



## Prediksi Hujan Ekstrem Di Zona Musim (Zom) 69 Provinsi Jawa Barat Menggunakan Jaringan Saraf Tiruan

A Pratiwi<sup>1, a</sup>, A M Irawan<sup>2</sup>, D Akbar<sup>3</sup>, dan R M Taruna<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Stasiun Klimatologi Lombok Barat, Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika

<sup>2</sup>Sekolah Tinggi Meteorologi Klimatologi dan Geofisika

<sup>3</sup>Bidang Instrumentasi Kalibrasi Rekayasa dan Jaringan Komunikasi, Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika

<sup>4</sup>Stasiun Geofisika Mataram, Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika

anggityap9@gmail.com

**Abstract.** Prediksi hujan ekstrem menggunakan jaringan saraf tiruan merupakan salah satu cara untuk meningkatkan tingkat akurasi identifikasi dini hujan ekstrem yang diperlukan untuk mengurangi dampak bencana hidrometeorologi. Tujuan penelitian ini adalah untuk menghasilkan model prediksi hujan ekstrem yang tepat berdasarkan unsur iklim lokal, regional, maupun global. Kejadian hujan ekstrem yang digunakan berupa indeks yang memiliki trend signifikan di wilayah penelitian dan dikembangkan oleh Expert Team for Climate Change Detection and Indices. Indeks tersebut yaitu R95P dan SDII. Metode prediksi yang digunakan adalah jaringan saraf tiruan dengan fungsi pelatihan propagansi balik. Sedangkan hasil prediksi diuji keakuratannya dengan menghitung nilai koefisien determinasi dan Root Mean Square Error. Berdasarkan kedua nilai tersebut diperoleh hasil bahwa model terbaik untuk memprediksi indeks R95P adalah model ke-8, yaitu model dengan data masukan berupa gabungan seluruh unsur iklim. Sedangkan model terbaik untuk memprediksi indeks SDII adalah model ke-4, yaitu model dengan data masukan suhu muka laut.

### 1. Pendahuluan

Saat ini pemanasan global menjadi topik yang ramai dibicarakan di berbagai kalangan, baik nasional maupun internasional. Sesuai laporan yang dikeluarkan oleh *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC) pada tahun 2012, disebutkan bahwa suhu udara global telah meningkat 0,89° celsius sejak tahun 1901. Peningkatan suhu global diprediksi dapat menyebabkan meningkatnya intensitas fenomena cuaca ekstrem, naiknya permukaan air laut, perubahan jumlah dan pola hujan ekstrem. Hujan ekstrem merupakan kejadian curah hujan yang lebih tinggi atau lebih rendah dari normalnya [1]. Dengan peningkatan hujan ekstrem, para ilmuwan dunia membentuk *Expert Team for Climate Change Detection and Indices* (ETCCDI) untuk mengembangkan penelitian terhadap cuaca atau iklim ekstrem. Forum ini menyediakan penentuan indeks suhu dan hujan ekstrem.

Kejadian hujan ekstrem di wilayah Indonesia dapat disebabkan oleh faktor global, regional, maupun lokal [2]. Hujan ekstrem merupakan salah satu fenomena cuaca yang sering diikuti oleh banjir bandang dan kadang-kadang disertai dengan cuaca buruk seperti petir, hujan es, dan angin permukaan yang kuat [3]. Kejadian hujan ekstrem di daerah pedesaan, dapat merusak tanaman dan ternak. Di

daerah perkotaan, peristiwa cuaca ekstrem sering menimbulkan masalah banjir karena sistem drainase yang tidak memadai untuk menampung sejumlah hujan besar secara tiba-tiba [4].

Berdasarkan data yang diperoleh Badan Penanggulangan Bencana Daerah (BPBD) Provinsi Jawa Barat, pada tahun 2016 (Januari-November) terjadi 1.074 kejadian bencana alam dengan kejadian banjir sebanyak 206 kali dan tanah longsor sebanyak 439 kali. Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi (PVMBG) Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM) menjelaskan bahwa Jawa Barat adalah wilayah yang termasuk memiliki potensi tinggi tanah longsor. Beberapa wilayah yang memiliki kerawanan tinggi terhadap kejadian tanah longsor adalah Kota Bandung, Cimahi, Banjar, Depok, Kabupaten Bandung, Bandung Barat, Indramayu, Bekasi, Bogor, Ciamis, Cirebon, Garut, Karawang, Kuningan, Majalengka, Pangandaran, Purwakarta, Subang, Sukabumi, Sumedang, Tasikmalaya, dan Cianjur. Faktor utama penyebab terjadinya tanah longsor di Kabupaten Cianjur adalah curah hujan [5].

Adapun studi kasus pada penelitian ini dipilih Zona Musim (ZOM) 69 yang terdiri atas Pos Hujan Utama (PHU) Ciwangi, Pagelaran, dan Lengkong. Secara administratif, ZOM 69 terdiri atas sebagian Sukabumi tengah dan Cianjur bagian tengah. Lokasi tersebut dipilih sebagai wilayah penelitian karena memiliki kelengkapan data yang baik dan letaknya berdekatan dengan wilayah-wilayah yang memiliki kerawanan tinggi terhadap kejadian tanah longsor di Provinsi Jawa Barat. Selain itu, ZOM 69 juga adalah salah satu zona musim berdekatan dengan Samudera.

## 2. Metode

### 2.1. Data

Data yang digunakan dalam penelitian adalah indeks hujan ekstrem yang diperoleh dari data curah hujan harian periode 1981-2017 di ZOM 69 Provinsi Jawa Barat yang diperoleh dari Stasiun Klimatologi Darmaga Bogor serta data suhu udara, data kelembaban spesifik, suhu muka laut, indeks nino 3.4 dan indeks SOI bulanan periode 1981-2017 yang diperoleh dari <https://iridl.ldeo.columbia.edu/>. Data suhu muka laut yang digunakan dalam penelitian ini dibatasi pada wilayah antara  $4^{\circ}$ - $10^{\circ}$  LS dan  $104^{\circ}$ - $110^{\circ}$  BT.

### 2.2. Metode

#### 2.2.1. Metode quality control

Dalam menilai suatu peristiwa cuaca atau iklim yang sudah terjadi dikategorikan sebagai perubahan ekstrem membutuhkan data deret waktu yang cukup lama untuk mendapatkan perkiraan yang wajar dari intensitas dan frekuensi kejadian langka. Oleh sebab itu, perlu adanya metode pengawasan kualitas data, supaya data deret waktu yang akan digunakan siap untuk diolah. Adapun data kosong hasil pengamatan yang baik untuk analisis adalah 10% [6].

Berdasarkan ETCCDI, jika terdapat data kosong pada data curah hujan harian yang akan diolah menggunakan aplikasi Rclimdex, maka diisi dengan angka -99.9. Sedangkan jika terdapat nilai TTU (Tidak Terukur) pada data, maka diisi dengan NA (Not Available).

Data curah hujan harian ZOM 69 diperoleh dari hasil perhitungan rata-rata curah hujan harian di PHU Ciwangi, Pagelaran dan Lengkong. Dari hasil perhitungan rata-rata ketiga PHU tersebut, diperoleh bahwa kelengkapan data ZOM 69 terdapat lebih dari 90%.

#### 2.2.2 Metode identifikasi indeks ekstrem

Penjelasan mengenai indeks ekstrem yang digunakan dalam penelitian ini disajikan pada Tabel 1. Indeks-indeks tersebut diperoleh dari hasil pengolahan data curah hujan harian menggunakan aplikasi Rclimdex.

**Tabel 1.** Indeks curah hujan ekstrem pada penelitian

No	Indeks	Keterangan
1	R10mm	Jumlah hari dengan curah hujan lebih besar atau sama dengan 10mm setiap tahun

2	R20mm	Jumlah hari dengan curah hujan lebih besar atau sama dengan 20mm setiap tahun
3	CWD	Jumlah hari hujan berturut-turut maksimum setiap tahun
4	Rx1day	Jumlah curah hujan harian maksimum dalam setiap bulan
5	Rx5day	Jumlah curah hujan 5 harian maksimum dalam setiap bulan
6	R95pTOT	Jumlah curah hujan lebih besar dari persentil ke 95 dalam setiap tahun
7	PRCPTOT	Jumlah curah hujan dalam setiap tahun
8	SDII	Jumlah curah hujan dalam setiap tahun dibagi dengan jumlah hari hujan

### 2.2.3 Metode analisis trend temporal

*Trend* temporal setiap indeks hujan ekstrem periode 1981-2010 dapat menggunakan aplikasi *RClimdex* (dapat diunduh pada [www.r-project.org](http://www.r-project.org)). Selanjutnya, dilakukan uji tingkat kepercayaan menggunakan uji *Mann-Kendall*. Jika hasilnya negatif maka *trend* dikatakan menurun dan dikatakan meningkat jika hasilnya bernilai positif. *Trend* dapat dikatakan signifikan jika *p-value* kurang dari *alpha*, dan jika sebaliknya maka *trend* bersifat tidak signifikan [7].

### 2.2.4 Metode pengolahan data prediktor

Data Suhu Muka Laut (SML) harian diolah menjadi rata-rata bulanan, kemudian diperoleh data rata-rata tahunan periode 1981 – 2010. Selanjutnya, dari skema tersebut diperoleh nilai rata-rata SML yang berada di perairan wilayah Selatan Jawa dengan posisi berada pada koordinat 4° sampai 10° LS dan 104° sampai 110° BT.

### 2.2.5 Analisis korelasi pearson

Korelasi digunakan untuk mengetahui hubungan antara dua variabel. Adapun rumus korelasi *pearson* adalah sebagai berikut [8].

$$r_{xy} = \frac{n \sum XY - \sum X \sum Y}{\sqrt{(n \sum X^2 - (\sum X)^2)(n \sum Y^2 - (\sum Y)^2)}} \quad (1)$$

- $r_{xy}$  = korelasi antara variabel X dan Y,
- n = banyak data,
- X = variabel bebas, dan
- Y = variabel terikat.

### 2.2.6 Metode jaringan saraf tiruan

Beberapa tahap yang dilakukan dalam metode jaringan saraf tiruan ini yaitu:

- Bobot dan bias awal  
Inisialisasi bobot dengan cara mengambil nilai random yang cukup kecil [9].
- Jumlah unit tersembunyi (*hidden layer*)  
Jumlah *hidden layer* dalam penelitian ini adalah 1 sampai dengan (2n + 8), dengan n merupakan jumlah prediktor yang terdapat di dalam suatu model.
- Jumlah pola pelatihan (*training*)  
Jumlah *training* yang dilakukan dalam penelitian ini yaitu sebanyak 20 kali. *Training* dilakukan terhadap setiap model prediksi pada masing-masing *hidden layer*nya.
- Lama iterasi (*epoch*)  
Banyaknya epoch yang digunakan pada setiap *training* model yaitu 1000.
- Parameter laju pelatihan (*learning rate*)  
Jenis *learning rate* yang digunakan adalah *adaptive learning rate*. Nilai *learning rate* pertama yaitu 0,01. Kemudian untuk nilai *learning rate* berikutnya bernilai 1,05x lebih besar dari yang sebelumnya hingga mencapai hasil konvergen. Namun, jika hasil yang diperoleh menunjukkan divergen, maka nilai *learning rate* berikutnya dibagi 0,7.

### 2.2.7 Validasi hasil prediksi

Root Mean Square Error (RMSE) digunakan untuk mengetahui besarnya penyimpangan yang terjadi antara nilai prakiraan curah hujan bulanan dengan nilai observasi. Hasil validasi RMSE dikatakan baik apabila nilainya semakin kecil. Secara matematis formula RMSE sebagai berikut [10].

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (P_i - Q_i)^2}{N}} \quad (2)$$

$P_i$  = Nilai prakiraan ke- $i$   
 $Q_i$  = Nilai observasi ke- $i$   
 $N$  = Banyaknya data

Selain menggunakan RMSE, digunakan juga perhitungan nilai koefisien determinasi ( $R^2$ ). Nilai ini merupakan kuadrat dari koefisien korelasi yang berfungsi untuk mengetahui besar pengaruh variabel independen terhadap variabel dependen. Adapun rumus dari  $R^2$  adalah sebagai berikut:

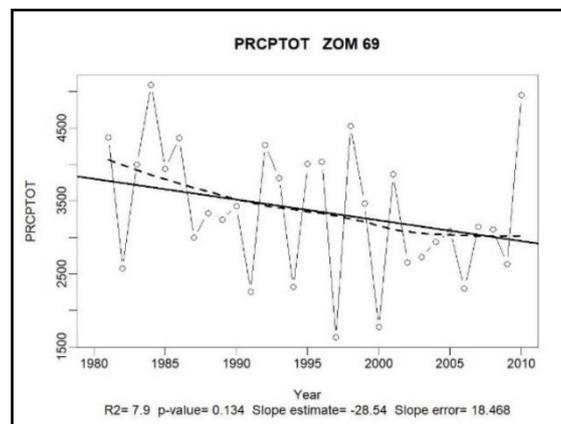
$$R^2 = r_{xy}^2 \times 100\% \quad (3)$$

$R^2$  = Koefisien determinasi  
 $r_{xy}$  = Korelasi antara variabel  $x$  dan  $y$

## 3. Hasil dan Pembahasan

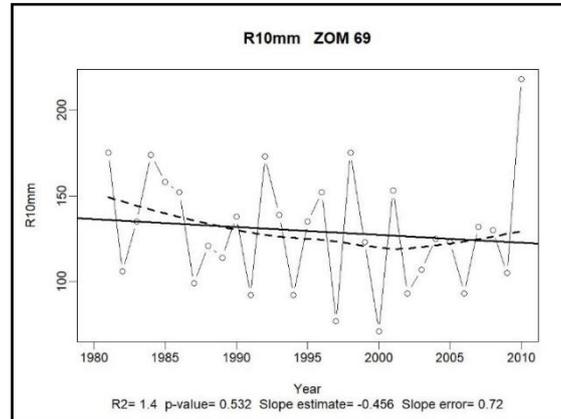
### 3.1 Trend Indeks Hujan Ekstrem

Berdasarkan hasil pengolahan indeks-indeks hujan ekstrem yang telah ditentukan dalam penelitian ini, dapat diketahui masing-masing kondisi trend indeks-indeks tersebut dengan rincian sebagai berikut.



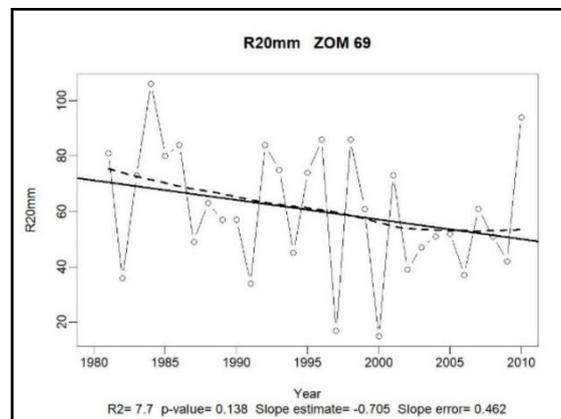
**Gambar 3.** Grafik *trend* indeks PRCPTOT

Gambar 3. merupakan grafik trend indeks PRCPTOT di ZOM 69 periode tahun 1981-2010. Indeks tersebut mewakili kondisi total curah hujan tahunan yang terjadi pada suatu wilayah. Berdasar pada grafik tersebut, diketahui bahwa total curah hujan tahunan di ZOM 69 mengalami peningkatan atau penurunan setiap tahun. Pola peningkatan atau penurunan yang terjadi tidak beraturan karena jumlah perubahan total curah hujan yang terjadi setiap tahun berbeda-beda. Berdasarkan Gambar 3, terlihat bahwa total curah hujan tahunan tertinggi terjadi pada tahun 1984, yakni sebesar 5090 mm. Sedangkan, total curah hujan tahunan terendah terjadi pada tahun 1997 dengan jumlah sebesar 1632 mm. Ditinjau berdasarkan nilai  $p$ -value, terlihat bahwa *trend* total curah hujan di ZOM 69 mengalami penurunan namun tidak signifikan karena nilai  $p$ -value tersebut lebih besar dari 0,05.



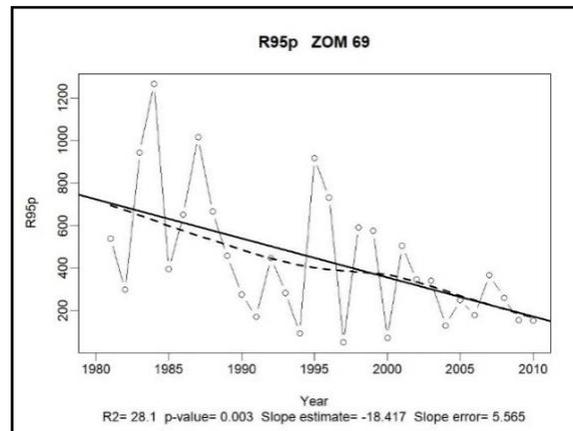
**Gambar 4.** Grafik *trend* indeks R10mm

Gambar 4. merupakan grafik trend indeks R10mm. Indeks tersebut merupakan jumlah hari ketika curah hujan di ZOM 69 tidak kurang dari 10 mm dalam setiap tahun. Berdasarkan grafik tersebut, dapat diketahui bahwa pola peningkatan atau penurunan indeks R10mm tidak beraturan, karena besar peningkatan atau penurunan yang terjadi setiap tahun berbeda-beda. Berdasar pada Gambar 4, terlihat bahwa jumlah hari terbanyak dengan curah hujan tidak kurang dari 10 mm terjadi pada tahun 2010, yaitu sebanyak 218 hari. Sedangkan, jumlah hari dengan curah hujan tidak kurang dari 10 mm paling sedikit terjadi pada tahun 2000, yaitu sebanyak 71 hari. Berdasar pada grafik tersebut, terlihat bahwa *trend* jumlah hari dengan curah hujan tidak kurang dari 10 mm mengalami penurunan namun tidak signifikan, karena memiliki nilai *p-value* 0,532 (lebih besar dari 0,05).



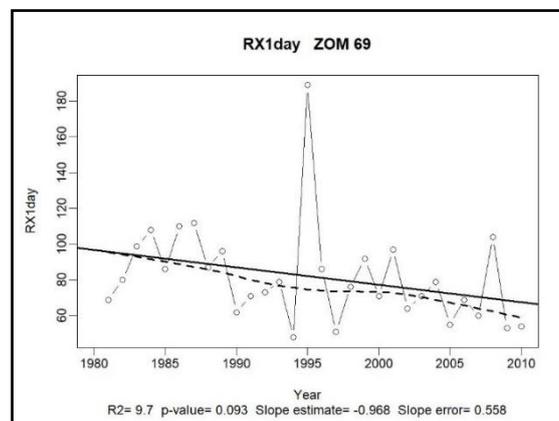
**Gambar 5.** Grafik *trend* indeks R20mm

Gambar 5. merupakan grafik trend indeks R20mm. Indeks tersebut merupakan jumlah hari ketika curah hujan di ZOM 69 tidak kurang dari 20 mm dalam setiap tahun. Sama halnya dengan indeks R10mm, berdasarkan grafik tersebut dapat diketahui bahwa peningkatan atau penurunan yang terjadi setiap tahun pada indeks ini tidak memiliki pola yang jelas. Hal tersebut disebabkan karena besar peningkatan atau penurunan yang terjadi setiap tahun berbeda-beda. Berdasar pada grafik tersebut juga terlihat bahwa jumlah hari terbanyak dengan curah hujan  $\geq 20$  mm terjadi pada tahun 1984, yaitu sebanyak 106 hari, sedangkan jumlah hari dengan curah hujan  $\geq 20$  mm paling sedikit terjadi pada tahun 2000 yaitu sebanyak 15 hari. Selain itu, berdasar pada grafik tersebut terdapat informasi bahwa *trend* jumlah hari dengan curah hujan  $\geq 20$  mm mengalami sedikit penurunan dengan *p-value* sebesar 0,138.



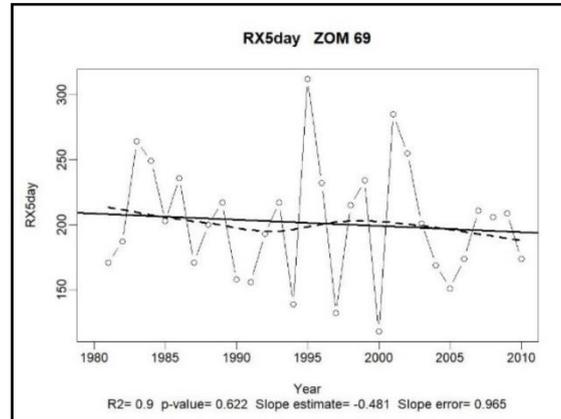
**Gambar 6.** Grafik *trend* indeks R95P

Berdasarkan Gambar 6, dapat diketahui bahwa besar nilai indeks R95P yang terjadi setiap tahun berbeda-beda, sehingga menyebabkan perubahan yang dimiliki indeks tersebut pada setiap tahun memiliki pola yang tidak jelas. Berdasarkan gambar tersebut juga terlihat bahwa jumlah yang tertinggi terjadi pada tahun 1984 yaitu sebesar 1648 mm, sedangkan jumlah terendah terjadi pada tahun 1997 sebesar 51 mm. Dilihat berdasarkan kemiringannya, terlihat bahwa trend indeks R95P mengalami penurunan yang cukup banyak. Hal tersebut dapat juga diwakili dengan *p-value* sebesar 0,003. Nilai *p-value* yang kurang dari 0,005 ini menunjukkan bahwa terjadi perubahan yang signifikan pada indeks R95P selama periode 30 tahun yaitu 1981-2010.



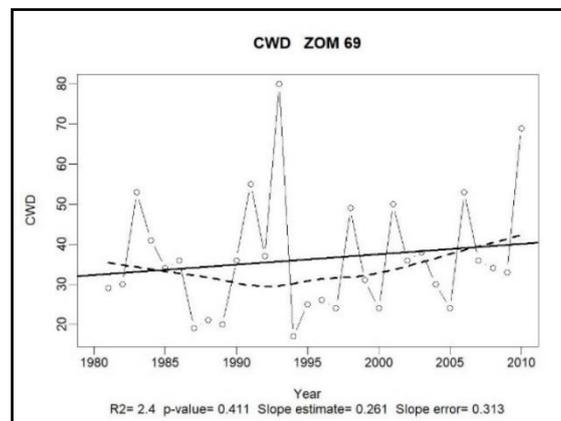
**Gambar 7.** Grafik *trend* indeks RX1day

Indeks RX1day merupakan indeks untuk mewakili curah hujan harian tertinggi dalam setiap tahun. Berdasarkan Gambar 7 terlihat bahwa umumnya selama 30 tahun curah hujan harian tertinggi dalam setiap tahun berada jumlah yang kurang dari 120 mm. Namun terdapat satu kejadian, dimana curah hujan harian tertinggi lebih besar daripada biasanya, yaitu lebih besar dari 180 mm. Nilai tertinggi tersebut terjadi pada tahun 1995 dengan jumlah sebesar 189 mm. Sedangkan nilai terendah terjadi pada tahun sebelumnya yaitu 1994 sebesar 48 mm. Dalam kurun waktu 1981-2010, trend indeks ini mengalami penurunan. *Trend* ini memiliki nilai *p-value* sebesar 0,093. Nilai *p-value* tersebut menunjukkan bahwa penurunan *trend* yang terjadi pada indeks RX1day ini tidak signifikan, karena nilainya lebih besar dari 0,05.



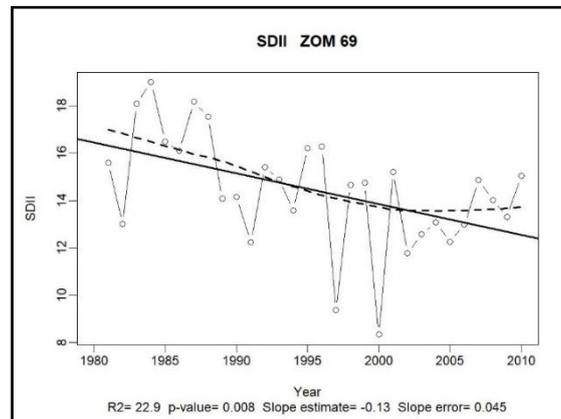
**Gambar 8.** Grafik *trend* indeks RX5days

Indeks RX5day merupakan indeks untuk mewakili curah hujan 5 harian tertinggi dalam setiap tahun. Berdasarkan Gambar 8 terlihat bahwa umumnya selama 30 tahun curah hujan harian tertinggi dalam setiap tahun memiliki jumlah yang berbeda-beda. Meskipun terdapat beberapa tahun berturut-turut, yang memiliki jumlah curah hujan 5 harian tertinggi yang mirip. Nilai tertinggi indeks ini terjadi pada tahun 1995 sedangkan nilai terendah terjadi pada tahun sebelumnya yaitu 1994. Dalam kurun waktu 1981-2010, trend indeks ini mengalami penurunan. *Trend* ini memiliki nilai *p-value* sebesar 0,622. Nilai *p-value* tersebut menunjukkan bahwa penurunan *trend* yang terjadi pada indeks RX1day ini tidak signifikan, karena nilainya lebih besar dari 0,05.



**Gambar 9.** Grafik *trend* indeks CWD

Jumlah hari hujan berturut-turut tertinggi dengan curah hujan tidak kurang dari 1 mm dalam setiap tahun diwakili oleh indeks CWD. Berdasarkan Gambar 9, jumlah hari hujan berturut-turut tertinggi dengan curah hujan tidak kurang dari 1 mm umumnya memiliki jumlah kurang dari 60 hari. Namun terdapat 2 tahun yang nilainya lebih besar dari 60 hari, yaitu pada tahun 1993 dan 2010. Jumlah hari hujan terbanyak terjadi pada tahun 1993 sedangkan jumlah hari hujan yang paling sedikit terjadi pada tahun berikutnya yaitu 1994. Berdasar pada grafik tersebut juga terlihat bahwa *trend* untuk indeks ini mengalami peningkatan dengan *p-value* sebesar 0,411. Nilai *p-value* tersebut menunjukkan bahwa peningkatan pada indeks ini tidak termasuk signifikan, karena memiliki nilai lebih besar dari 0,05.



**Gambar 10.** Grafik *trend* indeks SDII

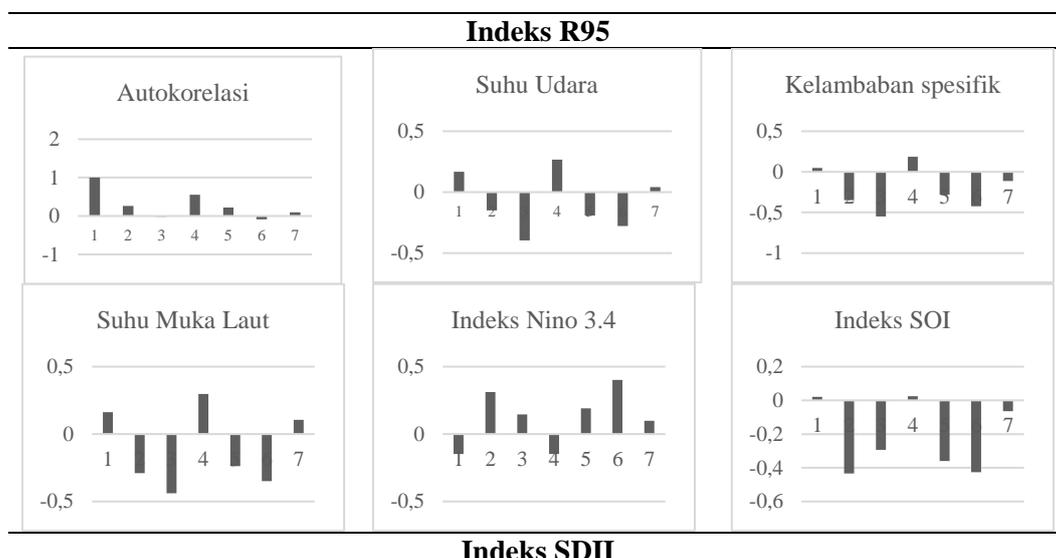
Jumlah curah hujan dalam setiap tahun dibagi dengan jumlah hari hujan diwakili oleh indeks SDII. Berdasarkan Gambar 10, terlihat bahwa dalam kurun waktu 30 tahun, trend untuk indeks ini mengalami penurunan dengan *p-value* sebesar 0,008. Nilai tertinggi terjadi pada tahun 1984, sedangkan nilai terendah terjadi pada tahun 2000.

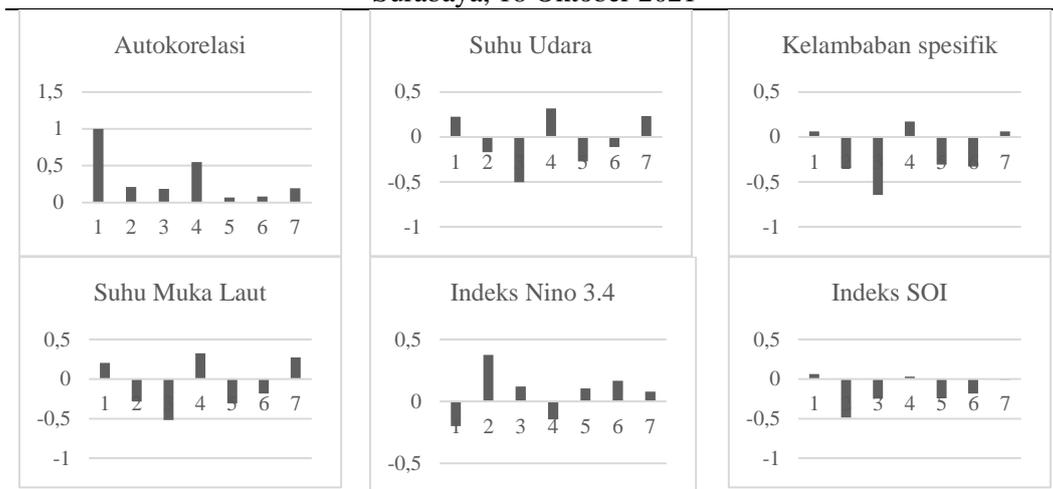
Berdasarkan masing-masing grafik trend indeks, terdapat informasi bahwa seluruh indeks hujan ekstrem mengalami penurunan, kecuali indeks CWD. Adapun berdasar pada *p-value* masing-masing indeks, dapat diketahui bahwa terdapat 2 indeks yang memiliki *trend* signifikan yaitu indeks R95P dan SDII.

### 3.2 Korelasi Hujan Ekstrem dengan Unsur Iklim Lokal, Regional, dan Global

Kedua indeks dengan trend yang signifikan dikorelasikan dengan unsur-unsur iklim yang telah ditentukan. Unsur-unsur tersebut terdiri atas indeks itu sendiri (autokorelasi) serta 5 unsur iklim, baik unsur iklim lokal, regional, maupun global. Unsur lokal yang digunakan yaitu suhu udara dan kelembaban spesifik di wilayah ZOM 69. Adapun unsur regional yang digunakan adalah suhu muka laut di sekitar ZOM 69 yang dibatasi pada wilayah antara 4° sampai 10° LS dan 104° sampai 110° BT. Sedangkan unsur global yang digunakan adalah indeks Nino 3.4 dan indeks SOI.

Korelasi dalam penelitian ini menggunakan *lag time* 0 sampai dengan 6 tahun. Data pada *lag time* yang memiliki nilai korelasi tertinggi digunakan sebagai data input dan target dalam pengolahan jaringan saraf tiruan.





**Gambar 11.** Nilai korelasi hujan ekstrem dengan unsur-unsur iklim

Berdasarkan Gambar 11, dapat diketahui bahwa nilai autokorelasi indeks R95P tertinggi berada pada lag time 1. Adapun nilai korelasi tertinggi antara indeks R95P dengan unsur lokal dan regional berada pada lag time yang sama, yakni pada lag time 3. Sedangkan korelasi tertinggi antara indeks R95P dengan unsur global berada pada lag time yang berbeda, yaitu pada lag time 6.

Adapun korelasi tertinggi untuk indeks SDII dengan seluruh unsur memiliki hasil yang cukup mirip seperti pada hasil korelasi indeks R95P. Hanya saja, korelasi tertinggi antara indeks SDII dengan indeks nino 3.4 serta indeks SOI berada pada lag time 2.

### 3.3 Jumlah Hidden Layer Terbaik pada Setiap Model Prediksi

Setiap model menggunakan *hidden layer* dari 1 sampai  $(2n + 8)$ , dengan  $n$  merupakan jumlah prediktor pada setiap model prediksi. Setiap *hidden layer* pada setiap model dilakukan pelatihan (*training*) sebanyak 20 kali. Kemudian hasil dari 10 training dengan nilai  $R^2$  tertinggi dirata-ratakan untuk mewakili nilai  $R^2$  pada setiap *hidden layer*. Selanjutnya, pada setiap model diambil 1 *hidden layer* yang memiliki nilai  $R^2$  tertinggi. Jumlah *hidden layer* terbaik ini akan digunakan pada setiap model untuk memprediksi hujan ekstrem tahun 2011-2017.

**Tabel 2.** Jumlah *hidden layer* terbaik setiap model untuk indeks R95P

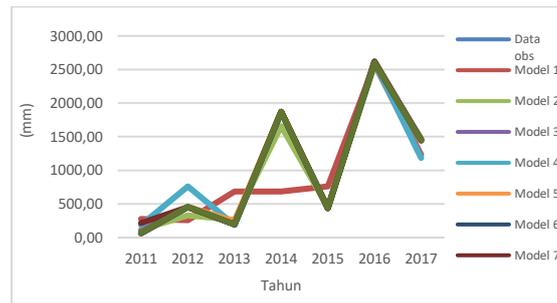
Model	1	2	3	4	5	6	7	8
Layer	12	10	10	10	12	12	12	10

**Tabel 3.** Jumlah *hidden layer* terbaik setiap model untuk indeks SDII

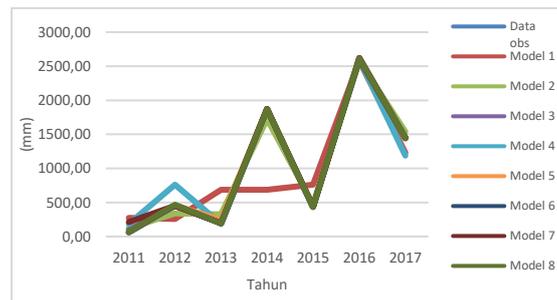
Model	1	2	3	4	5	6	7	8
Layer	10	12	14	12	12	5	12	20

### 3.4 Hasil Prediksi dan Validasi Hujan Ekstrem

Setiap model dengan jumlah *hidden layer* terbaiknya masing-masing disimulasikan sebanyak 20 kali, kemudian diambil hasil simulasi dengan nilai  $R^2$  tertinggi dan nilai RMSE terkecil. Hasil simulasi ini digunakan sebagai hasil prediksi yang mewakili model tersebut.



**Gambar 12.** Hasil prediksi indeks R95P berdasarkan nilai  $R^2$



**Gambar 13.** Hasil prediksi indeks R95P berdasarkan nilai RMSE

Gambar 12 dan Gambar 13 merupakan interpretasi hasil prediksi untuk indeks R95P dengan data observasinya berdasarkan nilai  $R^2$  tertinggi dan RMSE terkecil, berturut-turut. Berdasarkan gambar tersebut, dapat diketahui bahwa hasil prediksi yang diperoleh dari model 1 merupakan paling berbeda nilainya jika dibandingkan dengan model lainnya. Hal tersebut menunjukkan bahwa hasil prediksi yang diperoleh dari model 1 memiliki nilai yang hampir seluruhnya tidak mendekati data observasi.

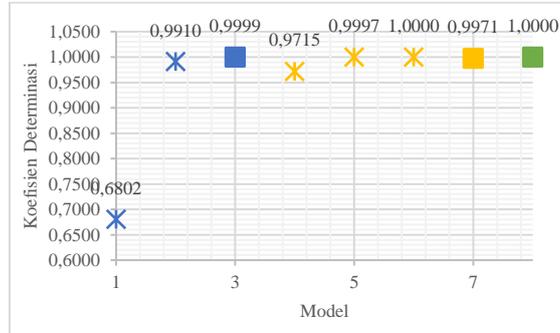
Berbeda halnya dengan hasil prediksi yang diperoleh dari model 1, hasil prediksi yang diperoleh dari model 2 memiliki cukup mirip dengan model lainnya dan juga mendekati data observasinya. Begitu juga pada model 3 dapat dilihat bahwa hasil prediksi yang dihasilkan mirip dengan data observasinya. Model 3 ini merupakan model yang data inputnya menggunakan gabungan prediktor yang ada di dalam model 1 dan 2, yaitu indeks R95P itu sendiri, suhu udara, dan kelembaban spesifik. Dapat dikatakan bahwa model 3 merupakan model yang menggunakan data input prediktor berupa gabungan dari beberapa unsur iklim lokal. Berdasarkan hasil tersebut, dapat diketahui bahwa hasil prediksi yang diperoleh menjadi lebih baik ketika data input prediktor yang merupakan unsur-unsur iklim lokal digabungkan.

Model 4 merupakan model yang data input prediktornya menggunakan indeks R95P dan suhu muka laut sebagai unsur iklim regional. Berdasarkan hasil yang diperoleh dari model 4, dapat diketahui bahwa dibandingkan dengan model-model lainnya, hasil prediksi yang diperoleh dari model ini belum mendekati data observasinya. Hal ini menunjukkan bahwa unsur iklim regional saja tidak begitu baik dalam memprediksi indeks R95P di ZOM 69 ini.

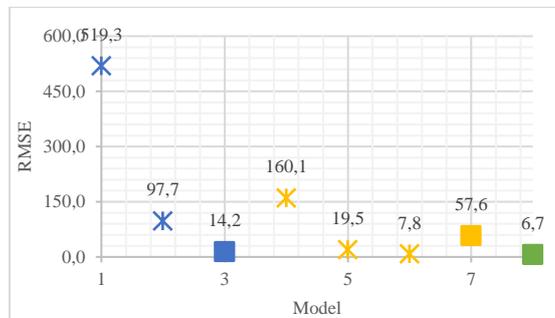
Selanjutnya, pada model 5 yang data input prediktornya menggunakan indeks R95P dan indeks Nino 3.4, menunjukkan prediksi yang dihasilkan dari model ini mirip dengan data observasinya. Seperti halnya pada model 5, hasil prediksi yang diperoleh dari model 6 juga tergolong cukup bagus. Model 6 ini merupakan model dengan prediktor berupa indeks R95P dan indeks SOI. Berdasarkan model 5 dan model 6, dapat diketahui bahwa masing-masing indeks Nino 3.4 dan indeks SOI cukup baik digunakan dalam memprediksi indeks R95P di ZOM 69.

Model 7 merupakan model dengan data input prediktornya merupakan gabungan dari model 4, 5, dan 6. Prediksi yang dihasilkan dari model 7 ini tidak begitu bagus, karena terdapat tahun yang hasil prediksinya tidak begitu mirip dengan data observasinya. Berdasarkan hal tersebut dapat diketahui bahwa hasil prediksi indeks R95P tidak cukup baik ketika unsur iklim regional dan global digunakan

bersamaan sebagai prediktor. Selanjutnya seperti halnya model 6, hasil prediksi yang diperoleh dari model 8 pun mirip dengan data observasinya. Model 8 merupakan model yang menggabungkan semua unsur iklim, baik lokal, regional, maupun global sebagai data input prediktornya.

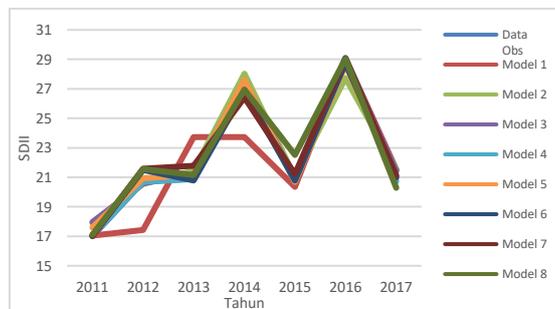


**Gambar 14.** Hasil validasi prediksi indeks R95P berdasarkan nilai R<sup>2</sup>

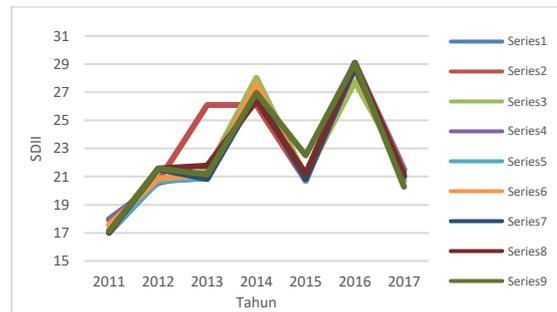


**Gambar 15.** Hasil validasi prediksi indeks R95P berdasarkan nilai RMSE

Selanjutnya, untuk mengetahui model yang paling baik dalam memprediksi indeks R95P di ZOM 69, dilakukan perbandingan nilai R<sup>2</sup> dan RMSE pada masing-masing model. Berdasarkan Gambar 14 dan Gambar 15, diketahui bahwa jika dilihat berdasarkan model yang memiliki nilai R<sup>2</sup> paling besar, model yang terbaik adalah model 6 dan 8. Nilai R<sup>2</sup> yang ditunjukkan oleh kedua model tersebut adalah 1, dimana hal tersebut menandakan bahwa kedua model tersebut sangat baik dalam memprediksi indeks R95P di ZOM 69. Begitu juga dengan model yang paling baik jika dilihat berdasarkan nilai RMSE yaitu model 6 dan 8, karena kedua model tersebut memiliki nilai RMSE yang paling kecil dibandingkan dengan keenam model lainnya. Namun, jika dibandingkan kembali antara model 6 dan 8, model 8 merupakan model dengan nilai RMSE yang terkecil. Sehingga dapat diketahui bahwa model 8 merupakan model terbaik yang dapat digunakan dalam memprediksi indeks R95P di ZOM 69 Provinsi Jawa Barat.

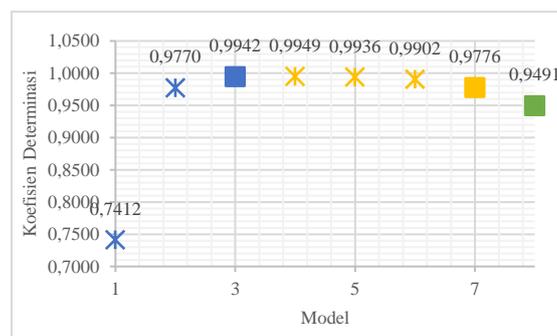


**Gambar 16.** Hasil prediksi indeks SDII berdasarkan nilai R<sup>2</sup>

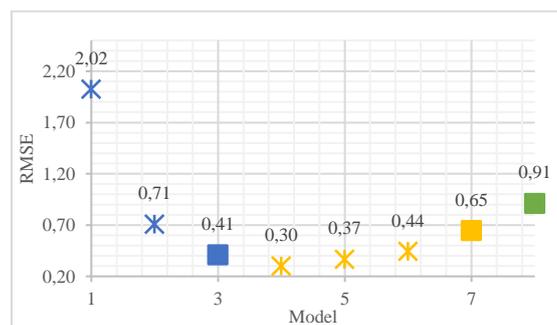


**Gambar 17.** Selisih hasil prediksi indeks SDII berdasarkan nilai RMSE

Gambar 16 dan Gambar 17 merupakan interpretasi hasil prediksi untuk indeks SDII dengan data observasinya berdasarkan nilai  $R^2$  tertinggi dan RMSE terkecil. Secara umum prediksi yang dihasilkan berada pada nilai yang tidak berbeda jauh dengan data observasinya. Hanya saja, pada model 1 terlihat adanya perbedaan hasil dibandingkan dengan model lainnya. Hal tersebut menunjukkan bahwa hasil prediksi yang diperoleh dari model 1 memiliki nilai yang tidak seluruhnya mendekati data observasi. Sedangkan untuk model lainnya menghasilkan prediksi yang selisihnya cukup kecil.



**Gambar 18.** Hasil validasi prediksi indeks SDII berdasarkan nilai  $R^2$



**Gambar 19.** Hasil validasi prediksi indeks SDII berdasarkan nilai RMSE

Selanjutnya, untuk mengetahui model terbaik dalam memprediksi indeks SDII di ZOM 69, dilakukan perbandingan nilai  $R^2$  dan RMSE pada masing-masing model. Berdasarkan Gambar 18, dapat diketahui bahwa seluruh model menghasilkan nilai  $R^2$  yang sangat baik. Hanya saja, jika dilihat berdasarkan model yang memiliki nilai  $R^2$  paling besar, maka model terbaik adalah model 4. Sama halnya jika dilihat berdasarkan nilai RMSE, berdasarkan Gambar 19 model terbaik adalah model 4, karena model tersebut memiliki nilai RMSE yang paling kecil dibandingkan dengan ketujuh model lainnya. Model 4 merupakan model dengan data input prediktor berupa indeks SDII itu sendiri dan SST. Sehingga dapat diketahui bahwa unsur iklim regional adalah yang paling baik dalam memprediksi indeks SDII di ZOM 69 Provinsi Jawa Barat.



#### 4. Kesimpulan

Secara umum *trend* temporal kejadian hujan ekstrem di ZOM 69 Provinsi Jawa Barat periode 1981-2010 didominasi oleh *trend* yang tidak signifikan. Adapun *trend* temporal yang signifikan hanya terdapat pada 2 indeks hujan ekstrem, yaitu indeks R95P dan indeks SDII. Umumnya seluruh model prediksi dalam penelitian ini dapat digunakan untuk memprediksi indeks R95P dan indeks SDII dengan baik. Namun jika dilihat berdasarkan yang terbaik, maka model yang memberikan hasil terbaik dalam memprediksi indeks R95P adalah model 8, yaitu model yang prediktornya merupakan gabungan dari seluruh unsur iklim, baik lokal, regional, maupun global. Sedangkan model yang memberikan hasil terbaik dalam memprediksi indeks SDII adalah model 4, yaitu model dengan menggunakan prediktor suhu muka laut.

#### Daftar Pustaka

- [1] Yolanda S 2014 *Analisa Curah Hujan Ekstrem Persentil Ke-98 serta Kaitannya dengan Angin Meridional di Wilayah DKI Jakarta* Disertation (Jakarta: Sekolah Tinggi Meteorologi Klimatologi dan Geofisika)
- [2] Sucahyono D dan Ribudiyanto K 2013 *Cuaca dan Iklim Ekstrem di Indonesia* (Jakarta: Puslitbang BMKG)
- [3] Jones C, Waliser D, Lau K dan Stern W 2004 Global Occurences of Extreme Precipitation and Madden Julian Oscillation: Observation and Predictability *J. Clim.* **17** 4575
- [4] CarvalhoL, Jones C dan Liebmann B 2002 Extreme Precipitation Events in Southeastern America and Large-Scale Convective Patterns in the South Atlantic Convergence Zone *J. Clim.* **15** 2377
- [5] Tejo R 2006 *Analisis Risiko Tanah Longsor di Kabupaten Cianjur* Thesis (Bogor: Institut Pertanian Bogor)
- [6] Ngongondo C, Xu C, Gottschalk L dan Alemaw B 2011 Evaluation of Spatial and Temporal Characteristics of Rainfall in Malawi: a Case of Data Scarce Region *J. Theory Appl. Climatol.* **106** 79
- [7] HydroGeoLogic Inc 2005 *Appendix D: Mann Kendall Analysis, Annual Ground Monitoring Report* (California: HydroGeoLogic Inc)
- [8] Bluman A 2009 *Elementary Statistics A Step by Step Approach* (New York: McGraw-Hill)
- [9] Kusumadewi S 2003 *Artificial Intellegence (Teknik dan Aplikasinya)* (Yogyakarta: Graha Ilmu)
- [10] Wilks D 2006 *Statistical Methods in The Atmospheric Sciences Second Edition* (California: Academic Press, Inc)