



***PRINCIPAL COMPONENT REGRESSION* PADA TEKNIK *STATISTICAL*  
*DOWNSCALING* UNTUK PERAMALAN CURAH HUJAN HARIAN**

**SKRIPSI**

Oleh

**M. Dika Saputra**

**NIM 161810101073**

**JURUSAN MATEMATIKA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS JEMBER**

**2020**



***PRINCIPAL COMPONENT REGRESSION PADA TEKNIK STATISTICAL  
DOWNSCALING UNTUK PERAMALAN CURAH HUJAN HARIAN***

**SKRIPSI**

diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat  
untuk menyelesaikan studi pada Program Studi Matematika (S-1)  
dan mencari gelar Sarjana Sains

Oleh

**M. Dika Saputra**

**NIM 161810101073**

**JURUSAN MATEMATIKA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS JEMBER**

**2020**

## PERSEMBAHAN

Dengan menyebut nama Allah Yang Maha Pengasih dan Maha Penyayang serta sholawat dan salam selalu tercurahkan kepada Nabi Muhammad SAW, penulis persembahkan skripsi ini sebagai ungkapan kebahagiaan dan rasa terimakasih kepada:

1. Ibunda Istadil Khoiriya, Ibunda Istadil Khoiriya, Ibunda Istadil Khoiriya dan Ayahanda Sungkono serta seluruh keluarga yang selalu mendukung, memberikan doa, kasih sayang dan motivasi yang tiada henti.
2. Dr. Alfian Futuhul Hadi, S.Si., M.Si selaku Dosen Pembimbing Utama dan Abduh Riski, S.Si., M.Si selaku Dosen Pembimbing Anggota yang telah membimbing dengan sabar dan telaten dalam penyempurnaan tugas akhir ini.
3. Dr. Yuliani Setia Dewi, S.Si., M.Si. dan Dian Anggraeini, S.Si., M.Si selaku Dosen Penguji yang senantiasa memberikan kritik dan saran demi perbaikan tugas akhir ini.
4. Ibunda kedua penulis Nyai Hj. Lilik Istiqomah, S.H., M.H yang selalu mendoakan penulis disepertiga malamnya
5. Seluruh jajaran guru RA Perwanida II Tapanrejo, MI Darussholah Tapanrejo, SMPN 2 Muncar, dan SMKN Darul Ulum Muncar yang telah memberikan banyak ilmu kepada penulis.
6. Himatika “GEOKOMPSTAT”, UKKI IONS, PP. Al Jauhar yang telah memberikan banyak pengalaman organisasi dan juga mengajarkan adab yang baik.
7. Teman-teman MISDIRECTION terkhusus D.R.K.G dan semua pihak yang selama ini mendukung penulis sehingga Tugas Akhir ini bisa terselesaikan.
8. Sahabat “Ena-Ena” dan “Pojok Kemanusiaan” yang selalu memberi senyum dan tawa.
9. Semua pihak yang membantu penulis dalam menyelesaikan tugas akhir.

**MOTTO**

Ruang Bahagia : ciptakanlah kebahagiaan-kebahagian kecil dalam dirimu tanpa melanggar aturan dari tuhan, bagaimanapun orang melakukan maksiat itu ingin mencari kesenangan



**PERNYATAAN**

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : M. Dika Saputra

NIM : 161810101073

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul “*Principal Component Regression* pada Teknik *Statistical Downscaling* untuk Peramalan Curah Hujan Harian” adalah benar-benar hasil karya ilmiah sendiri, kecuali jika dalam pengutipan substansi disebutkan sumbernya dan belum pernah diajukan pada institusi manapun serta bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa ada tekanan dan paksaan dari pihak manapun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, Desember 2020

Yang menyatakan,

M. Dika Saputra

NIM 161810101073

**SKRIPSI**

***PRINCIPAL COMPONENT REGRESSION PADA TEKNIK STATISTICAL  
DOWNSCALING UNTUK PERAMALAN CURAH HUJAN HARIAN***

Oleh  
**M. Dika Saputra**  
**NIM 161810101073**

Pembimbing

Dosen Pembimbing Utama : Dr. Alfian Futuhul Hadi, S.Si., M.Si.

Dosen Pembimbing Anggota : Abduh Riski, S.Si.,M.Si

**PENGESAHAN**

Skripsi berjudul “*Principal Component Regression* pada Teknik *Statistical Downscaling* untuk Peramalan Curah Hujan Harian” telah diuji dan disahkan pada:

hari, tanggal :

tempat : Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Universitas Jember

Tim Penguji :

Ketua,

Anggota I,

Dr. Alfian Futuhul Hadi, S.Si., M.Si

NIP. 197407192000121001

Anggota II,

Abduh Riski, S.Si., M.Si

NIP. 199004062015041001

Anggota III,

Dr. Yuliani Setia Dewi, S.Si., M.Si.

NIP. 197407162000032001

Dian Anggraeini, S.Si., M.Si

NIP. 1982021620060420002

Mengesahkan

Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Universitas Jember

Drs. Achmad Sjaifullah, M.Sc., Ph.D

NIP. 195910091986021001

## RINGKASAN

***PRINCIPAL COMPONENT REGRESSION PADA TEKNIK STATISTICAL DOWNSCALING UNTUK PERAMALAN CURAH HUJAN HARIAN***; M. Dika Saputra, 161810101073; 2020; 56 halaman; Jurusan Matematika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.

Kota Kupang merupakan suatu kota dengan tingkat kekeringan yang panjang sebagai akibat dari pola muson yaitu muson asia dan muson australia. Oleh sebab itu, upaya terkini yang dapat dilakukan adalah melakukan peramalan terkait potensi datangnya kembali kekeringan di Kota Kupang dengan mengembangkan model peramalan curah hujan. Namun, informasi iklim lokal yang hilang menjadi kendala dalam analisis dan peramalan data. *Kalman Filter Imputation* dan *State Space Model* merupakan metode imputasi yang beroperasi secara rekursif dimana terdapat pembaruan prediksi nilai ketika terjadi pembaruan data. Pengembangan model peramalan curah hujan dengan teknik *statistical downscaling* (SD) adalah salah satu dari beberapa metode peramalan curah hujan dengan pendekatan statistika yang menghubungkan antara peubah respon (data lokal) dengan variabel prediktor (data GCM). Hubungan fungsional pada teknik ini menggunakan model *Principal Component Regression* (PCR). Penggunaan model ini pada teknik SD memiliki keuntungan yaitu adanya reduksi dimensi variabel prediktor. Hal ini dikarenakan dimensi pada variabel prediktor dapat melebihi banyaknya data yang tersedia. Sementara itu, pada model regresi salah satu syarat utamanya adalah banyaknya data yang tersedia harus lebih besar dari banyaknya variabel prediktor. Maka digunakan PCR untuk meramalkan curah hujan. Tahapan awal penelitian ini yaitu dengan memperbaiki data *unusual obeservation* (terjadi hujan dengan nilai kurang dari 1 mm) dan mengestimasi nilai hilang pada variabel respon (data lokal). Perbaikan data dilakukan dengan merata-rata nilai curah hujan kurang dari 1 mm dan lebih dari nol sedangkan estimasi nilai hilang dilakukan dengan data rata-rata curah hujan harian Nusa Tenggara Timur sebagai acuan karakteristik curah hujan harian Kota Kupang menggunakan Kalman Filter dengan *State-Space Model Arima (2,1,1)*. Tahapan selanjutnya yaitu pada Teknik SD, penentuan ukuran domain atau *grid search*. Langkah ini menjadi penentu tahapan jumlah variabel prediktor yang akan digunakan dalam model PCR. Ukuran domain yang optimum diperoleh pada domain dengan ukuran  $4 \times 4$ . Hal ini menandakan bahwa jumlah variabel prediktor yang digunakan sebanyak 16 variabel. Jumlah variabel prediktor yang sangat besar ini kemudian di reduksi menggunakan *Principal Component Analysis* (PCA). Adapun jumlah *Principal Component* (PC) hasil reduksi pada domain ukuran  $4 \times 4$  sebanyak 10 PC. Model PCR yang diperoleh yang diperoleh



merupakan model terbaik dengan nilai *Mean Absolut Percent Error* (MAPE) terendah diantara model yang lainnya. Model ini dapat digunakan untuk meramalkan curah hujan harian Kota Kupang.



## PRAKATA

Puji syukur kehadirat Allah SWT atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir dengan judul “*Principal Component Regression* pada Teknik *Statistical Downscaling* untuk Peramalan Curah Hujan Harian”. Tugas akhir ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat untuk menyelesaikan pendidikan strata satu (S-1) pada Jurusan Matematika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.

Penyusunan tugas akhir ini tidak lepas dari bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan terimakasih kepada:

1. Dr. Alfian Futuhul Hadi, S.Si., M.Si. selaku Dosen Pembimbing Utama dan Abduh Riski, S.Si., M.Si. selaku Dosen Pembimbing Anggota yang telah meluangkan waktu, pikiran, dan perhatian dalam penulisan tugas akhir ini;
2. Dr. Yuliani Setia Dewi, S.Si., M.Si. selaku Dosen Penguji I dan Dian Anggraeni, S.Si., M.Si. selaku Dosen Penguji II yang telah memberikan kritik dan saran yang membangun dalam penyempurnaan tugas akhir ini;
3. Dosen dan karyawan Jurusan Matematika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember;
4. Keluarga yang telah memberikan semangat dan doa tulus ikhlas penuh kasih sayangnya;
5. Teman-teman dan semua pihak yang telah membantu dan memberi semangat.

Semoga bantuan, bimbingan dan dorongan yang telah diberikan dicatat sebagai amal baik oleh Allah SWT dan mendapat balasan yang sesuai dari-Nya. Penulis juga menerima kritik dan saran dari semua pihak demi kesempurnaan tugas akhir ini. Akhirnya penulis berharap semoga tugas akhir ini dapat bermanfaat.

Jember, Desember 2020

Penulis

DAFTAR ISI

SKRIPSI .....	1
SKRIPSI .....	i
PERSEMBAHAN .....	ii
MOTTO .....	iii
PERNYATAAN.....	iv
SKRIPSI .....	v
PENGESAHAN.....	vi
RINGKASAN .....	vii
PRAKATA.....	ix
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR TABEL .....	xiii
<b>BAB 1 PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
<b>1.1 Latar Belakang.....</b>	<b>1</b>
<b>1.2 Rumusan Masalah .....</b>	<b>3</b>
<b>1.3 Tujuan.....</b>	<b>3</b>
<b>1.4 Manfaat.....</b>	<b>4</b>
<b>BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA.....</b>	<b>5</b>
<b>2.1 <i>Global Circular Model (GCM)</i>.....</b>	<b>5</b>
<b>2.2 <i>Statistical Downscaling (SD)</i> .....</b>	<b>5</b>
<b>2.3 <i>Pra-Pemroses</i>.....</b>	<b>7</b>
<b>2.4 <i>Grid Search</i> .....</b>	<b>8</b>
<b>2.5 <i>Principal Component Analysis (PCA)</i> .....</b>	<b>9</b>
<b>2.6 <i>Principal Component Regression (PCR)</i> .....</b>	<b>11</b>
<b>2.7 <i>Root Mean Square Error (RMSE) dan Mean Absolut Percent Error (MAPE)</i>.....</b>	<b>11</b>
<b>BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN.....</b>	<b>13</b>
<b>3.1 <i>Data</i> .....</b>	<b>13</b>
<b>3.2 <i>Langkah-langkah Penelitian</i> .....</b>	<b>13</b>

<b>BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>16</b>
<b>4.1 Kontruksi Data Penelitian.....</b>	<b>16</b>
4.1.1 Data Lokal.....	16
4.1.2 Data <i>Global Circular Model</i> (GCM).....	17
<b>4.2 <i>Preprocessing Data</i> .....</b>	<b>18</b>
4.2.1 Perbaikan Data <i>Unusual Observation</i> .....	18
4.2.2 Penanganan Nilai Hilang ( <i>Missing Value</i> ) .....	19
<b>4.3 <i>Grid Search</i> .....</b>	<b>20</b>
<b>4.4 Model Peramalan <i>Principal Component Regression</i> (PCR).....</b>	<b>22</b>
<b>4.5 Peramalan Model PCR Pada Data Training .....</b>	<b>23</b>
<b>4.6 Uji Model .....</b>	<b>24</b>
<b>4.7 Analisis Peramalan .....</b>	<b>26</b>
<b>BAB 5. PENUTUP .....</b>	<b>29</b>
<b>5.1 Kesimpulan.....</b>	<b>29</b>
<b>5.2 Saran .....</b>	<b>29</b>
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>	<b>30</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>32</b>

**DAFTAR GAMBAR**

Gambar 2. 1 Statistical Downscaling .....	6
Gambar 2. 2 Algoritma <i>Grid Search</i> .....	8
Gambar 3. 1 Langkah Penanganan <i>Missing Value</i> .....	14
Gambar 3. 2 Langkah-langkah Penelitian.....	15
Gambar 4.1 Deskripsi Curah Hujan .....	16
Gambar 4.2 Domain Grid GCM .....	18
Gambar 4.3 Grafik Plot Nilai Hilang .....	19
Gambar 4.4 Grafik Plot Estimasi Nilai Hilang Kota Kupang.....	20
Gambar 4. 5 Grafik kumulatif komponen utama $4 \times 4$ .....	22
Gambar 4. 6 Grafik Data Rill Curah Hujan Harian Kota Kupang dan Hasil PCR Periode <i>Training</i> .....	24
Gambar 4. 7 Grafik Hasil Uji Model PCR Periode <i>Testing</i> .....	26
Gambar 4. 8 Grafik Hasil Peramalan Curah Hujan harian Kota Kupang .....	27

**DAFTAR TABEL**

Tabel 2.1 Range Nilai MAPE .....	12
Tabel 4.1 Nilai MAPE Pada Setiap Ukuran Domain <i>Grid</i> .....	21
Tabel 4.2 Kumulatif Keragaman Komponen Utama .....	23
Tabel 4.3 Hasil Uji Model PCR periode <i>testing</i> Curah Hujan Pada Tanggal 20 Oktober 2019 – 31 Desember 2019.....	25



## BAB 1 PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Bencana kekeringan di Indonesia merupakan persoalan yang memiliki dampak yang cukup signifikan. Sebagai negara agraris, kekeringan dapat menyebabkan turunnya produksi tanaman pangan yang berdampak pada menurunnya jumlah pangan nasional serta menyebabkan terganggunya stabilitas perekonomian. Kekeringan dapat diartikan sebagai pengurangan persediaan air atau kelembaban yang bersifat sementara secara signifikan dibawah normal atau volume yang diharapkan dalam jangka waktu tertentu (Raharjo, 2010). Dampak kekeringan yang panjang dapat menyebabkan kerusakan yang signifikan seperti krisis persediaan air, kebakaran hutan dan lahan, panjangnya paceklik atau kegagalan panen, dan pemutihan terumbu karang (BMKG, 2015).

Terjadinya bencana alam turut dipengaruhi oleh kondisi geografis (Singer, et al. 1991). Indonesia terletak diantara dua benua, dua samudra dan terletak daerah sekitar khatulistiwa sehingga memiliki iklim tropis yang terdiri atas dua musim yaitu musim kemarau dan musim hujan. Namun, tidak seimbang antara musim kemarau dan musim hujan dapat membawa dampak negatif di beberapa wilayah di Indonesia salah satunya adalah Kota Kupang. Kota Kupang merupakan pusat pemerintahan Provinsi Nusa Tenggara Timur tepatnya terletak pada posisi  $10^{\circ}36'14''$  –  $10^{\circ}39'58''$  Lintang Selatan dan  $123^{\circ}32'23''$  –  $123^{\circ}37'01''$  Bujur Timur. Berdasarkan letak geografisnya, Kota Kupang berada diantara Teluk Kupang dan Kabupaten Kupang. Kondisi geografis ini turut menjadi faktor yang menyebabkan variabilitas iklim di wilayah Kota Kupang. Hal ini erat kaitannya dengan pola muson. Musim hujan dan kemarau di Kota Kupang terjadi seiring dengan bertiupnya muson secara periodik yaitu muson asia dan muson australia dimana muson ini terjadi akibat perbedaan tekanan udara wilayah utara-selatan. Akibatnya, terjadi perubahan pada peredaran masa udara yang berdampak pada berkurangnya pembentukan awan hujan di Kota Kupang sehingga terjadi kekeringan yang panjang.

Diperlukan sejumlah upaya penanganan untuk mengatasi bencana kekeringan di Kota Kupang. Upaya terkini yang dapat dilakukan adalah melakukan peramalan terkait potensi datangnya kembali kekeringan di Kota Kupang dengan mengembangkan model peramalan curah hujan. Model peramalan curah hujan yang akurat dan presisi menjadi bagian penting dalam menyediakan informasi curah hujan di masa mendatang. Peramalan (*forecasting*) merupakan prediksi nilai-nilai sebuah variabel berdasarkan kepada nilai yang diketahui dari variabel tersebut atau variabel yang berhubungan.

Terdapat penelitian-penelitian tentang permalan curah hujan di beberapa Kabupaten yang telah dilakukan, salah satunya oleh Estiningtyas dan Wigena pada tahun 2011. Adapun penelitian ini menghasilkan model terbaik *Principal Component Regression* (PCR) pada kondisi El Nino dengan Rata-rata nilai RMSEP dan korelasi adalah 95.22 dan 0.66. Selain itu Rafi pada tahun 2012 melakukan penelitian menggunakan *Model Downscaling* GCM dan jaringan saraf tiruan studi kasus curah hujan di Indramayu. Pada penelitian ini menunjukkan beberapa model GCM dapat mendekati nilai rata-rata curah hujan bulanan dan hasil prediksi terbaik diperoleh pada Stasiun Bondan dengan nilai korelasi terbesar 0,497 dan nilai terendah sebesar 0,3704 pada Stasiun Krangkeng.

Data GCM dapat diartikan sebagai penggambaran matematis dari sejumlah besar interaksi fisika, kimia, dan dinamika atmosfer bumi dan menghasilkan data dalam jumlah sangat besar yang dapat digunakan untuk membuat prakiraan iklim (Wigena,2006). Akan tetapi, informasi dari data GCM masih berskala global dan tidak untuk fenomena skala lebih kecil (lokal). Sehingga sulit untuk memperoleh langsung informasi berskala lokal dari data GCM. Resolusi data GCM terlalu rendah untuk memprediksi iklim lokal yang dipengaruhi oleh topografi dan tataguna lahan, tetapi data GCM masih mungkin digunakan untuk memperoleh informasi skala lokal (Estiningtyas dan Wigena, 2011). Teknik *Statistical Downscaling* (SD) dapat dijadikan suatu alternatif dalam penggunaan data GCM untuk memperoleh informasi iklim dalam skala lokal.

Teknik *Downscaling* adalah suatu proses transformasi data dari unit skala besar menjadi data pada unit skala yang lebih kecil. *Downscaling* adalah suatu



cara menginterpolasi peubah-peubah prediktor atmosfer berskala besar terhadap peubah-peubah berskala lebih kecil. Dalam statistika salah satu teknik ini adalah *Statistical Downscaling* yaitu model statistik untuk menggambarkan hubungan antara data pada unit-unit berskala besar dengan data pada unit berskala lebih kecil dalam periode waktu tertentu. Metode yang umum digunakan untuk *Statistical Downscaling* adalah *Principal Component Regression* (PCR) yang berdasarkan analisis komponen utama *Principal Component Analysis* (PCA). Penggunaan metode PCR pada *Statistical Downscaling* dinilai tepat karena adanya reduksi pada dimensi variabel prediktor.

Pada penelitian ini, penulis tertarik untuk melakukan penelitian terkait pemodelan *statistical downscaling* data GCM menggunakan metode *Principal Component Regression* (PCR) untuk peramalan curah hujan Kota Kupang. Adapun data pendukung yang digunakan adalah data curah hujan harian di Stasiun Meteorologi Eltari.

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan di atas, maka rumusan masalah yang diperoleh adalah :

1. Dengan memanfaatkan informasi pada data GCM, bagaimanakah model *Statistical Downscaling* menggunakan PCR pada peramalan curah hujan harian di Kota Kupang.
2. Bagaimanakah hasil peramalan curah hujan harian dari model terbaik *Statistical Downscaling* menggunakan PCR di Kota Kupang.

## 1.3 Tujuan

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Mengetahui Model terbaik *Statistical Downscaling* menggunakan PCR pada peramalan curah hujan harian di Kota Kupang
2. Mengetahui hasil peramalan curah hujan harian dari model terbaik *Statistical Downscaling* menggunakan PCR di Kota Kupang.

#### 1.4 Manfaat

Manfaat yang diharapkan melalui penelitian adalah menghasilkan suatu model *statistical downscaling* yang memberikan informasi iklim akurat data luaran GCM menggunakan *Principal Component Regression* sehingga dapat menjadikan suatu referensi untuk melakukan pendugaan curah hujan harian dengan baik dan menjadi pertimbangan pemerintah terhadap penanggulangan bencana alam kekeringan di Kota Kupang.



## BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 *Global Circular Model (GCM)*

Global Circular Model merupakan suatu model iklim berdasarkan komputer yang menggunakan persamaan numerik dan deterministik yang mengikuti aturan fisika. GCM digunakan untuk memperkirakan iklim dan cuaca, serta mampu memahami perubahan iklim dan cuaca (Sutikno, dkk.2009). Luaran GCM masih berskala global dan tidak untuk fenomena pada skala lokal sehingga sulit untuk memperoleh informasi langsung skala lokal dari GCM. Karena itu, diperlukan suatu teknik untuk memperoleh informasi iklim yang berskala lokal dari GCM dengan tingkat akurasi yang tinggi. Model GCM telah diakui banyak pihak sebagai salah satu alat yang penting dalam studi keragaman dan perubahan iklim. Model ini mampu menggambarkan sejumlah subsistem-subsistem dari iklim bumi, seperti proses-proses di atmosfer, lautan maupun daratan sehingga dapat dipandang sebagai metode yang paling berpotensi dalam mensimulasi iklim masa lampau, sekarang, maupun memprediksi perubahan-perubahan iklim yang mungkin terjadi dimasa mendatang.

### 2.2 *Statistical Downscaling (SD)*

*Statistical Downscaling* didefinisikan sebagai upaya menghubungkan antara peubah skala global (peubah penjas) dan peubah skala lokal (Sutikno, 2008). Tujuan dari *Statistical Downscaling* adalah mencari hubungan parameter iklim skala global dengan parameter iklim skala lokal sehingga didapatkan nilai proyeksi simulasi GCM pada iklim masa lalu, sekarang, atau masa depan yang berskala lokal (Sahrman, 2014). Pada metode *Statistical Downscaling* grid data skala global menjadi prediktornya, sedangkan grid data skala lokal menjadi responnya. *Statistical Downscaling* menggunakan model statistik dalam menggambarkan hubungan grid data pada skala global dengan grid data pada skala lokal untuk menerjemahkan anomali-anomali skala global menjadi anomali dari beberapa peubah iklim lokal (Zorita & Storch, 1999).

Pendekatan tersebut mencari informasi skala kecil pada informasi skala besar melalui hubungan fungsional. Namun keadaan skala lokal akan beraneka ragam meskipun memiliki skala global yang sama. Persamaan umum Statistical Downscaling adalah sebagai berikut (Sailor, et al., 2000).

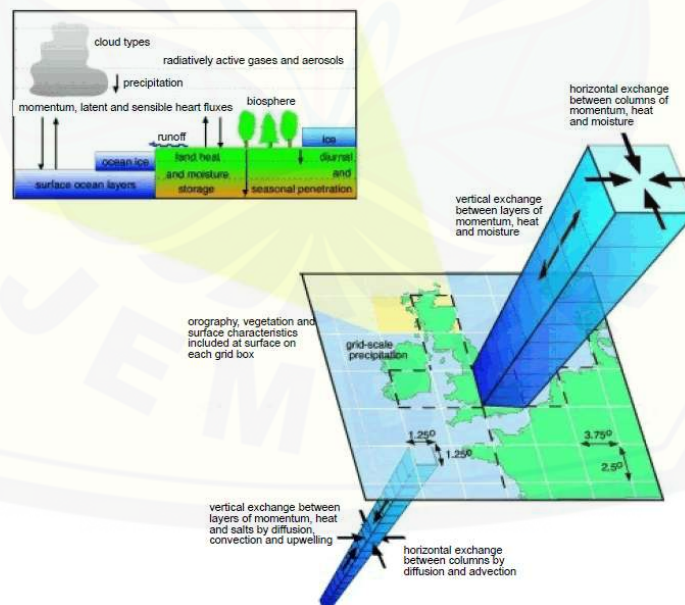
$$y = f(x) + \varepsilon \quad (2.1)$$

$y$  : variabel respon (curah hujan pengamatan, beresolusi tinggi: titik/wilayah)

$x$  : variabel prediktor (GCM beresolusi rendah)

$\varepsilon$  : residual

$y$  adalah peubah-peubah iklim lokal seperti curah hujan dimensi  $(t \times 1)$ .  $x$  adalah peubah skala besar yang memiliki dimensi  $(t \times p)$ .  $t$  adalah lamanya waktu bisa dalam hari maupun bulan,  $p$  adalah banyaknya grid domain skala besar. *Statistical Downscaling* diilustrasikan sebagaimana gambar berikut yang menghubungkan data skala besar dengan hasil observasi di permukaan bumi yang berskala lokal.



Gambar 2. 1 Statistical Downscaling  
Sumber : <http://nihroorkee.gov.in>

Model *Statistical Downscaling* memberikan hasil yang baik apabila memenuhi tiga syarat yang disebutkan pada Busuioca, et al., 2001, yaitu:

1. hubungan yang kuat antara respon dan prediktor agar dapat menjelaskan keragaman iklim lokal dengan baik,
2. peubah prediktor harus disimulasikan dengan baik oleh skala global,
3. adanya perubahan waktu dan iklim tidak mengubah hubungan prediktor dan juga respon

dengan demikian model *Statistical Downscaling* dapat memiliki kondisi yang sebenarnya.

### 2.3 Pra-Pemroses

Sebuah data dikatakan kurang baik jika terdapat permasalahan berupa nilai kosong, pencilan dan inkonsistensi data sehingga menghasilkan kualitas data yang kurang baik. Pra-Pemroses atau dapat disebut *preprocessing* merupakan tahap awal pengolahan data yang dilakukan untuk meningkatkan kualitas data sebelum melakukan analisis terhadap data lebih lanjut. Pra-Pemroses dapat dilakukan dengan penanganan *missing value*.

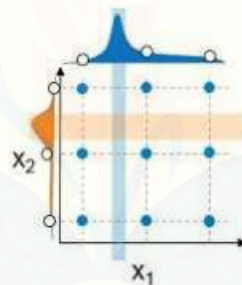
*missing value* atau nilai hilang adalah nilai dimana satu atau lebih dari suatu variabel tidak lengkap informasinya untuk dianalisis. Pada dasarnya sangat sulit menghindari *missing value*. *missing value* dapat terjadi karena data tersebut tidak tersedia. *missing value* yang berjumlah sedikit tidak membawa permasalahan namun apabila dalam jumlah banyak maka perlu dilakukan uji apakah data tersebut layak dianalisis atau tidak. Pengaruh *missing value* adalah berkurangnya sampel yang dapat dianalisis. Pada beberapa situasi, peneliti harus mengumpulkan pengamatan tambahan atau melakukan perbaikan terhadap *missing value* pada sampel yang sebenarnya. Disisi lain, estimasi bias juga bisa muncul akibat identifikasi dan perbaikan yang keliru pada *missing value*. Menemukan perbaikan *missing value* dapat menjadi solusi praktis *missing value*, namun tetap saja peneliti harus menghindari perbaikan tanpa diagnosis *missing value* terlebih dahulu. menghindari diagnosis dapat mengakibatkan masalah praktis pada ukuran sampel (Hair, et all., 2006)

## 2.4 Grid Search

Metode *Grid Search* merupakan metode yang sederhana untuk menentukan parameter optimum pada masalah optimasi. Metode ini membagi jangkauan pencarian parameter yang akan dioptimalkan kedalam *grid* dan melintasi semua titik untuk mendapatkan parameter yang optimal (Yao, Y, et al.2014). setiap jangkauan pencarian dibagi menjadi sebuah himpunan dengan interval yang sama. Jika parameter  $c$  dan  $g$  masing-masing memiliki taksiran nilai sebanyak  $i$  dan  $j$ , maka algoritma *grid search* akan melatih dan menguji  $i \times j$  titik *grid* untuk menemukan parameter yang optimal. Kombinasi angka yang menghasilkan performa terbaiklah yang dipilih untuk menjadi nilai dari kedua koefisien tersebut. Secara garis besar, *grid search* adalah fungsi *cartesian product* seperti pada Persamaan dibawah ini.

$$c \times g = \{(i,j)|i \in c \text{ dan } j \in g\}, \quad (2.2)$$

dimana  $i$  anggota dari himpunan  $c$ ,  $j$  anggota dari himpunan  $g$  (Natan, dkk.2019).



Gambar 2. 2 Algoritma *Grid Search*

Sumber : Ayundra,2019

Menurut Wilby dan Wibley (2000), pemilihan ukuran domain merupakan faktor kritis dalam pemodelan *Statistical downscaling*. Pengamatan dengan domain yang terlalu kecil akan mengurangi informasi pengaruh global, sebaliknya pengamatan domain yang terlalu besar akan berakibat informasi lokal yang akan berkurang sehingga diperlukan suatu metode yang mampu mendapatkan nilai optimum pada pemilihan ukuran domain.

Pada teknik *statistical downscaling*, metode *grid search* menentukan ukuran domain yang menjadi prediktor bagi data skala lokal. Menurut Wigena (2006), belum ada metode khusus untuk menentukan *grid* yang akan digunakan. Akan

tetapi langkah yang paling sering dilakukan adalah dengan melihat nilai korelasi data lokal dengan *grid* yang telah ditentukan.

## 2.5 Principal Component Analysis (PCA)

*Principal Component Analysis* (PCA) merupakan teknik statistik yang dapat digunakan untuk menjelaskan struktur variansi-kovariansi dari sekumpulan variabel melalui variabel baru dimana variabel baru ini saling bebas dan merupakan kombinasi linier dari variabel asal (Johnson, 2002). Secara umum *Principal Component Analysis* digunakan untuk mengurangi ukuran atau dimensi data tanpa kehilangan banyak informasi yang terkandung. *Principal Component* dapat dibentuk dari matriks kovarians maupun korelasi. *Principal Component* secara aljabar merupakan kombinasi linier dari  $\rho$  variabel acak  $X_1, X_2, X_3, \dots, X_p$ . Secara geometris, kombinasi linier tersebut merupakan sistem koordinat yang didapatkan dari transformasi sistem awal dengan  $X_1, X_2, X_3, \dots, X_p$  sebagai sumbu koordinat.

*Principal Component* tergantung sepenuhnya pada matriks kovarian yang disimbolkan dengan  $\Sigma$  (atau matriks korelasi  $\rho$ ) dari *Principal Component* peubah-peubah  $X_1, X_2, X_3, \dots, X_p$ . Misalkan vektor acak  $X^T = [X_1, X_2, X_3, \dots, X_p]$  memiliki matriks kovarian dengan dengan nilai eigen  $\lambda_1 \geq \lambda_2 \geq \lambda_3 \geq \dots \geq \lambda_p \geq 0$ . Maka kombinasi liniernya adalah

$$\begin{aligned} y_1 &= a_1^T X = a_{11}X_1 + a_{12}X_2 + a_{13}X_3 + \dots + a_{1p}X_p \\ y_2 &= a_2^T X = a_{21}X_1 + a_{22}X_2 + a_{23}X_3 + \dots + a_{2p}X_p \\ y_3 &= a_3^T X = a_{31}X_1 + a_{32}X_2 + a_{33}X_3 + \dots + a_{3p}X_p \\ &\vdots \\ y_p &= a_p^T X = a_{p1}X_1 + a_{p2}X_2 + a_{p3}X_3 + \dots + a_{pp}X_p \end{aligned} \quad (2.3)$$

$y_1, y_2, y_3, \dots, y_p$  merupakan komponen-komponen utama, dimana mempunyai variansi sebesar mungkin. Untuk mencari variansi  $Y_i$  dan kovariansi ( $Y_i, Y_k$ ) digunakan persamaan

$$\text{var}(Y_i) = a_i' \Sigma a_i \text{ dimana } i = 1, 2, 3, \dots, p \quad (2.4)$$

$$\text{cov}(Y_i, Y_k) = a_i' \Sigma a_k \text{ dimana } i, k = 1, 2, 3, \dots, p \quad (2.5)$$

Sehingga, total variansi populasi *Principal Component* adalah

$$\begin{aligned}\sigma_{11} + \sigma_{22} + \sigma_{33} + \dots + \sigma_{pp} &= \sum_{i=1}^p \text{var}(X_i) = \lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3 + \dots + \lambda_p \\ &= \sum_{i=1}^p \text{var}(Y_i)\end{aligned}\tag{2.6}$$

Sementara itu, proporsi total variansi yang dijelaskan komponen utama ke- $i$  adalah :

$$\text{Proporsi varians ke-}i = \frac{\lambda_i}{\lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3 + \dots + \lambda_p}\tag{2.7}$$

Jika *Principal Component* yang diambil sebanyak  $k$ , dimana nilai  $k < p$ , maka :

$$\text{Proporsi varians PC} = \frac{\lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3 + \dots + \lambda_k}{\lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3 + \dots + \lambda_p}\tag{2.8}$$

Jika PCA linier, maka digunakan matrik kovarians yang telah terstandarisasi karena diagonal metrik utamanya bernilai 1. Total keragaman populasi untuk variabel terstandarisasi adalah  $p$ . Dimana  $p$  adalah jumlah elemen diagonal matrik korelasi, sehingga

$$\text{Proporsi varians ke-}i = \frac{\lambda_i}{p} \times 100\%\tag{2.9}$$

Sampai saat ini tidak ada kriteria baku menentukan jumlah PC. Terdapat beberapa hal yang dapat dipakai sebagai acuan dalam menentukan banyaknya PC yaitu :

1. Melihat *scree plot* yang menggambarkan eigen value  $\hat{\lambda}_i$  dengan jumlahnya,  $i$  menentukan jumlah PC yang sesuai, maka bisa dilihat pada potongan/patahan garis.
2. Banyaknya PC dipilih sesuai dengan banyaknya eigen value yang lebih dari 1 bila diperoleh dari matrik korelasi.
3. PC yang ideal dapat digunakan apabila total variansi yang dijelaskan adalah  $\leq 80\%$ .



## 2.6 Principal Component Regression (PCR)

Data curah hujan memiliki variabel yang sangat banyak dan memiliki multikolinieritas yang tinggi. Multikolinier merupakan korelasi di antara variabel-variabel bebas dan hanya berlaku untuk hubungan linear. Adanya multikolinier dalam model regresi ganda dapat mengakibatkan variance dari  $\hat{\beta}$  membesar sehingga pengaruh masing-masing variabel bebas tidak dapat dipisahkan, Sehingga penambahan atau pengeluan suatu variabel bebas akan mengubah koefisien regresi. Multikolinier dapat dideteksi dengan analisis korelasi salah satunya dengan menggunakan metode PCR. PCR merupakan salah satu metode yang dapat digunakan untuk mengatasi masalah multikolinier (Ohyver,2012). Metode ini akan menghasilkan komponen-komponen utama yang tidak berkorelasi. Secara umum persamaan PCR adalah :

$$Y_{R(t)} = \beta_0 + \sum_{i=1}^m \beta_i C_i \quad (2.10)$$

dengan :

$Y_{R(t)}$  = Data variabel respon

$\beta_0$  = nilai intersep

$\beta_i$  = koefisien bagi komponen ke-i

$C_i$  = komponen utama ke-i

## 2.7 Root Mean Square Error (RMSE) dan Mean Absolut Percent Error (MAPE)

RMSE merupakan ukuran error atau kesalahan antara dua buah nilai yang bersesuaian, dalam hal ini nilai prediksi dengan nilai aktual. Secara umum RMSE dirumuskan oleh persamaan 2.11

$$\text{RMSE} = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{t=1}^n (y_t - \hat{y}_t)^2} \quad (2.11)$$

Dimana  $y_t$  = nilai aktual

$\hat{y}_t$  = nilai prediksi

N = jumlah data

Pada penelitian ini, variabel  $y_t$  merupakan data curah hujan harian kota kupang 20 Oktober 2019 – 31 Desember 2019 dan nilai  $\hat{y}_t$  merupakan hasil model prediksi data curah hujan kota kupang 20 Oktober 2019 – 31 Desember 2019.

Selain RMSE, model validasi yang dapat digunakan adalah Mean Absolut Percent Error. MAPE digunakan jika ukuran variabel peramalan merupakan faktor penting dalam mengevaluasi akurasi peramalan tersebut (Maricar, 2019). MAPE memberikan petunjuk seberapa besar kesalahan peramalan dibandingkan dengan nilai sebenarnya dari *series* tersebut (Ramli, 2013). Penggunaan nilai MAPE memiliki range nilai yang dapat dijadikan bahan pengukuran mengenai kemampuan dari suatu model peramalan, range nilai tersebut dapat dilihat pada Tabel 2.1

Tabel 2.1 Range Nilai MAPE

Range MAPE	Arti
< 10%	Kemampuan model peramalan sangat baik
10 % - 20 %	Kemampuan model peramalan baik
20% - 50%	Kemampuan model peramalan layak
< 50%	Kemampuan model peramalan buruk

secara umum MAPE dirumuskan dalam persamaan 2.12.

$$\text{MAPE} = \frac{1}{N} \sum_{t=1}^N \left( \frac{|y_t - \hat{y}_t|}{y_t} \right) \times 100 \quad (2.12)$$

Dengan  $N$  = Jumlah data

$y_t$  = nilai aktual

$\hat{y}_t$  = nilai ramal

### BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN

#### 3.1 Data

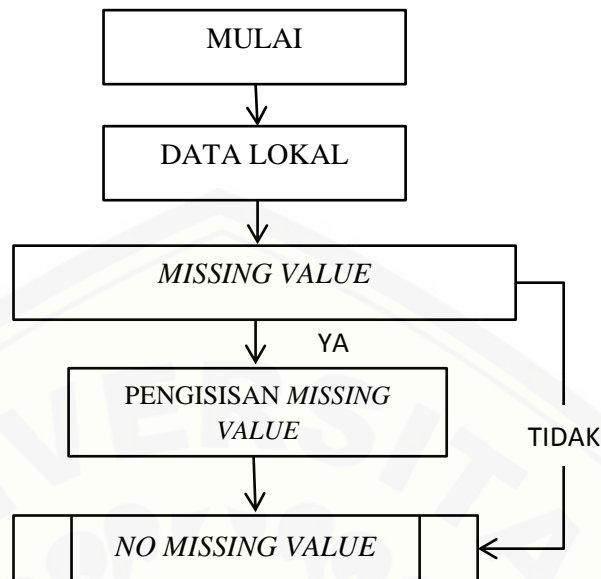
Pada penelitian ini digunakan dua data yaitu data *Global Circular Model* (GCM) dan data curah hujan harian di Kota Kupang pada periode 1 Januari 2019 sampai dengan 31 Desember 2019. Data GCM diperoleh dari laman : <https://cds.climate.copernicus.eu> dan data curah hujan diperoleh dari publikasi online yang dikeluarkan oleh BMKG melalui laman <http://www.dataonlinebmg.go.id> dengan mengikuti periode pada curah hujan harian yaitu 1 Januari 2019 sampai dengan 31 Desember 2019. Adapun batasan daerah yang digunakan pada penelitian ini yaitu rentang *latitude*  $-13,25^{\circ}\text{LS}$  sampai dengan  $-7,25^{\circ}\text{LS}$  serta rentang *longitude*  $120,75^{\circ}\text{BT}$  sampai dengan  $126,75^{\circ}\text{BT}$ . Data yang diperoleh dibagi menjadi dua bagian yaitu data *training* dan data *testing*. Data *training* yang digunakan adalah data pada periode 1 Januari 2019 sampai dengan 19 Oktober 2019. Data *testing* yang digunakan adalah data pada periode 20 Oktober 2019 sampai dengan 31 Desember 2019.

#### 3.2 Langkah-langkah Penelitian

Langkah-langkah penelitian ini menggunakan metode PCR dengan software R.

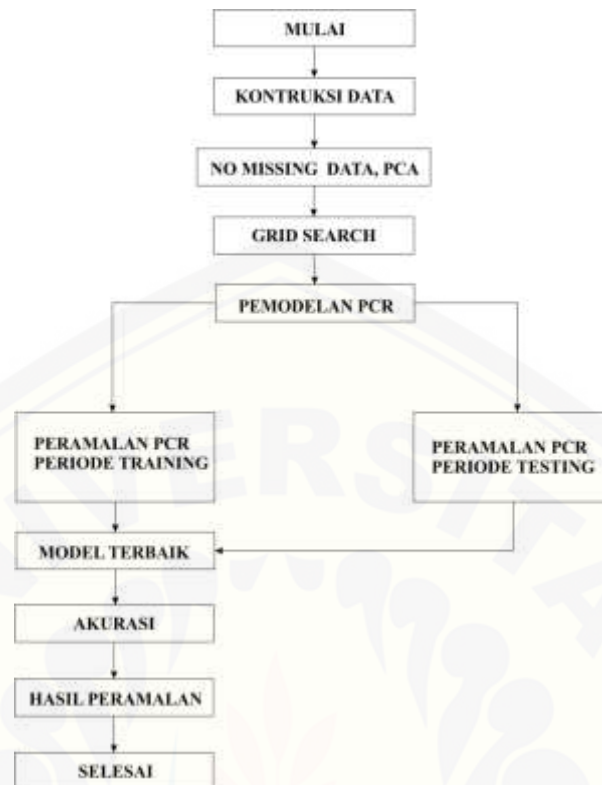
1. Mengambil data pengamatan variabel prediktor pada laman <https://cds.climate.copernicus.eu> dan data pengamatan curah hujan dari laman <http://www.dataonlinebmg.go.id>
2. Menentukan variabel prediktor (X) yang diambil dari data GCM dan variabel respon (Y) yang diambil dari data lokal curah hujan harian Kota Kupang.

3. Pra pemroses : menangani *missing value*.



Gambar 3. 1 Langkah Penanganan *Missing Value*

4. Melakukan pemilihan domain dalam menentukan daerah *grid* yang akan digunakan. Daerah *grid* yang digunakan berukuran 12 x 12 dengan masing-masing *grid* berukuran 0,5 x 0,5 dan memuat suatu vektor presipitasi. Batasan daerah yang digunakan pada penelitian ini pada rentang *latitude* -13,25°LS sampai dengan -7,25°LS serta rentang *longitude* 120,75°BT sampai dengan 126,75°BT
  5. Mendapatkan variabel prediktor ( $X$ ) dan variabel respon ( $Y$ ) sejumlah  $p$  variabel dengan menggunakan PCA
  6. Membagi data menjadi dua bagian, *training* dan *testing*.
  7. Peramalan PCR periode *training*.
  8. Mencari model terbaik dari hasil uji data *training*.
  9. Melakukan peramalan PCR periode *testing*.
  10. Menentukan hasil akurasi dan hasil peramalan curah hujan di Kota Kupang.
- Secara singkat langkah-langkah penelitian diuraikan sebagai berikut :



Gambar 3. 2 Langkah-langkah Penelitian

## BAB 5. PENUTUP

### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis data dan pembahasan maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

1. Penggunaan teknik *statistical downscaling* dengan model *Principal Component Regression* (PCR) untuk peramalan curah hujan harian di kota kupang memiliki model yang sangat baik berdasarkan range nilai MAPE pada tabel 2.1 dengan nilai MAPE 2,81 dan RMSE 10,81. Model PCR optimum diperoleh pada domain *grid*  $6 \times 6$  dengan jumlah komponen utama terpilih 11 dan persentase kumulatif varians 94,01%
2. Hasil peramalan curah hujan harian tanggal 1 Desember 2020 – 30 November 2021 menggambarkan bahwa curah hujan tertinggi terjadi pada tanggal 13 Maret 2021. Intensitas curah hujan harian terendah terjadi pada persekitaran bulan Juni hingga November dengan rata-rata curah hujan harian kurang dari 1 mm.

### 5.2 Saran

Pada penelitian ini hasil prediksi pada data *testing* menunjukkan hasil yang kurang baik. Dengan melihat grafik pada gambar 4.7 grafik prediksi menunjukkan rentang yang jauh dengan data aktual, sehingga diperlukan kajian lebih lanjut agar model peramalan memiliki nilai *error* yang kecil pada hasil prediksi. Dari segi penggunaan teknik *statistical downscaling* dengan model *Principal Component Regression* (PCR) dinilai masih memiliki tingkat kesalahan yang cukup tinggi. Penelitian selanjutnya, diharapkan mampu memperbaiki model peramalan dengan memilih model imputasi nilai hilang yang lebih baik dan penambahan waktu pada data lokal maupun data global serta memilih model teknik *statistical downscaling* dengan kemampuan yang lebih baik.

**DAFTAR PUSTAKA**

- Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika. 2015. *Press Release Kekeringan*. Nusa Tenggara Timur: BMKG.
- Busuioca, A., Chena, D., dan Hellstro, C. 2001. Performance of Statistical Downscaling Models in GCM Validation and Regional Climate Change Estimates: Application for Swedish Precipitation. *Climatology*, 557–578.
- Estiningtyas, W dan Wigena, A, H. 2011. “ Teknik Statistical Downscaling Dengan Regresi Komponen Utama Dan Regresi Kuadrat Terkecil Parsial Untuk Prediksi Curah Hujan Pada Kondisi El Nino, La Nina, Dan Normal”. *Jurnal Meteorologi dan Geofisika* Vol.12 No.1, 65-72.
- Hair, J. F., Black, W. C., Babin, B. J., dan Anderson, R. E. 2006. *Multivariate Data Analysis Seventh Edition*. Pearson Education Prentice Hall.
- Johnson, R., dan Wichern, D. 2002. *Applied Multivariate Statistical Analysis 5th Edition*. Prentice Hall, New Jersey.
- Margaretha Ohyver. 2012. Pemodelan Principal Component Regression dengan Software R. *ComTech*. Vol. 3, No. 1:177-185.
- Maricar, M. Azman. 2019. Analisa Perbandingan Nilai Akurasi Moving Average dan Exponential Smoothing untuk Sistem Peramalan Pendapatan pada Perusahaan XYZ. *Jurnal Sistem dan Informatika* Vol. 13, No. 2.
- Muttaqin, Rafi. 2012. “ *Pengembangan Metodologi Downscaling Menggunakan Jaringan Saraf Tiruan (Studi Kasus Curah Hujan Indramayu)*”. Tesis. Bogor: Ilmu Komputer Sekolah Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor.
- Natan, Oskar., Gunawan,A.I., dan Dewanta, B.S.B. 2019. Grid SVM: Aplikasi Machine Learning dalam Pengolahan Data Akuakultur.*Jurnal Rekayasa Elektrika*. Vol. 15, No. 1:7-17.
- Raharjo, D. P. 2010. Teknik Pengindraan Jauh dan Sistem Informasi Geografis untuk Identifikasi Potensi Kekeringan Kabupaten Kebumen. *Jurnal Makara Teknologi*, 14(2), 97-105.
- Ramli, J. H. Barus. 2013. Analisis Peramalan Ekspor Indonesia Pasca Krisis Keuangan Eropa Dan Global Tahun 2008 Dengan Metode Dekomposisi. *Jurnal Ekonomi dan Keuangan*. vol. 1, No. 3, pp. 117–133.
- Sahrman, S. 2014. *Model Statistical Downscaling Dengan Time Lag Data Global Circulation Model untuk Peramalan Curah Hujan*. Bogor: Sekolah Pascasarjana Institut Pertanian Bogor.

- Sailor, D., T. Hu, X. Li, dan Rosen, J. 2000. A Neural Network Approach to Local Downscaling of GCM Output for Assessing Wind Power Implications of Climate Change. *Renewable Energy*, 359-379.
- Singer, E., Endreny, P., dan Glassman, M. B. 1991. Media Coverage of Disasters: Effect of Geographic Location. *Journalism Quarterly*, 68(1-2), 48-58. doi:10.1177/107769909106800106.
- Smith, L. I. 2002. *A tutorial on Principal Components Analysis*. New York: Cornell University.
- Sutikno. 2008. *Statistical Downscaling Luaran Gcm dan Pemanfaatannya Untuk Peramalan Produksi Padi*. Disertasi. Bogor: Program Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor.
- Sutikno, Otok, B. W., dan Setiawan. 2009. *Pengembangan Pemodelan Statistical Downscaling Luaran GCM di Indonesia*. Surabaya: LPPM ITS.
- Wigena, A, H. 2006. “*Pemodelan Statistical Downscaling dengan Regresi Projection Pursuit untuk Peramalan Curah Hujan Bulanan*”. Disertasi. Bogor: Program Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor.
- Wilby, R.L. dan Wigley, T.M.L. 2000. “Precipitation Predictors for Downscaling: Observed and General Circulation Model Relationship”. *Journal of Climate*.
- Wiwik A, Niswati P.R, Edwin R, Febriliyan S, dan Pujiadi. 2017. The Performance of ARIMAX Method in Forecasting Number of Tuberculosis Patients in Malang Regency, Indonesia. *International Journal of Applied Engineering Research* Vol.12, No. 17, pp. 6806-6813
- Yao, Y, et al., An Improved Grid Search Algorithm and Its Application in PCA and SVM Based Face Recognition, *Journal of Computational Information Systems*, 2014, Vol. 10, No. 3:1219–1229.
- Zorita, E. dan Storch, H. von. 1999. The Analog Method as A Simple Statistical Downscaling Technique: Comparison With More Complicated Methods. *Journal Climatology*, 12:2474-2489.



LAMPIRAN

Lampiran A. Data Aktual curah hujan harian kota kupang 2019 dan data GCM

A.1 Data *Training* (Curah Hujan Kota Kupang 1 Januari 2019 – 19 Oktober 2019)

Tgl \ Bln	Januari	Februari	Maret	April	Mei	Juni	Juli	Agustus	September	Oktober
1	5	55,1	0,2	8888	9	0	0	0	0	0
2	1,2	5,9	27	0	0	NA	0	0	NA	0
3	0	7,5	9,7	0	7,6	NA	0	0	0	NA
4	8888	12,2	NA	0	0	0	0	0	NA	NA
5	8888	2,8	0	0	0,1	0	0	0	NA	0
6	28,8	13	8888	7,1	8888	0	0	0	0	NA
7	6,1	1	13	11,3	0	0	0	0	0	0
8	20,6	11,1	34,4	0	0	0	0	0	0	0
9	8888	0	6,7	NA	NA	0	0	NA	NA	0
10	0	0	0	NA	0	NA	0	0	NA	NA
11	2,7	8	15	0	NA	NA	0	0	0	NA
12	8888	8888	3,7	8888	0	8888	0	0,6	0	0
13	19,6	1	8888	0	0	0	0	NA	NA	0
14	0,4	1,9	4	0	0	NA	0,8	0	0	0
15	0,5	NA	1	NA	NA	0	0	0	NA	NA
16	0	9	7	0	0	0	0	0	NA	0
17	8888	21,8	17,2	0	0	0	0	0	0	0
18	43,3	0	20,3	0,1	0	0	0	NA	0	0
19	8888	8888	8888	0	0	0	0	0	NA	NA
20	9,5	NA	0	0	0	NA	0	NA	NA	
21	25,8	8888	0	NA	0	0	NA	0	NA	
22	26,6	12,8	0	0	8888	0	0	0	0	
23	15,2	1,9	0	0	8888	0	0	NA	0	
24	29,3	10,6	0	NA	0	0	0	0	0	
25	13	0,5	2	0	0	0	0	NA	0	
26	59,5	8888	NA	0	0	0	NA	0	0	
27	9,8	5,2	0	0	0	0	0	0	NA	
28	8888	8888	36,6	8888	NA	0	NA	0	0	
29	33,1		8888	0,3	0	0	0	0	0	
30	71,8		8888	8888	0	0	NA	NA	0	
31	23		NA		0		NA	0		

## A.1 Data *Testing* (Curah Hujan Kota Kupang 20 Oktober 2019 – 31 Desember 2019)

BLN TGL	TGL															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Oktober																
Nopember	0	NA	0	0	0	0	NA	0,1	0	0	0	0	0	0	0	0
Desember	0	0	8888	22,4	6	16	NA	NA	0	8888	1,9	0	18,6	8888	0	7
BLN TGL	TGL															
	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	
Oktober				0	NA	0	0	0	0	0	NA	0	2	0	NA	
Nopember	NA	0	0	0	0	0	0	2,3	14,6	0	0	NA	0	0		
Desember	7,5	11,5	8888	7	0	0	14,2	4,6	0	NA	12,7	0	0	20,2	6,4	

## A.2 Data *Global Circural Model* (GCM periode 1 Januari 2019 – 31 Desember 2019)

Data Ke-	Pr <sub>1,2</sub>	Pr <sub>1,3</sub>	Pr <sub>1,4</sub>	...	Pr <sub>5,2</sub>	Pr <sub>5,3</sub>	Pr <sub>5,4</sub>	...	Pr <sub>12,11</sub>	Pr <sub>12,12</sub>	Pr <sub>12,13</sub>
1	22,54	17,6375	3,5725	...	4,3475	0,715	2,2125	...	0	0,7475	15,0525
2	0,19	1,88	0,6025	...	0	0	0,3525	...	0	18,055	45,325
3	0	0	2,58	...	0	0	0	...	0	3,8675	26,32
4	0	0,1475	2,4225	...	0,125	0,105	1,0675	...	1,955	0,4025	0,1175
5	0	0	0,0275	...	0	0	0,35	...	13,8225	1,47	0,1575
6	0	0	0,125	...	0,015	0,0925	0,355	...	0	0	0,0375
7	0	0	0	...	0	0	0	...	0	0	0
8	0	0	0	...	0	0	0	...	0,0375	0,2775	0,035
9	0	0	0	...	0	0	0	...	0	0,635	9,7575
10	0	0	0	...	0	0	0	...	0,055	0,465	4,6475
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
122	19,6525	15,7825	11,88	...	0,015	0	0,645	...	11,1175	1,3725	4,3825
123	0,4075	0,4325	0,69	...	0	0	0,015	...	1,755	0,87	0,4075
124	0,0275	0,0725	0	...	2,4675	1,905	2,005	...	22,18	18,1225	22,5025
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
358	0	0	0	...	0	0	0	...	0	0,025	0
359	0	0	0	...	0	0	0	...	0,0225	2,6025	0,07
360	0	0	0	...	0	0	0	...	0	0	0,0125
361	0	0	0	...	0	0	0	...	13,04	37,0575	30,8025
362	0	0	0	...	0	0	0,0425	...	7,645	16,7325	21,9075
363	0,985	31,64	35,725	...	19,4025	1,905	8,26	...	0,6525	4,7625	20,42
364	6,11	1,0225	2,205	...	0	0,5075	0,34	...	1,1425	0,0525	0,195
365	0	0	0,7975	...	0	0	0,0025	...	0	1,495	11,3275

Lampiran B. Persentase Varian Kumulatif Ukuran Domain *Grid*  $3 \times 3$  hingga *Grid*  $12 \times 12$

Ukuran Domain *Grid*  $3 \times 3$

PC	PVK (%)	PC	PVK (%)	PC	PVK (%)
1	67,66	4	96,27	7	99,45
2	84,89	5	97,77	8	99,79
3	93,37	6	98,96	9	100

Ukuran Domain *Grid*  $4 \times 4$

PC	PVK (%)	PC	PVK (%)	PC	PVK (%)	PC	PVK (%)
1	51,28	5	92,04	9	98,53	13	99,70
2	69,10	6	94,34	10	98,98	14	99,81
3	80,66	7	96,17	11	99,32	15	99,91
4	87,67	8	97,49	12	99,55	16	100

Ukuran Domain *Grid*  $5 \times 5$

PC	PVK (%)	PC	PVK (%)	PC	PVK (%)	PC	PVK (%)	PC	PVK (%)
1	43,34	6	88,40	11	97,47	16	99,25	21	99,82
2	62,99	7	91,36	12	97,96	17	99,43	22	99,89
3	72,15	8	93,62	13	98,36	18	99,56	23	99,92
4	80,72	9	95,64	14	98,77	19	99,67	24	99,96
5	84,87	10	96,63	15	99,04	20	99,75	25	100

Ukuran Domain *Grid*  $6 \times 6$

PC	PVK (%)	PC	PVK (%)	PC	PVK (%)	PC	PVK (%)	PC	PVK (%)
1	37,15	9	91,16	17	97,91	25	99,53	33	99,93
2	54,42	10	92,75	18	98,27	26	99,62	34	99,95
3	64,79	11	94,01	19	98,57	27	99,68	35	99,98
4	74,55	12	94,93	20	98,80	28	99,74	36	100
5	79,62	13	95,77	21	99,02	29	99,79		
6	83,42	14	96,54	22	99,19	30	99,83		
7	86,51	15	97,04	23	99,33	31	99,87		
8	89,10	16	97,49	24	99,44	32	99,90		

Ukuran Domain *Grid*  $7 \times 7$

PC	PVK (%)	PC	PVK (%)	PC	PVK (%)	PC	PVK (%)	PC	PVK (%)
1	32,18	11	90,30	21	97,75	31	99,40	41	99,87
2	48,43	12	91,71	22	98,02	32	99,48	42	99,90
3	58,18	13	92,82	23	98,25	33	99,54	43	99,92
4	67,50	14	93,81	24	98,46	34	99,61	44	99,94
5	73,31	15	94,67	25	98,65	35	99,65	45	99,95
6	77,89	16	95,42	26	98,82	36	99,70	46	99,97
7	81,48	17	96,10	27	98,97	37	99,74	47	99,98
8	84,07	18	96,62	28	99,11	38	99,78	48	99,99
9	86,61	19	97,03	29	99,22	39	99,82	49	100

10	88,68	20	97,43	30	99,32	40	99,85
----	-------	----	-------	----	-------	----	-------

### Ukuran Domain Grid 8 × 8

PC	PVK (%)	PC	PVK (%)	PC	PVK (%)	PC	PVK (%)	PC	PVK (%)
1	27,26	11	86,37	21	95,86	31	98,46	41	99,42
2	42,51	12	88,11	22	96,25	32	98,60	42	99,48
3	52,96	13	89,56	23	96,61	33	98,74	⋮	⋮
4	62,33	14	90,74	24	96,92	34	98,86	58	99,95
5	68,29	15	91,78	25	97,21	35	98,97	59	99,96
6	72,81	16	92,67	26	97,50	36	99,05	60	99,97
7	76,97	17	93,44	27	97,73	37	99,14	61	99,98
8	79,79	18	94,18	28	97,93	38	99,22	62	99,99
9	82,32	19	94,79	29	98,13	39	99,29	63	99,99
10	84,52	20	95,36	30	98,30	40	99,37	64	100

### Ukuran Domain Grid 9 × 9

PC	PVK (%)	PC	PVK (%)	PC	PVK (%)	PC	PVK (%)	PC	PVK (%)
1	24,61	11	84,00	21	94,59	31	97,73	60	99,79
2	38,87	12	85,75	22	95,05	32	97,91	61	99,81
3	49,38	13	87,24	23	95,47	⋮	⋮	⋮	⋮
4	58,79	14	88,63	24	95,84	53	99,60	75	99,97
5	65,04	15	89,79	25	96,20	54	99,63	76	99,98
6	69,75	16	90,93	26	96,51	55	99,66	77	99,98
7	73,92	17	91,76	27	96,80	56	99,69	78	99,99
8	76,91	18	92,59	28	97,06	57	99,72	79	99,99
9	79,61	19	93,28	29	97,30	58	99,74	80	99,99
10	81,88	20	93,95	30	97,52	59	99,76	81	100

### Ukuran Domain Grid 10 × 10

PC	PVK (%)	PC	PVK (%)	PC	PVK (%)	PC	PVK (%)	PC	PVK (%)
1	20,9	11	78,55	21	91,25	31	96,02	66	99,62
2	34,25	12	80,39	22	91,96	32	96,31	67	99,65
3	43,90	13	82,14	23	92,62	33	96,56	68	99,67
4	53,23	14	83,86	24	93,19	⋮	⋮	⋮	⋮
5	59,35	15	85,27	25	93,74	60	99,43	95	99,98
6	64,37	16	86,55	26	94,23	61	99,46	96	99,99
7	68,26	17	87,71	27	94,65	62	99,50	97	99,99
8	71,33	18	88,77	28	95,04	63	99,53	98	99,99
9	74,00	19	89,65	29	95,40	64	99,56	99	99,99
10	76,49	20	90,47	30	95,72	65	99,6	100	100

#### Keterangan

PC : Jumlah Principal Component (Komponen Utama)

PVK : Persentase Varian Kumulatif

Lampiran C. Data Rill Curah Hujan Harian Kota Kupang dan Hasil PCR Periode *Training*

Hari ke-	rill	prediksi	Hari ke-	rill	prediksi	Hari ke-	rill	prediksi
1	5	1,47	99	4,96	10,39	197	0,00	0,31
2	1,2	3,20	100	1,36	4,83	198	0,00	0,65
3	0	4,01	101	0,00	2,57	199	0,00	0,41
4	12,95	4,59	102	1,17	4,27	200	0,00	0,36
5	5,74	4,81	103	0,00	1,89	201	0,00	0,64
6	28,8	12,20	104	0,00	2,08	202	0,02	0,93
7	6,1	4,19	105	0,60	2,91	203	0,00	0,55
8	20,6	0,00	106	0,00	3,47	204	0,00	0,94
9	5,95	0,00	107	0,00	1,68	205	0,00	0,00
10	0	0,00	108	0,10	3,63	206	0,00	0,13
11	2,7	1,45	109	0,00	0,00	207	0,03	0,51
12	3,04	6,08	110	0,00	0,00	208	0,00	0,00
13	19,6	8,19	111	0,48	0,18	209	0,04	0,00
14	0,4	4,89	112	0,00	0,50	210	0,00	0,60
15	0,5	3,96	113	0,00	0,00	211	0,03	0,42
16	0	3,24	114	0,44	0,00	212	0,02	0,46
17	10,79	4,41	115	0,00	0,00	213	0,00	0,38
18	43,3	25,11	116	0,00	2,22	214	0,00	0,27
19	17,96	21,40	117	0,00	0,89	215	0,00	0,56
20	9,5	8,42	118	0,79	0,59	216	0,00	0,00
21	25,8	5,59	119	0,30	3,33	217	0,00	0,09
22	26,6	5,88	120	1,06	4,46	218	0,00	0,21
23	15,2	6,99	121	9,00	1,11	219	0,00	0,59
24	29,3	20,49	122	0,00	1,71	220	0,00	0,50
25	13	43,31	123	7,60	1,20	221	0,02	0,27
26	59,5	30,74	124	0,00	2,16	222	0,00	0,26
27	9,8	20,36	125	0,10	2,86	223	0,00	0,26
28	52,61	8,69	126	0,30	5,33	224	0,60	0,32
29	33,1	20,64	127	0,00	0,00	225	0,04	0,01
30	71,8	33,07	128	0,00	1,54	226	0,00	0,11
31	23	17,40	129	0,40	4,19	227	0,00	0,07
32	55,1	7,28	130	0,00	5,46	228	0,00	0,46
33	5,9	4,42	131	0,39	1,28	229	0,00	0,29
34	7,5	5,78	132	0,00	2,83	230	0,03	0,23
35	12,2	6,80	133	0,00	1,59	231	0,00	0,06
36	2,8	4,12	134	0,00	1,57	232	0,03	0,31
37	13	6,00	135	0,20	0,00	233	0,00	0,17
38	1	4,06	136	0,00	1,83	234	0,00	0,25
39	11,1	2,79	137	0,00	2,38	235	0,03	0,41
40	0	2,97	138	0,00	0,00	236	0,00	0,34
41	0	1,38	139	0,00	0,11	237	0,03	0,32
42	8	2,00	140	0,00	0,62	238	0,00	0,41
43	3,06	2,82	141	0,00	1,11	239	0,00	0,54
44	1	2,05	142	0,16	3,77	240	0,00	0,36
45	1,9	1,26	143	0,15	6,87	241	0,00	0,26
46	10,77	2,23	144	0,00	4,21	242	0,02	0,28
47	9	2,63	145	0,00	2,49	243	0,00	0,36
48	21,8	1,87	146	0,00	1,66	244	0,00	0,41
49	0	1,97	147	0,00	2,17	245	0,03	0,35
50	13,23334	1,78	148	0,12	1,99	246	0,00	0,19
51	7,466917	1,41	149	0,00	0,00	247	0,04	0,73

52	8,256637	1,61	150	0,00	0,00	248	0,02	0,57
53	12,8	6,71	151	0,00	1,31	249	0,00	0,43
54	1,9	6,83	152	0,00	2,11	250	0,00	0,21
55	10,6	8,56	153	0,10	3,10	251	0,00	0,50
56	0,5	10,26	154	0,10	3,82	252	0,03	0,40
57	11,87	10,52	155	0,00	2,23	253	0,03	0,42
58	5,2	5,32	156	0,00	0,99	254	0,00	0,44
59	16,26	3,97	157	0,00	0,37	255	0,00	0,43
60	0,2	4,95	158	0,00	3,59	256	0,05	0,47
61	27	7,86	159	0,00	3,40	257	0,00	0,50
62	9,7	16,79	160	0,00	9,12	258	0,05	0,60
63	20,22	6,28	161	0,14	12,55	259	0,04	0,48
64	0	1,51	162	0,08	6,92	260	0,00	0,48
65	22,29	1,45	163	0,16	5,31	261	0,00	0,52
66	13	1,00	164	0,00	2,60	262	0,06	0,48
67	34,4	1,92	165	0,12	3,14	263	0,04	0,46
68	6,7	1,84	166	0,00	3,49	264	0,06	0,56
69	0	1,03	167	0,00	3,19	265	0,00	0,64
70	15	1,13	168	0,00	4,08	266	0,00	0,47
71	3,7	1,81	169	0,00	5,81	267	0,00	0,54
72	7,67	2,88	170	0,00	5,47	268	0,00	0,51
73	4	4,00	171	0,05	4,06	269	0,00	0,73
74	1	4,43	172	0,00	4,36	270	0,05	0,52
75	7	3,48	173	0,00	3,40	271	0,00	0,84
76	17,2	5,01	174	0,00	2,81	272	0,00	0,66
77	20,3	4,65	175	0,00	1,02	273	0,00	0,40
78	8,50	1,69	176	0,00	0,13	274	0,00	0,57
79	0	0,98	177	0,00	0,00	275	0,00	0,67
80	0	1,33	178	0,00	1,35	276	0,07	0,48
81	0	7,72	179	0,00	2,12	277	0,11	1,25
82	0	5,20	180	0,00	2,16	278	0,00	2,03
83	0	1,33	181	0,00	2,22	279	0,11	1,59
84	2	0,00	182	0,00	0,80	280	0,00	1,09
85	14,68	10,55	183	0,00	0,41	281	0,00	0,74
86	0	1,99	184	0,00	0,53	282	0,00	0,54
87	36,6	4,50	185	0,00	0,27	283	0,09	0,50
88	4,81	4,43	186	0,00	1,02	284	0,09	0,44
89	17,69	5,91	187	0,00	1,99	285	0,00	0,49
90	3,86	4,38	188	0,00	0,86	286	0,00	0,41
91	7,65	14,68	189	0,00	0,17	287	0,00	0,53
92	0	13,07	190	0,00	0,81	288	0,10	0,62
93	0	9,30	191	0,00	0,77	289	0,00	0,60
94	0	11,52	192	0,00	0,62	290	0,00	0,67
95	0	14,24	193	0,00	0,24	291	0,00	0,71
96	7,1	4,81	194	0,00	0,57	292	0,19	0,72
97	11,3	7,89	195	0,80	0,23			
98	0	10,82	196	0,00	0,25			

Lampiran D. Hasil peramalan curah hujan harian Bulan Desember 2020 - November 2021

Bulan	Ramal	Bulan	Ramal	Bulan	Ramal	Bulan	Ramal
Desember	2,26	Maret	16,96	Juni	0,09	September	0,44
	1,79		15,78		3,11		0,44
	1,19		22,20		1,48		0,47
	0,93		18,11		1,98		0,43
	3,12		14,44		0,53		0,37
	2,91		7,27		2,63		0,30
	3,26		6,30		0,69		0,44
	3,46		17,01		1,70		0,50
	1,54		22,77		3,53		0,46
	2,06		19,32		2,55		0,37
	2,79		20,44		1,62		0,30
	3,83		35,12		0,82		0,53
	6,12		43,19		0,00		0,57
	11,10		37,34		0,00		0,43
	12,07		3,42		0,00		0,42
	4,02		4,85		0,36		0,43
	3,58		4,37		0,56		0,59
	5,42		1,57		0,56		0,43
	4,02		0,44		0,00		0,45
	5,95		0,34		0,00		0,43
	7,82		0,33		0,28		0,42
	5,84		1,58		0,00		0,47
	5,13		2,07		0,40		0,43
	5,78		1,27		0,33		0,43
	4,23		0,60		0,63		0,63
	0,74		0,66		1,01		0,47
	0,47		1,36		0,99		0,49
	1,58		2,18		0,49		0,47
	3,09		1,70		0,42		0,51
	2,77		0,88		0,49		0,43
	3,02		1,57				

Januari	2,84	April	3,37	Juli	0,44	Oktober	0,44
	1,86		3,91		0,44		0,44
	0,00		5,71		0,44		0,62
	0,28		11,78		0,24		0,45
	0,23		1,76		0,97		0,46
	0,75		0,59		0,00		0,65
	1,46		0,05		0,11		0,53
	1,55		0,00		0,41		0,44
	1,48		1,98		0,63		0,43
	1,96		0,91		0,46		0,43
	3,01		0,51		0,00		0,49
	2,49		6,29		0,00		0,39
	2,02		16,76		0,00		0,38
	2,36		15,22		0,16		0,53
	3,19		8,67		0,69		0,55
	2,83		5,29		0,44		0,44
	1,84		12,55		0,40		0,47
	1,28		19,62		0,43		0,79
	1,86		8,01		0,46		0,51
	2,30		0,00		0,44		0,40
	0,94		0,00		0,47		0,25
	0,00		0,00		0,36		0,58
	1,98		4,20		0,00		0,39
	8,60		0,00		0,00		0,57
	10,55		0,00		0,76		0,55
	6,38		0,00		0,63		0,44
	3,19		10,61		0,30		0,48
	8,49		26,88		0,14		0,31
	8,02		11,18		0,47		0,32
	2,82		9,24		0,12		0,45
	0,96				0,29		0,92
Februari	7,11	Mei	7,88	Agustus	0,03	November	0,55
	12,22		5,87		0,24		0,51
	18,37		3,37		0,35		0,50
	20,30		3,54		0,60		0,43
	4,79		3,94		0,48		0,42
	10,98		5,00		0,18		0,43
	15,35		4,08		0,27		0,41
	11,22		1,45		0,49		0,43
	8,29		0,00		0,37		0,41
	12,09		0,00		0,40		0,49
	18,48		0,00		0,13		1,50
	18,47		8,36		0,12		1,01
	12,76		5,93		0,55		0,23
	6,48		3,54		0,68		0,73
	7,84		2,72		0,46		0,68
	2,69		4,37		0,44		0,40



	1,45		4,33		0,40		0,69
	1,96		3,71		0,44		1,71
	4,52		2,52		0,44		1,73
	5,15		2,29		0,45		1,51
	2,40		1,82		0,43		1,75
	1,78		0,00		0,42		1,84
	2,51		0,00		0,42		1,09
	2,07		0,00		0,42		1,18
	1,31		0,00		0,45		1,23
	5,87		1,64		0,41		1,01
	7,37		0,92		0,39		0,67
	19,08		0,03		0,43		1,24
			0,00		0,51		2,62
			0,94		0,41		1,70
			1,04		0,43		

