
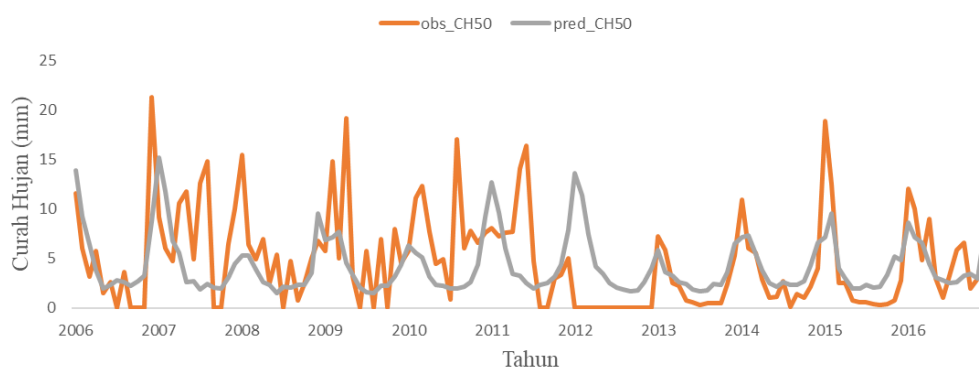
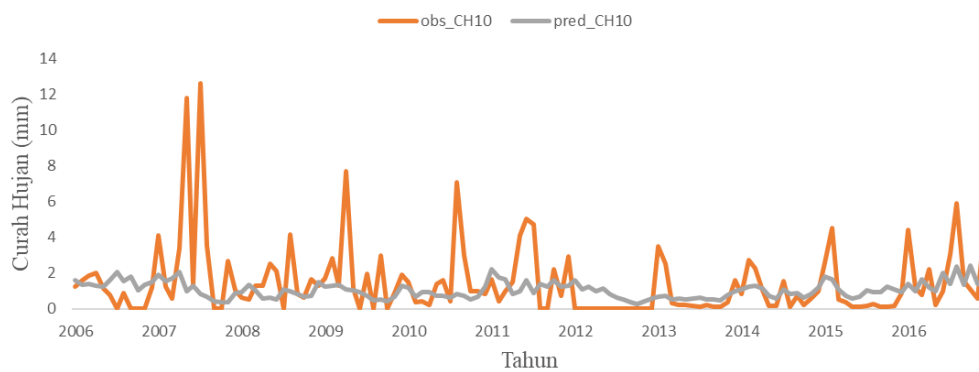


Lampiran 10. *Plot* Nilai Kuantil Observasi dan Prediksi Curah Hujan Periode Dasar (lanjutan)



(c) Stasiun Meteorologi Gewayantana

Lampiran 10. *Plot* Nilai Kuantil Observasi dan Prediksi Curah Hujan Periode Dasar (lanjutan)



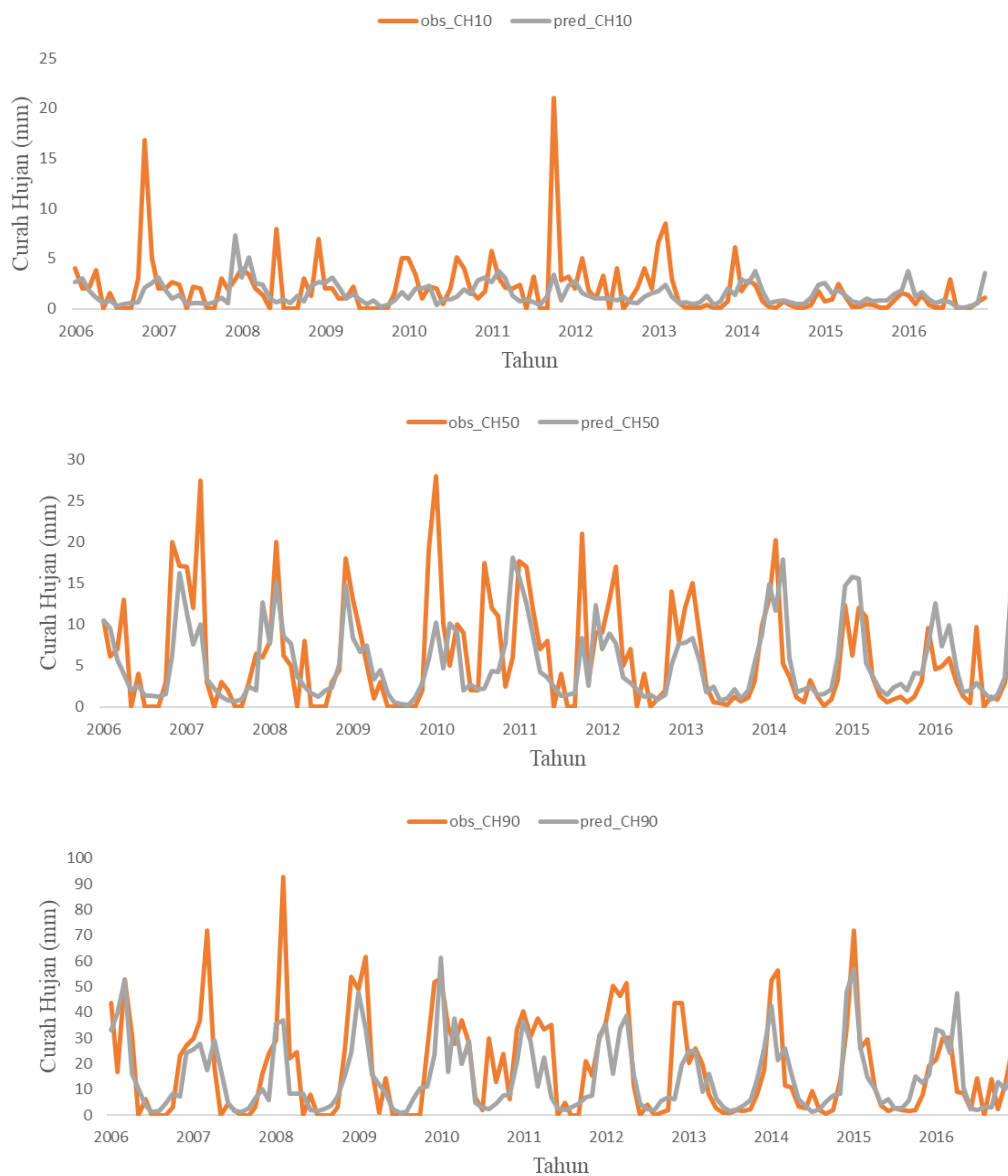
(d) Stasiun Meteorologi Mali

Lampiran 10. *Plot* Nilai Kuantil Observasi dan Prediksi Curah Hujan Periode Dasar (lanjutan)



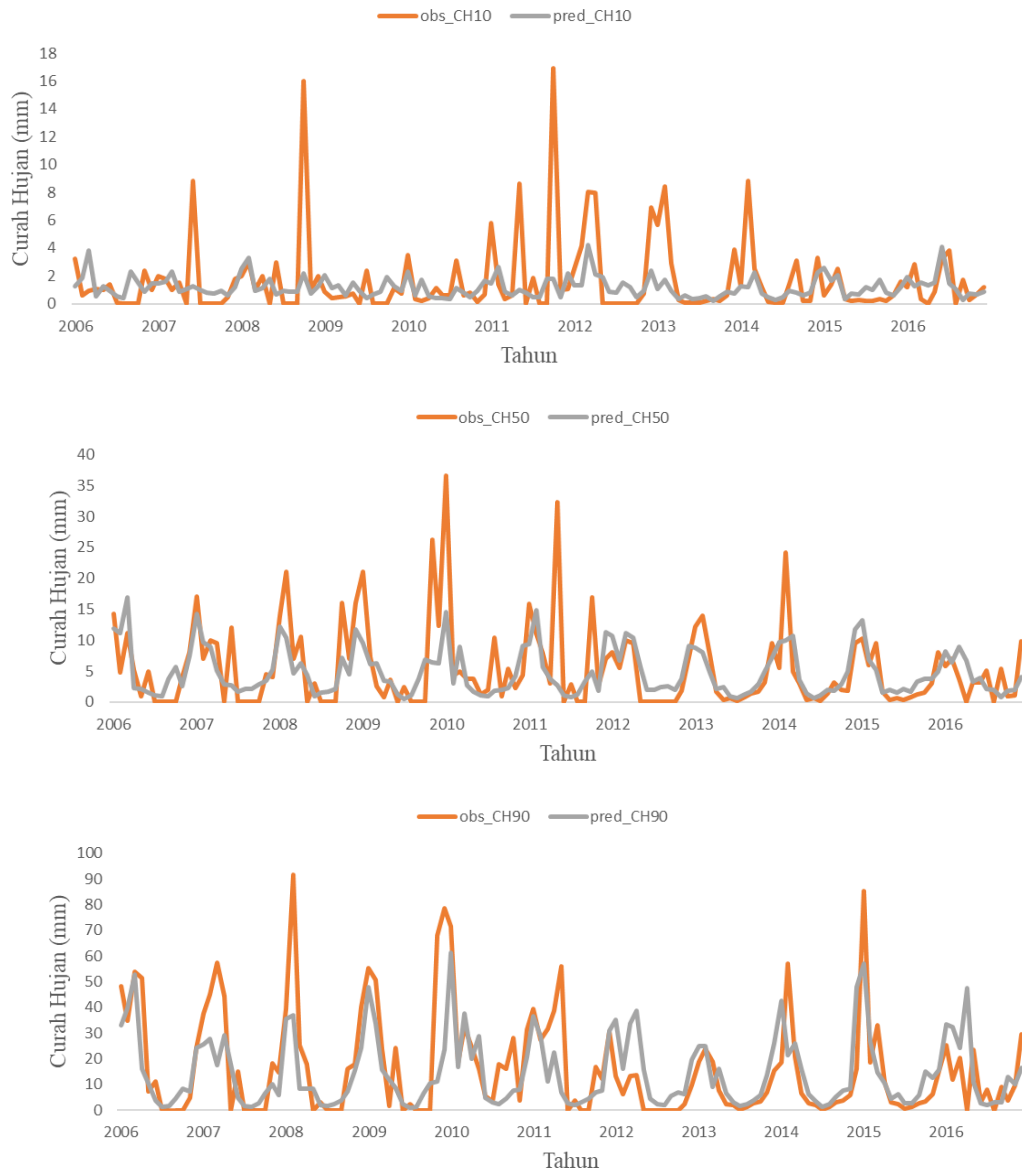
(e) Stasiun Meteorologi Umbu

Lampiran 10. *Plot* Nilai Kuantil Observasi dan Prediksi Curah Hujan Periode Dasar (lanjutan)



(f) Stasiun Meteorologi Eltari

Lampiran 10. *Plot* Nilai Kuantil Observasi dan Prediksi Curah Hujan Periode Dasar (lanjutan)



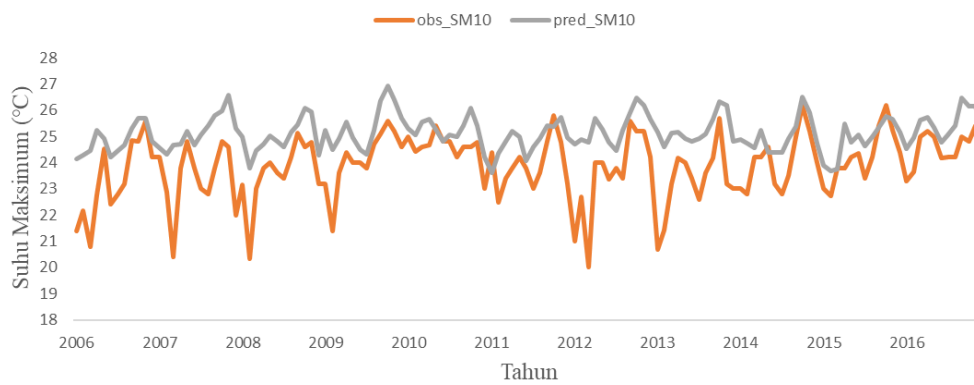
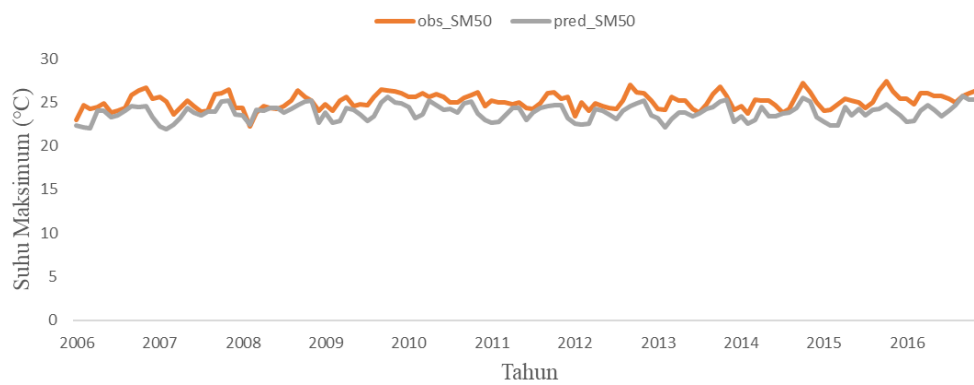
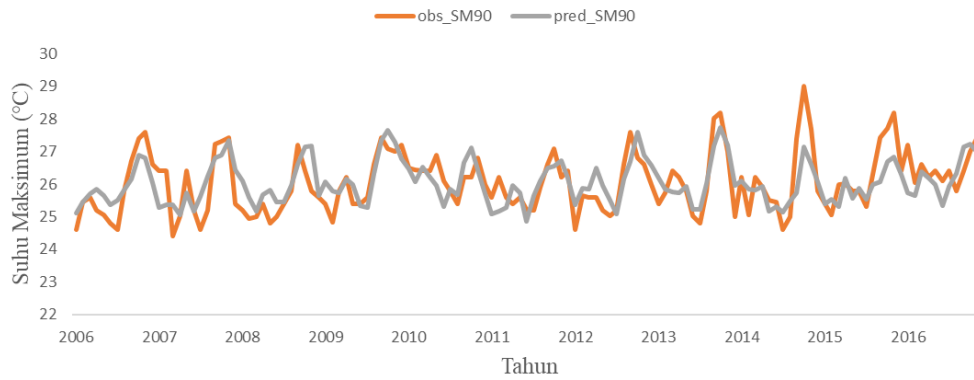
(g) Stasiun Klimatologi Lasiana

Lampiran 10. *Plot Nilai Kuantil Observasi dan Prediksi Curah Hujan Periode Dasar (lanjutan)*



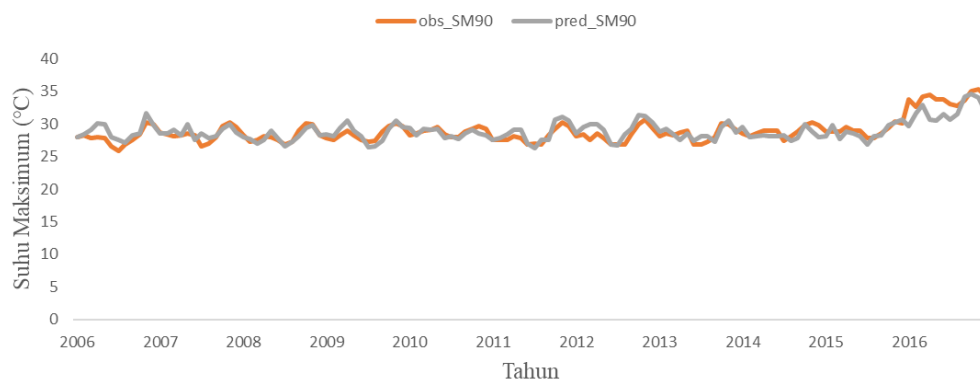
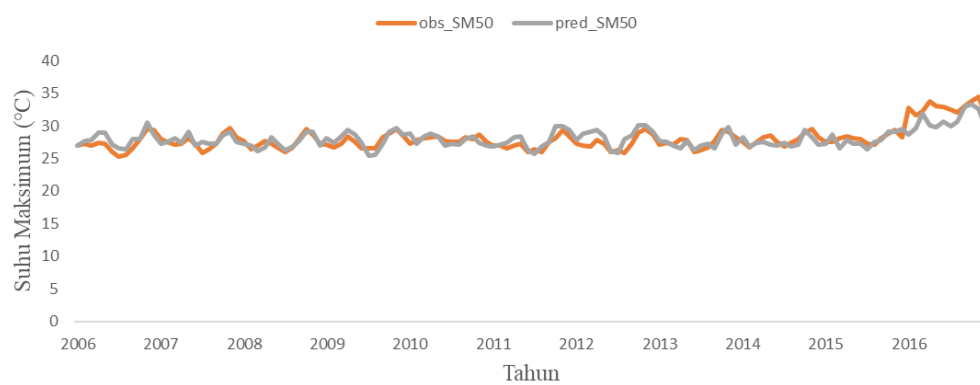
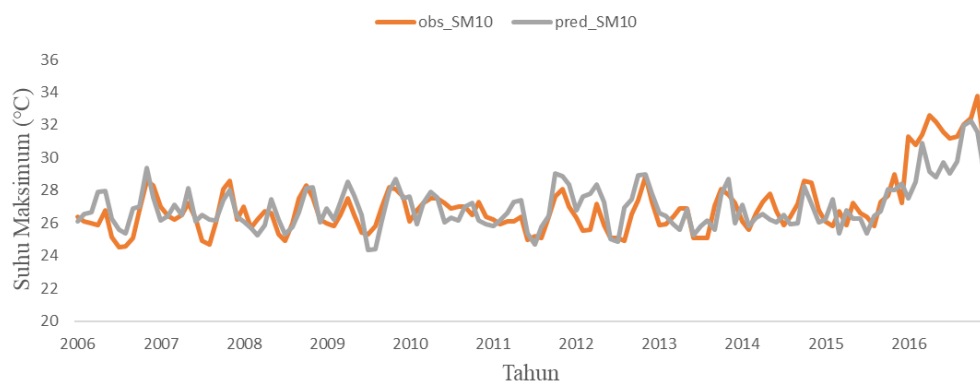
(h) Stasiun Meteorologi Tardamu

Lampiran 11. *Plot* Nilai Kuantil Observasi dan Prediksi Suhu Maksimum Periode Dasar



(a) Stasiun Meteorologi Frans

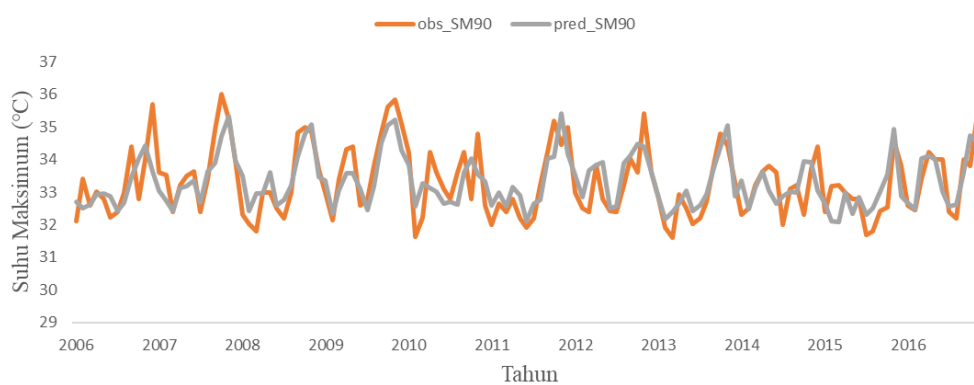
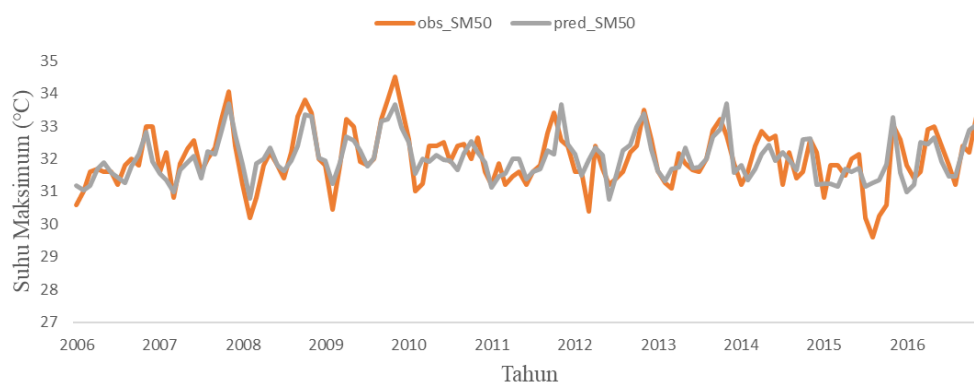
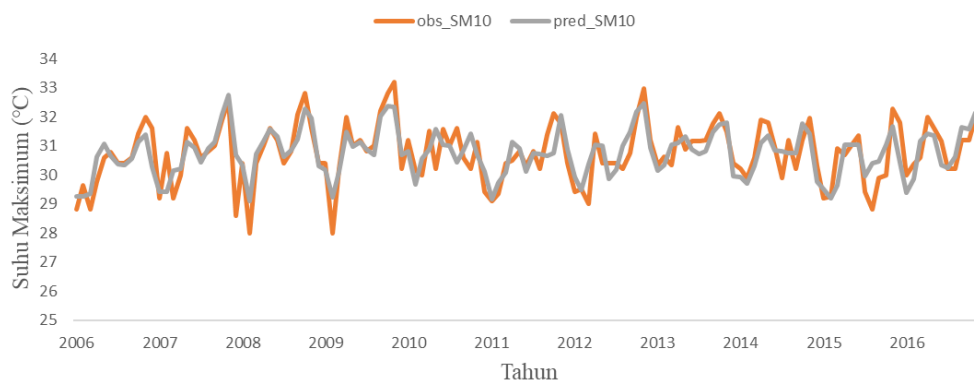
Lampiran 11. *Plot Nilai Kuantil Observasi dan Prediksi Suhu Maksimum Periode Dasar (lanjutan)*



(b) Stasiun Meteorologi Fransiskus

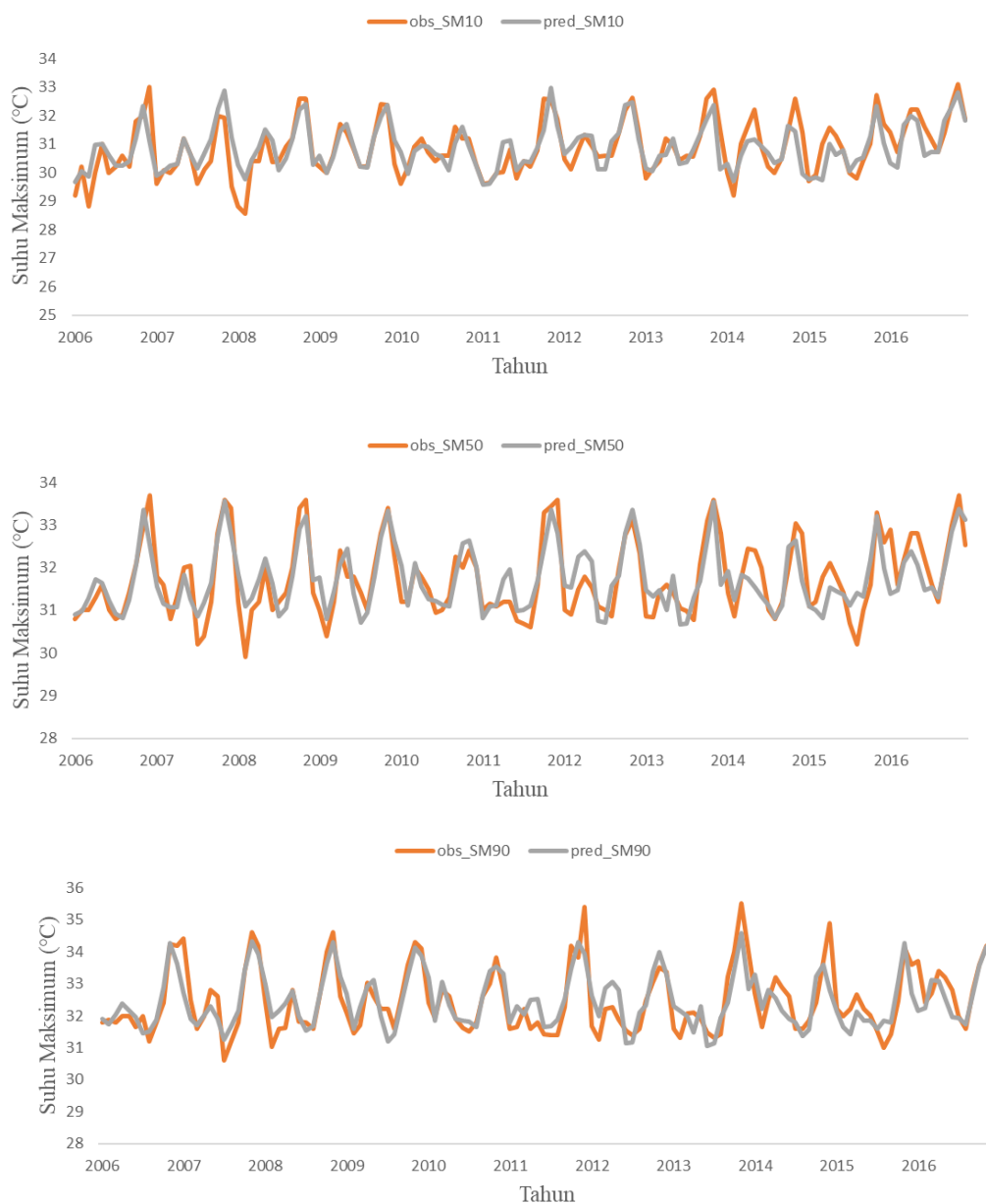


Lampiran 11. *Plot* Nilai Kuantil Observasi dan Prediksi Suhu Maksimum Periode Dasar (lanjutan)



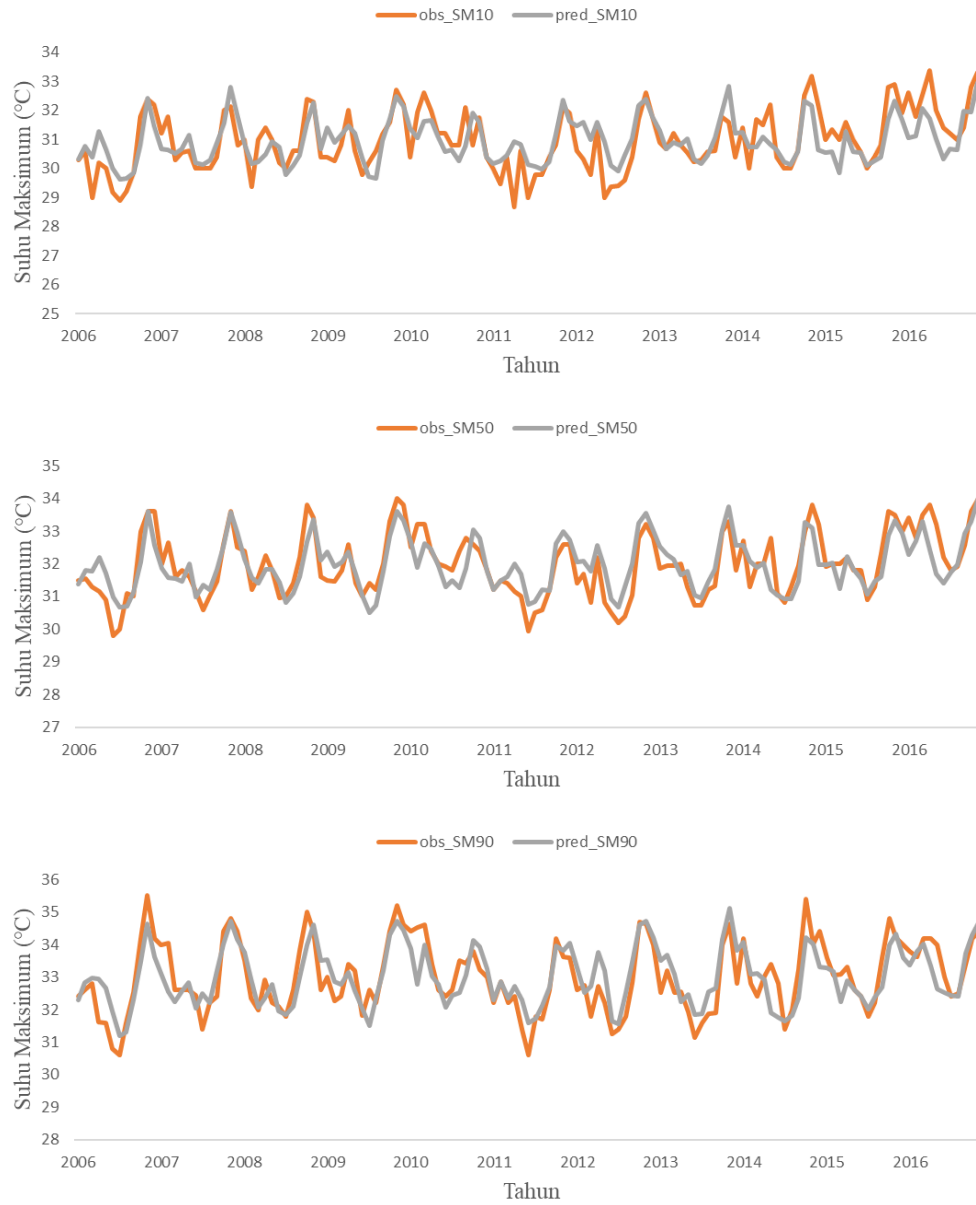
(c) Stasiun Meteorologi Gewayantana

Lampiran 11. *Plot Nilai Kuantil Observasi dan Prediksi Suhu Maksimum Periode Dasar (lanjutan)*



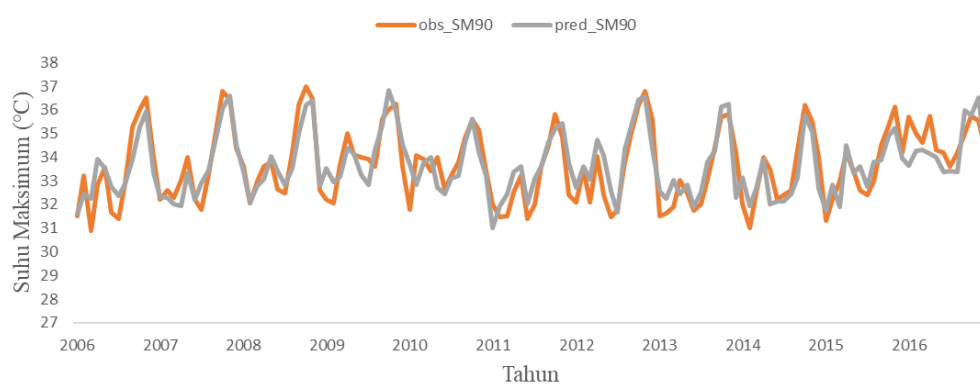
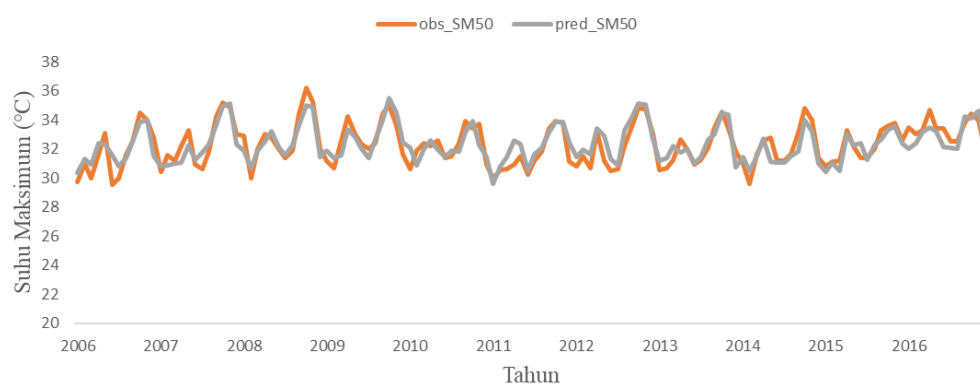
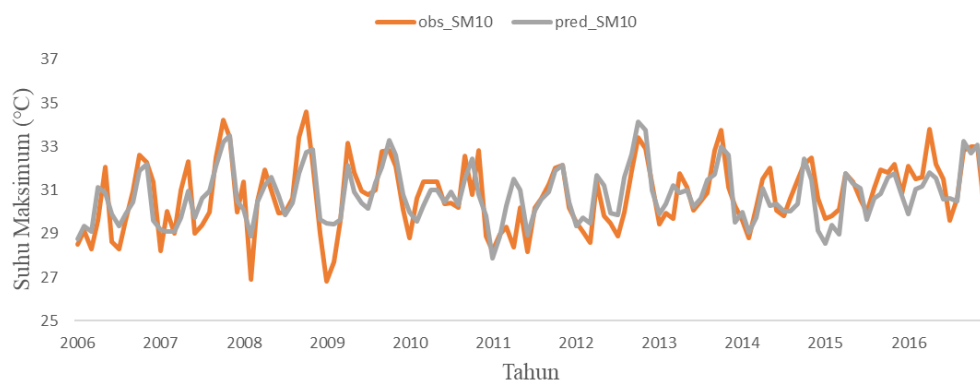
(d) Stasiun Meteorologi Mali

Lampiran 11. *Plot* Nilai Kuantil Observasi dan Prediksi Suhu Maksimum Periode Dasar (lanjutan)



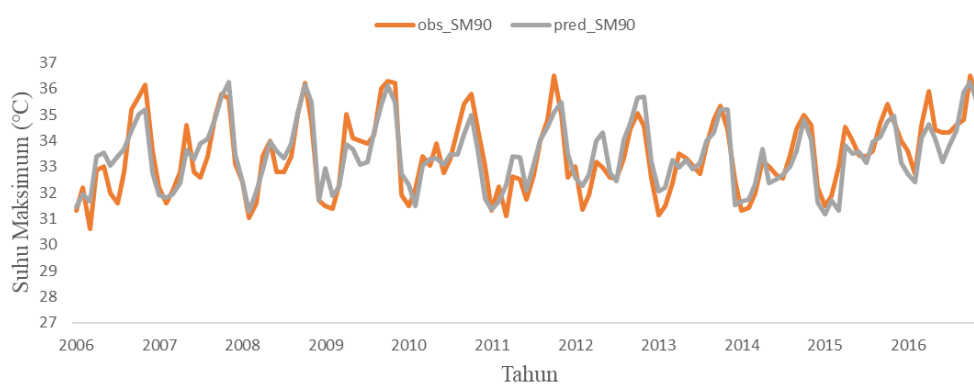
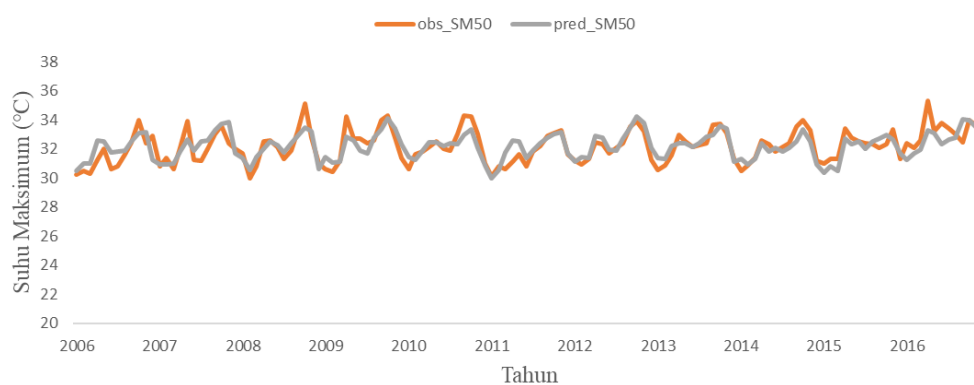
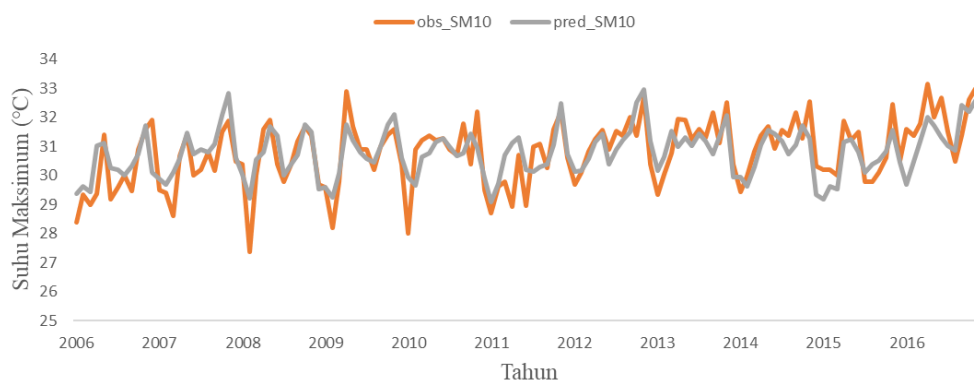
(e) Stasiun Meteorologi Uumbu

Lampiran 11. *Plot* Nilai Kuantil Observasi dan Prediksi Suhu Maksimum Periode Dasar (lanjutan)



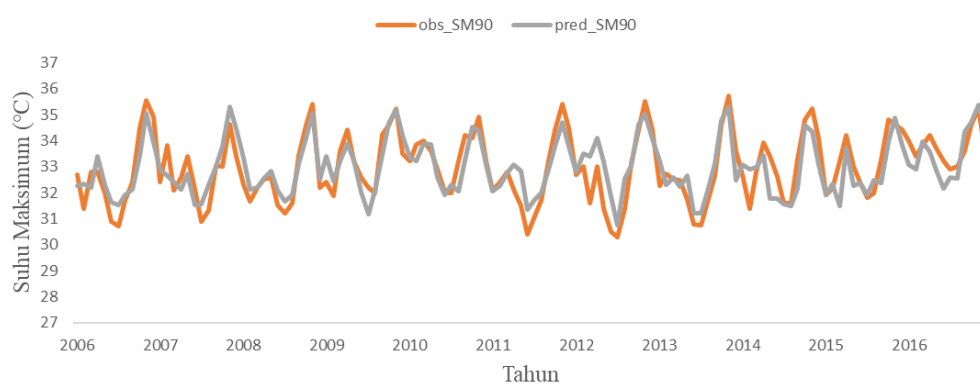
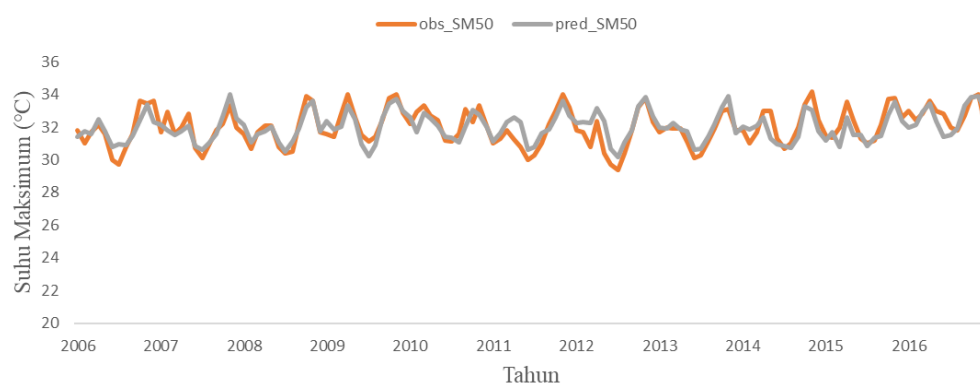
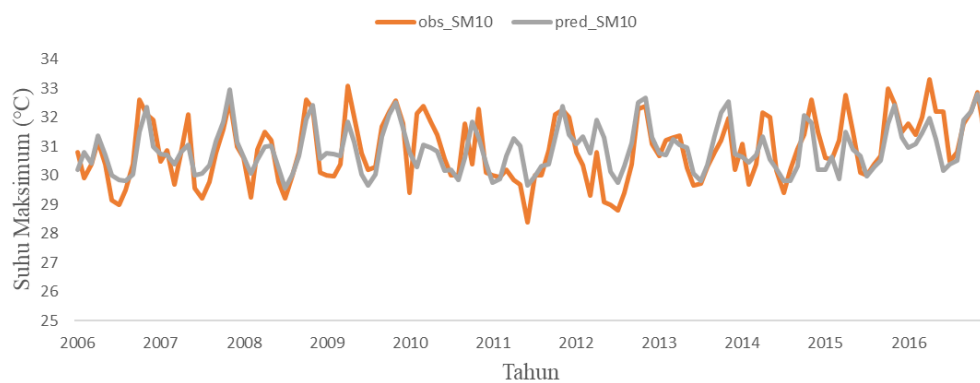
(f) Stasiun Meteorologi Eltari

Lampiran 11. *Plot* Nilai Kuantil Observasi dan Prediksi Suhu Maksimum Periode Dasar (lanjutan)



(g) Stasiun Klimatologi Lasiana

Lampiran 11. *Plot* Nilai Kuantil Observasi dan Prediksi Suhu Maksimum Periode Dasar (lanjutan)



(h) Stasiun Meteorologi Tardamu

Lampiran 12. Nilai Kuantil Periode Mendatang

(a) Stasiun Meteorologi Frans Sales Lega

Tahun	Bulan	Curah Hujan (mm)			Suhu Maksimum (°C)		
		$q = 0,1$	$q = 0,5$	$q = 0,9$	$q = 0,1$	$q = 0,5$	$q = 0,9$
2017	1	1,65	12,89	74,69	21,93	24,86	25,58
2017	2	2,06	14,13	81,67	22,19	25,10	25,69
2017	3	0,67	11,36	32,10	23,29	25,23	25,66
2017	4	0,89	10,46	64,59	23,64	25,07	25,94
2017	5	0,60	10,29	37,26	23,70	24,80	25,37
2017	6	0,70	5,88	23,96	23,70	24,46	25,38
2017	7	0,66	5,22	22,02	23,96	25,04	25,41
2017	8	0,95	6,69	24,64	24,52	25,51	25,88
2017	9	1,36	8,12	40,47	24,78	26,04	26,71
2017	10	0,81	9,87	31,91	23,74	25,44	26,55
2017	11	1,17	11,11	31,01	23,74	25,00	25,98
2017	12	0,93	12,40	24,96	22,42	24,31	25,79
2018	1	1,30	11,98	49,06	23,19	24,72	25,65
2018	2	1,11	10,14	37,48	22,59	25,22	26,26
2018	3	1,61	10,81	31,48	23,95	25,43	26,13
2018	4	1,51	11,42	49,80	24,42	25,71	25,89
2018	5	1,80	8,83	42,25	24,35	25,70	25,69
2018	6	0,82	4,95	18,30	22,96	24,69	24,85
2018	7	0,78	4,12	24,00	24,03	25,13	25,63
2018	8	1,06	4,99	31,87	24,66	25,81	26,31
2018	9	1,22	5,86	32,65	25,03	26,15	26,65
2018	10	1,51	8,92	43,07	25,08	26,03	26,88
2018	11	1,73	12,46	40,22	24,56	26,34	27,09
2018	12	1,51	11,47	48,86	23,58	25,17	26,01

(b) Stasiun Meteorologi Fransiskus Xaverius Seda

Tahun	Bulan	Curah Hujan (mm)			Suhu Maksimum (°C)		
		$q = 0,1$	$q = 0,5$	$q = 0,9$	$q = 0,1$	$q = 0,5$	$q = 0,9$
2017	1	1,43	6,45	25,01	28,56	29,64	31,51
2017	2	1,54	8,57	29,68	27,36	28,42	30,00
2017	3	1,12	9,29	34,98	28,18	29,10	30,38
2017	4	1,64	7,22	26,05	29,10	29,94	30,92
2017	5	2,82	5,84	13,57	28,19	29,10	30,23
2017	6	2,34	3,11	7,04	27,24	28,16	29,10
2017	7	1,68	3,74	6,61	26,57	27,65	28,43
2017	8	1,28	4,81	10,10	26,53	27,69	28,42
2017	9	1,95	5,86	14,48	26,96	28,06	28,81
2017	10	1,68	9,24	22,20	26,73	27,80	28,90
2017	11	1,73	9,49	19,70	25,36	26,60	27,52
2017	12	1,32	6,21	22,77	26,05	27,15	28,67

Lampiran 12. Nilai Kuantil Periode Mendatang (lanjutan)

(c) Stasiun Meteorologi Fransiskus Xaverius Seda (lanjutan)

Tahun	Bulan	Curah Hujan (mm)			Suhu Maksimum (°C)		
		$q = 0,1$	$q = 0,5$	$q = 0,9$	$q = 0,1$	$q = 0,5$	$q = 0,9$
2018	1	1,60	9,90	27,88	26,51	27,61	28,90
2018	2	0,91	7,15	28,22	26,06	27,27	28,74
2018	3	1,06	6,08	30,37	27,16	28,17	29,33
2018	4	2,29	10,08	27,87	27,14	28,06	29,10
2018	5	1,81	4,39	11,69	26,04	27,19	28,43
2018	6	2,19	7,45	12,61	25,45	26,54	28,31
2018	7	2,33	4,83	9,42	26,33	27,42	28,47
2018	8	2,41	6,12	11,47	26,91	27,94	28,75
2018	9	1,83	5,79	13,54	27,72	28,77	29,34
2018	10	2,02	5,09	13,56	27,43	28,45	28,98
2018	11	1,12	3,44	13,81	27,27	28,46	29,77
2018	12	1,11	4,46	16,18	25,58	26,73	27,47

(d) Stasiun Meteorologi Gewayantana

Tahun	Bulan	Curah Hujan (mm)			Suhu Maksimum (°C)		
		$q = 0,1$	$q = 0,5$	$q = 0,9$	$q = 0,1$	$q = 0,5$	$q = 0,9$
2017	1	1,14	8,76	99,69	29,56	31,55	33,01
2017	2	0,77	4,55	64,62	29,84	32,02	33,46
2017	3	2,80	9,39	55,99	30,13	32,85	33,69
2017	4	3,00	26,82	100,91	30,53	32,13	34,19
2017	5	1,38	6,51	21,99	30,98	32,26	33,82
2017	6	1,82	4,90	13,47	30,99	31,99	33,26
2017	7	1,27	2,93	7,20	30,53	31,54	33,30
2017	8	0,93	1,58	3,05	31,46	32,65	33,73
2017	9	0,50	0,92	5,03	31,68	32,82	33,90
2017	10	0,63	1,62	5,42	31,53	32,88	33,89
2017	11	0,98	3,05	11,31	30,38	31,52	32,73
2017	12	1,28	9,35	23,60	30,26	32,08	32,99
2018	1	1,61	8,98	58,70	29,40	31,44	32,35
2018	2	1,26	7,23	31,00	30,16	31,62	32,44
2018	3	1,34	5,61	21,49	31,12	32,24	32,78
2018	4	0,95	1,98	13,11	31,25	32,22	32,92
2018	5	0,88	1,30	6,56	31,06	31,67	32,59
2018	6	0,82	1,43	9,97	29,90	31,18	31,49
2018	7	0,88	2,64	13,53	30,45	31,56	32,51
2018	8	0,37	1,07	7,33	31,35	32,35	33,24
2018	9	0,60	1,31	8,12	31,42	32,38	33,51
2018	10	0,60	2,09	11,04	31,51	32,50	34,12
2018	11	1,30	3,33	15,15	31,39	33,02	34,16
2018	12	1,72	13,60	34,24	30,18	31,86	33,62



Lampiran 12. Nilai Kuantil Periode Mendatang (lanjutan)

(e) Stasiun Meteorologi Mali

Tahun	Bulan	Curah Hujan (mm)			Suhu Maksimum (°C)		
		$q = 0,1$	$q = 0,5$	$q = 0,9$	$q = 0,1$	$q = 0,5$	$q = 0,9$
2017	1	1,06	10,15	59,47	30,65	31,54	32,44
2017	2	1,01	12,85	61,92	30,61	31,51	32,56
2017	3	1,70	5,82	52,78	30,89	31,93	32,89
2017	4	2,21	6,58	15,98	31,23	32,31	33,26
2017	5	1,27	2,53	13,59	31,31	31,73	32,28
2017	6	0,76	1,77	5,93	31,16	31,71	32,21
2017	7	0,87	1,90	4,34	30,54	30,93	31,39
2017	8	0,53	1,44	6,30	31,14	31,38	31,75
2017	9	0,34	1,78	5,46	31,60	32,21	32,76
2017	10	0,51	2,35	7,95	31,21	31,89	32,58
2017	11	0,91	3,77	15,61	30,60	31,70	32,50
2017	12	1,05	4,62	33,20	30,35	31,95	33,09
2018	1	0,94	7,10	29,99	29,71	31,28	32,28
2018	2	0,64	5,40	27,98	30,01	31,46	32,23
2018	3	0,61	3,56	19,92	31,06	32,02	32,69
2018	4	0,51	2,41	8,30	30,80	31,40	31,92
2018	5	0,37	1,76	5,93	30,65	30,78	30,93
2018	6	0,74	1,73	5,46	29,44	29,94	30,23
2018	7	0,63	1,75	5,78	30,29	30,72	31,09
2018	8	0,41	1,84	5,80	31,01	31,24	31,69
2018	9	0,48	1,99	5,87	31,34	31,85	32,31
2018	10	0,60	2,96	6,75	31,70	32,36	33,10
2018	11	0,44	3,12	9,18	31,55	32,75	33,50
2018	12	1,02	6,17	18,84	30,27	32,07	33,24

(f) Stasiun Meteorologi Umbu Mehang Kunda

Tahun	Bulan	Curah Hujan (mm)			Suhu Maksimum (°C)		
		$q = 0,1$	$q = 0,5$	$q = 0,9$	$q = 0,1$	$q = 0,5$	$q = 0,9$
2017	1	1,34	6,24	31,04	31,43	32,23	33,05
2017	2	1,14	4,27	38,29	31,36	32,18	33,19
2017	3	2,53	8,50	46,64	31,70	32,44	32,95
2017	4	1,85	6,96	66,06	31,20	32,19	33,91
2017	5	0,87	1,61	15,87	30,86	31,62	32,99
2017	6	0,54	1,23	3,00	30,47	31,23	32,35
2017	7	0,71	0,96	3,13	30,12	30,94	32,10
2017	8	1,04	2,08	2,65	30,33	31,22	32,14
2017	9	0,94	2,31	3,74	31,22	32,30	33,24
2017	10	1,85	4,29	5,61	31,11	32,24	33,44
2017	11	0,56	1,18	10,84	31,14	31,88	32,87
2017	12	1,14	5,15	7,83	30,92	32,22	33,57

Lampiran 12. Nilai Kuantil Periode Mendatang (lanjutan)

(f) Stasiun Meteorologi Uumbu Meheng Kunda (lanjutan)

Tahun	Bulan	Curah Hujan (mm)			Suhu Maksimum (°C)		
		$q = 0,1$	$q = 0,5$		$q = 0,1$	$q = 0,5$	
2018	1	0,86	3,29	16,40	31,14	32,36	33,36
2018	2	2,09	7,37	12,49	31,38	32,38	33,41
2018	3	1,77	9,21	10,58	31,86	32,81	33,67
2018	4	1,30	2,36	13,37	31,40	32,45	33,28
2018	5	0,62	0,91	4,60	30,93	31,67	32,48
2018	6	0,59	0,43	2,17	29,98	30,90	31,67
2018	7	0,48	0,65	2,38	30,43	31,11	32,09
2018	8	0,72	1,08	2,67	31,00	31,71	32,48
2018	9	0,96	2,06	4,04	31,35	32,21	32,90
2018	10	0,74	2,06	9,03	31,76	32,67	33,84
2018	11	1,25	3,64	8,61	32,34	33,43	34,61
2018	12	0,80	3,16	18,56	30,86	32,13	33,80

(g) Stasiun Meteorologi Eltari

Tahun	Bulan	Curah Hujan (mm)			Suhu Maksimum (°C)		
		$q = 0,1$	$q = 0,5$	$q = 0,9$	$q = 0,1$	$q = 0,5$	$q = 0,9$
2017	1	3,97	8,75	36,02	30,33	31,61	33,28
2017	2	1,69	4,68	27,05	30,27	31,68	33,13
2017	3	5,50	4,37	37,47	30,39	31,85	33,86
2017	4	4,56	11,24	35,40	31,38	32,92	33,97
2017	5	0,98	2,08	12,64	30,93	32,12	32,89
2017	6	1,25	2,35	6,34	30,66	31,88	32,76
2017	7	0,86	1,12	2,57	30,46	31,77	32,76
2017	8	0,49	0,72	1,84	31,40	32,92	34,02
2017	9	0,65	1,87	2,94	32,43	33,93	34,97
2017	10	0,79	1,70	3,78	31,71	33,05	33,92
2017	11	0,79	5,71	10,96	29,30	30,59	32,20
2017	12	5,11	18,74	40,80	29,18	30,76	32,29
2018	1	3,22	13,55	45,29	29,33	30,43	32,11
2018	2	1,69	6,41	19,94	29,92	31,03	32,57
2018	3	2,20	10,85	28,72	31,32	32,53	33,74
2018	4	0,77	2,14	10,59	31,59	32,34	32,97
2018	5	0,35	0,76	4,58	31,57	32,03	32,90
2018	6	0,54	0,68	4,07	29,81	29,71	30,57
2018	7	0,79	1,42	4,34	30,47	31,04	32,10
2018	8	0,41	1,03	2,40	31,59	32,44	33,31
2018	9	0,50	2,00	3,67	31,75	33,13	34,26
2018	10	0,97	4,30	7,54	32,04	33,60	34,70
2018	11	1,47	2,27	10,55	32,58	33,71	35,47
2018	12	3,93	12,77	29,79	29,57	31,48	32,99

Lampiran 12. Nilai Kuantil Periode Mendatang (lanjutan)

(h) Stasiun Klimatologi Lasiana

Tahun	Bulan	Curah Hujan (mm)			Suhu Maksimum (°C)		
		$q = 0,1$	$q = 0,5$	$q = 0,9$	$q = 0,1$	$q = 0,5$	$q = 0,9$
2017	1	0,69	3,82	10,30	30,70	31,39	31,88
2017	2	0,56	7,28	32,18	30,09	31,48	32,01
2017	3	0,64	2,84	3,54	30,80	31,75	32,25
2017	4	1,68	8,89	45,06	31,26	32,70	33,50
2017	5	1,24	3,24	26,12	31,60	32,48	33,08
2017	6	1,22	1,73	5,03	31,38	32,21	33,03
2017	7	0,88	1,39	4,32	30,83	32,40	33,10
2017	8	1,02	1,31	1,64	31,49	32,71	33,92
2017	9	0,98	3,10	2,81	31,74	33,45	34,59
2017	10	1,21	4,09	3,66	31,74	32,65	33,49
2017	11	0,74	3,26	11,31	30,50	31,51	31,83
2017	12	2,24	7,24	7,20	30,58	30,64	31,25
2018	1	0,77	5,86	16,37	29,94	30,93	31,07
2018	2	0,96	4,83	6,36	31,22	31,50	31,79
2018	3	0,70	3,40	6,53	32,03	32,35	33,44
2018	4	0,43	3,30	19,71	31,33	32,78	33,30
2018	5	0,16	0,67	12,08	31,48	33,04	33,59
2018	6	0,19	0,54	2,73	31,12	32,00	31,69
2018	7	0,28	0,64	3,37	31,31	32,56	32,93
2018	8	0,29	1,09	2,92	31,68	33,08	33,96
2018	9	0,62	1,97	3,07	31,65	33,35	34,55
2018	10	0,56	3,62	14,74	31,41	33,39	34,83
2018	11	0,39	2,41	6,70	32,05	33,42	34,83
2018	12	2,27	14,68	40,49	29,86	31,40	32,32

(i) Stasiun Meteorologi Tardamu

Tahun	Bulan	Curah Hujan (mm)			Suhu Maksimum (°C)		
		$q = 0,1$	$q = 0,5$	$q = 0,9$	$q = 0,1$	$q = 0,5$	$q = 0,9$
2017	1	0,40	7,07	32,53	30,91	31,74	33,48
2017	2	0,35	8,50	47,64	31,31	32,23	33,46
2017	3	0,52	7,00	30,43	31,10	32,23	34,23
2017	4	0,99	12,91	41,52	31,53	32,89	33,77
2017	5	0,99	3,83	10,16	30,82	31,55	31,99
2017	6	1,01	1,49	3,06	30,16	30,72	31,75
2017	7	0,33	1,47	2,64	29,84	30,52	31,62
2017	8	0,53	1,10	1,64	30,24	31,21	32,23
2017	9	0,47	1,30	2,19	31,44	32,32	33,39
2017	10	0,68	2,45	4,96	31,27	31,90	32,62
2017	11	0,68	5,93	13,79	30,54	31,49	32,44
2017	12	1,09	6,11	21,77	30,06	31,18	32,15

Lampiran 12. Nilai Kuantil Periode Mendatang (lanjutan)

(i) Stasiun Meteorologi Tardamu

Tahun	Bulan	Curah Hujan (mm)			Suhu Maksimum (°C)		
		$q = 0,1$	$q = 0,5$		$q = 0,1$	$q = 0,5$	
2018	1	1,42	8,91	26,79	30,32	31,59	32,83
2018	2	0,73	5,68	13,82	30,72	31,96	32,76
2018	3	1,74	3,81	9,53	31,46	32,70	33,37
2018	4	1,15	2,99	6,82	31,39	32,41	32,91
2018	5	0,52	1,43	2,35	30,88	31,76	32,27
2018	6	0,55	1,30	2,21	29,58	30,26	30,46
2018	7	0,67	1,35	1,80	29,79	30,88	31,62
2018	8	0,77	1,25	1,78	30,63	31,71	32,48
2018	9	0,74	1,56	2,37	31,04	32,28	33,43
2018	10	0,85	3,21	6,77	31,79	32,96	33,95
2018	11	1,06	3,50	7,34	32,26	33,48	34,83
2018	12	0,70	8,65	26,98	30,44	32,21	33,17

### Lampiran 13. Syntax

#### (a) Syntax Regresi Linier Berganda

```
#station_lst <- c("97282","97284","97300","97310","97320","97340",
"97372", "97374","97380")
station <- c("97282") #komodo

load(paste("E:/Data/MonthlyDataTrain",station,".RData",sep="")) # Monthly
data for modelling

# metdata$wet <- ((metdata$month == 12) | (metdata$month < 6))
time <- metdata$year + metdata$month/12

lm2 <- log(rainwet10)~temp.1+temp.2+temp3.1+temp3.2+psl.1+psl.2+psl3.1
+psl3.2+rnd.1+rnd.2+rnd3.1+rnd3.2+dir.1+dir.2+dir3.1+dir3.2+mixr.1+mixr.
2+mixr3.1+mixr3.2+cld.1+cld.2+cld3.1+cld3.2
lm3 <- log(rainwet50)~temp.1+temp.2+temp3.1+temp3.2+psl.1+psl.2+psl3.1
+psl3.2+rnd.1+rnd.2+rnd3.1+rnd3.2+dir.1+dir.2+dir3.1+dir3.2+mixr.1+mixr.
2+mixr3.1+mixr3.2+cld.1+cld.2+cld3.1+cld3.2
lm4 <- log(rainwet90)~temp.1+temp.2+temp3.1+temp3.2+psl.1+psl.2+psl3.1
+psl3.2+rnd.1+rnd.2+rnd3.1+rnd3.2+dir.1+dir.2+dir3.1+dir3.2+mixr.1+mixr.
2+mixr3.1+mixr3.2+cld.1+cld.2+cld3.1+cld3.2
lm5 <- max10~temp.1+temp.2+temp3.1+temp3.2+psl.1+psl.2+psl3.1+psl3.2
+rnd.1+rnd.2+rnd3.1+rnd3.2+dir.1+dir.2+dir3.1+dir3.2+mixr.1+mixr.2+mixr
3.1+mixr3.2+cld.1+cld.2+cld3.1+cld3.2
lm6 <- max50~temp.1+temp.2+temp3.1+temp3.2+psl.1+psl.2+psl3.1+psl3.2
+rnd.1+rnd.2+rnd3.1+rnd3.2+dir.1+dir.2+dir3.1+dir3.2+mixr.1+mixr.2+mixr
3.1+mixr3.2+cld.1+cld.2+cld3.1+cld3.2
lm7 <- max90~temp.1+temp.2+temp3.1+temp3.2+psl.1+psl.2+psl3.1+psl3.2
+rnd.1+rnd.2+rnd3.1+rnd3.2+dir.1+dir.2+dir3.1+dir3.2+mixr.1+mixr.2+mixr
3.1+mixr3.2+cld.1+cld.2+cld3.1+cld3.2

lr2<-lm(lm2,metdata)
lr3<-lm(lm3,metdata)
lr4<-lm(lm4,metdata)
lr5<-lm(lm5,metdata)
lr6<-lm(lm6,metdata)
lr7<-lm(lm7,metdata)

slr2<-step(lr2,trace=0)
slr3<-step(lr3,trace=0)
slr4<-step(lr4,trace=0)
slr5<-step(lr5,trace=0)
slr6<-step(lr6,trace=0)
slr7<-step(lr7,trace=0)
```

### Lampiran 13. *Syntax* (lanjutan)

#### (a) *Syntax* Regresi Linier Berganda (lanjutan)

```
summary(slr2)
summary(slr3)
summary(slr4)
summary(slr5)
summary(slr6)
summary(slr7)

metdata$rainwet.pred10 <- exp(predict(slr2,metdata))
metdata$rainwet.pred50 <- exp(predict(slr3,metdata))
metdata$rainwet.pred90 <- exp(predict(slr4,metdata))
metdata$max.pred10 <- predict(slr5,metdata)
metdata$max.pred50 <- predict(slr6,metdata)
metdata$max.pred90 <- predict(slr7,metdata)
```

#### (b) *Syntax Block Bootstrap*

```
data=read.csv("E:/Data/Bootstrap/Data.csv",sep=";")
blockboot=function(replikasi,data)
{
  b=sample(1:12,replikasi,replace = T)
  a=data[data$CODE==b[1],5] #curah hujan
  for (i in 2:replikasi)
  {
    a=cbind(a,data[data$CODE==b[i],5])
  }
  c=numeric(nrow(a))
  d=numeric(nrow(a))
  e=numeric(nrow(a))
  f=numeric(nrow(a))
  for(i in 1:nrow(a))
  {
    c[i]=mean(a[i,])
    d[i]=sd(a[i,])
    e[i]=c[i]+1.96*(sd(a[i,]))
    f[i]=c[i]-1.96*(sd(a[i,]))
  }
  a=cbind(a,c,d,e,f)
  hasil=data.frame(cbind(c,d,e,f))
  colnames(hasil)=c('Mean','Std','BA','BB')
  list('Hasil'=hasil)
}
blockboot(1000,data)
```

## Lampiran 14. Surat Pernyataan Data Tesis

### SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini, mahasiswa Departemen Statistika FMKSD ITS:

Nama : Rosyida Inas

NRP : 06211750010021

Menyatakan bahwa data yang digunakan dalam Tesis/ Disertasi ini merupakan data sekunder yang diambil dari ~~penelitian/ buku/ Tugas Akhir/ Thesis/ Disertasi/ Publikasi/~~ lainnya, yaitu:

Sumber : Data *Online* Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika

Keterangan : Data Curah Hujan dan Suhu Maksimum di Nusa Tenggara Timur Tahun 2006-2018

Surat pernyataan ini dibuat dengan sebenarnya. Apabila terdapat permalsuan data maka saya siap menerima sanksi sesuai aturan yang berlaku.

Surabaya, 15 Juli 2019

Mengetahui,  
Pembimbing Tesis



Dr. rer.pol. Heri Kuswanto, M.Si  
NIP. 19820326 200312 1 004

Mahasiswa



Rosyida Inas  
NRP. 06211750010021





## BIODATA PENULIS



Penulis bernama Rosyida Inas lahir di Tangerang, 8 April 1995. Penulis adalah anak kedua dari empat bersaudara oleh pasangan Lamto Widodo dan Suharmini. Pendidikan yang telah diselesaikan adalah di TK Permata Hati, SD Sunan Bonang (2001-2007), MTs Negeri 1 Tangerang (2007-2010), MAN Insan Cendekia Gorontalo (2010-2013), dan Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Jurusan S1 Statistika (2013-2017). Kemudian melanjutkan program Magister Statistika di ITS melalui jalur beasiswa *fresh graduate*. Tak hanya kuliah, penulis juga aktif sebagai santri di salah satu pondok tahfidz di Surabaya yaitu Ma'had Ahlul Qur'an. Pengalaman menjadi asisten dosen pun pernah dirasakan dan memberikan pelajaran bagi penulis untuk mengetahui bagaimana kondisi dunia pekerjaan yang sebenarnya terutama di bidang akademik. Penulis juga terbuka dalam menerima kritik dan saran yang membangun demi kebaikan kedepan. Apabila ada yang ditanyakan terkait penelitian ini, penulis dapat dihubungi melalui email [inasrosyida@gmail.com](mailto:inasrosyida@gmail.com).

