



PERAMALAN AWAL MUSIM HUJAN MENGGUNAKAN JARINGAN SYARAF TIRUAN *BACKPROPAGATION* LEVENBERG-MARQUARDT

ALIF KURNIAWAN



**DEPARTEMEN ILMU KOMPUTER
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2012**

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



PERAMALAN AWAL MUSIM HUJAN MENGGUNAKAN JARINGAN SYARAF TIRUAN *BACKPROPAGATION* LEVENBERG-MARQUARDT

ALIF KURNIAWAN

Skripsi

Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana Komputer pada
Departemen Ilmu Komputer

**DEPARTEMEN ILMU KOMPUTER
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2012**

Hak Cipta Diliindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



ABSTRACT

ALIF KURNIAWAN. Forecasting the Beginning of the Rainy Season using Backpropagation Neural Network. Supervised by AGUS BUONO.

El Nino and La Nina cause changes to period of the rainy season in Indonesia. The condition causes negative effect directly on agriculture and indirectly on economy. In agriculture, these symptoms lead to crop failure resulting in increased food prices so that people's purchasing power decreases. One solution to reduce the negative impact of El Nino and La Nina is by predicting the monsoon season every year so that the government can determine the right types of plants according to seasonal conditions in a given year. This study aims to predict the beginning of the rainy season using feedforward neural networks. In general, feedforward neural network is used in the forecasting process. SOI data is used as a predictor and backpropagation is used as a neural network learning algorithm. We tested four groups of neural network architectures called Group 5, Group 10, Group 15, and Group 20 based on the number of neurons in the hidden layer. This study uses a leave-one-out cross-validation to validate forecasting models and simulation to see the results of the forecasting model. At the leave-one-out cross-validation, the best result is achieved by Group 20 with an RMSE of 0.22 dasarian and a correlation coefficient of 0.99. In the simulation of forecasting the best result is obtained by Group 10 with an RMSE of 1.4 dasarian and a correlation coefficient of 0.8. We conclude that the best neural network architecture for predicting the beginning of the rainy season is Group 10. In addition, SOI month, suitable for predicting the beginning of the rainy season is June, July, and August.

Keywords: Raining Season, Forecasting, Neural Network, Southern Oscillation Index.

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



Judul Skripsi : Peramalan Awal Musim Hujan Menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan
Backpropagation Levenberg-Marquardt
Nama : Alif Kurniawan
NRP : G64080014

© Hak cipta milik IPB (Institut Pertanian Bogor)

Bogor Agricultural University

Menyetujui:
Pembimbing

Dr. Ir. Agus Buono, M.Si, M.Kom
NIP.196607021993021001

Mengetahui:
Ketua Departemen Ilmu Komputer

Dr. Ir. Agus Buono, M.Si, M.Kom
NIP.196607021993021001

Tanggal Lulus :

- Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



KATA PENGANTAR

Segala puji bagi Allah *subhanahu wata'ala* atas segala limpahan rahmat serta karunia-Nya sehingga penulis mampu menyelesaikan penelitian ini dengan baik. *Shalawat* dan salam penulis sampaikan kepada Nabi Muhammad *shallallahu 'alaihi wasallam* serta kepada keluarganya, sahabatnya, serta para pengikutnya hingga akhir zaman. Penulis juga menyampaikan terima kasih kepada seluruh pihak yang telah berperan dalam penelitian ini, yaitu:

- 1 Ayahanda Muhammad Tohir, Ibunda Anila Kustiasih, serta Adik Isni Rahmawati atas doa, kasih sayang, dukungan, serta motivasi kepada penulis untuk penyelesaian penelitian ini.
- 2 Bapak Dr. Ir. Agus Buono, M.Si, M.Kom selaku dosen pembimbing yang telah memberi banyak ide, saran, bantuan, serta dukungan sampai selesainya penelitian ini.
- 3 *Center for Climate Risk and Opportunity Management in Southeast Asia Pasific* (CCROM-SEAP) Institut Pertanian Bogor sebagai sumber data dalam penelitian ini.
- 4 *Indonesia Managing Higher Education for Relevance and Efficiency* (I-MHERE) Institut Pertanian Bogor yang telah membantu dalam penyelesaian penelitian ini.
- 5 Bapak Aziz Kustiyo, S.Si, M.Kom dan Dr. Ahmad Faqih selaku dosen penguji yang telah memberi masukan dan saran pada penelitian dan tugas akhir penulis.
- 6 Agus Sutisna, Ahmad Andhira, Ustadz Ahmad Ru'yat, Atik Nurwanda, Elfan Haris, A Farid Mulia, Ikbal Fatur Rahman, Muhammad Ardhy, Tubagus Fazlur Rahman, dan Qi Yahya selaku teman-teman SMA Negeri 1 Bogor atas segala dorongan dan masukan dalam menyelesaikan penelitian ini.
- 7 Muhammad Abrar Istiadi, Isnani Mulia, Fitra Aditya, Kurnia Nuraeni, Vininta Ayudiana dan rekan-rekan seperjuangan di Ilmu Komputer IPB angkatan 45 atas segala kebersamaan, bantuan, dukungan, serta kenangan bagi penulis selama menjalani masa studi. Semoga kita bisa berjumpa kembali kelak sebagai orang-orang sukses.
- 8 Rekan-rekan satu bimbingan, Aburrahman Halim, Ahmad Bagus Diponegoro, Nanda Ichsan Pratama, Retno Larasati, dan Wido Aryo Andhika semoga lancar dalam melanjutkan penelitiannya.
- 9 Adik-adik SMA Negeri 1 Bogor dan Forkom Alims yang selalu meringankan beban pikiran dalam menyelesaikan penelitian ini dengan keceriaan kalian.

Penulis berharap penelitian ini dapat memberikan manfaat, khususnya bagi peneliti Ilmu Komputer dan Institut Pertanian Bogor serta Badan Geofisika Meteorologi Klimatologi dan Geofisika dan Departemen Pertanian pada umumnya.

Bogor, Juni 2012

Alif Kurniawan



RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Bogor pada tanggal 1 Juni 1990. Penulis merupakan anak pertama dari pasangan Muhammad Tohir dan Anila Kustiasih. Pada tahun 2008, penulis menamatkan pendidikan di SMA Negeri 1 Bogor, Kota Bogor. Penulis lulus seleksi masuk Institut Pertanian Bogor (IPB) pada tahun yang sama melalui jalur Undangan Seleksi Masuk IPB dan diterima sebagai mahasiswa di Departemen Ilmu Komputer, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam.

Selama aktif menjadi mahasiswa, penulis menjadi salah satu pengurus Himpunan Mahasiswa Ilmu Komputer (Himalkom) pada tahun 2010 dan Pengurus Forkom Alims sejak tahun 2008. Penulis juga menjadi asisten praktikum pada mata kuliah Algoritme dan Pemrograman (2012 - 2011), Organisasi Komputer (2011), Pengenalan Komputer (2010 - 2011), dan Pengembangan Sistem Berorientasi Objek (2012). Selain itu, penulis melaksanakan kegiatan Praktik Kerja Lapangan di Balai Mesin Produksi Perkakas dan Otomasi Badan Penerapan dan Pengkajian Teknologi Serpong pada tahun 2011.

Hak Cipta Diliindungi Undang-Undang

Hak Cipta milik IPB (Institut Pertanian Bogor)

Bogor Agricultural University

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR TABEL	viii
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR LAMPIRAN	viii
PENDAHULUAN	
Latar Belakang	1
Tujuan	2
Ruang Lingkup	2
REVIEW PUSTAKA	
Awal Musim Hujan	2
Dasarian	2
<i>Southern Oscillation Index</i>	2
Jaringan Syaraf Tiruan	3
Fungsi Aktivasi	3
Propagasi Balik	3
Algoritme Levenberg-Marquardt	4
<i>K-Fold Cross-Validation</i>	4
Analisis Korelasi Sederhana	4
METODE PENELITIAN	
Studi Literatur dan Formulasi Masalah	4
Pengumpulan Data	5
Pemilihan Prediktor	5
Pembagian Data	5
Pembagian Arsitektur Jaringan Syaraf Tiruan	6
Simulasi <i>K-Fold Cross-Validation</i>	6
Simulasi Peramalan	6
Pemilihan Model Terbaik	6
Perhitungan RMSE dan Koefisien Korelasi	6
Analisis	7
HASIL DAN PEMBAHASAN	
Pengumpulan Data	7
Pemilihan Prediktor	7
Simulasi <i>K-Fold Cross-Validation</i>	9
Simulasi Peramalan	11
Analisis RMSE	12
Analisis Korelasi Sederhana	13
Analisis Kelompok Arsitektur	14
SIMPULAN DAN SARAN	
Simpulan	16
Saran	16
DAFTAR PUSTAKA	16
LAMPIRAN	18

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

DAFTAR TABEL

Halaman

1 Hasil konversi dasarian ke bulan.....	2
2 Hasil uji-z koefisien korelasi data AMH dan data SOI.....	8
3 Jumlah tahun dengan rentang galat tertentu.....	13

DAFTAR GAMBAR

Halaman

1 Data SOI dari tahun 1990 - 1993.....	3
2 Neuron (Engelbrecht 2007).....	3
3 Tahapan 3-fold cross-validation.....	4
4 Diagram alir metodologi penelitian.....	5
5 Grafik koefisien korelasi antara data soi dengan data awal musim hujan.....	7
6 Hasil uji hipotesis dengan nilai α sebesar 0.1.....	8
7 Hasil uji hipotesis dengan nilai α sebesar 0.05.....	8
8 Hasil uji hipotesis dengan nilai α sebesar 0.025.....	8
9 Grafik perbandingan nilai observasi dan nilai prediksi kelompok arsitektur 5.....	9
10 Grafik perbandingan nilai observasi dan nilai prediksi kelompok arsitektur 10.....	9
11 Grafik perbandingan nilai observasi dan nilai prediksi kelompok arsitektur 15.....	10
12 Grafik perbandingan nilai observasi dan nilai prediksi kelompok arsitektur 20.....	10
13 Grafik perbandingan hasil simulasi peramalan kelompok 5 dengan nilai observasi.....	11
14 Grafik perbandingan hasil simulasi peramalan kelompok 10 dengan nilai observasi.....	11
15 Grafik perbandingan hasil simulasi peramalan kelompok 15 dengan nilai observasi.....	12
16 Grafik perbandingan hasil simulasi peramalan kelompok 20 dengan nilai observasi.....	12
17 Grafik nilai RMSE tiap-tiap kelompok arsitektur.....	12
18 Grafik koefisien korelasi kelompok arsitektur.....	14
19 Diagram pencar data observasi dan data prediksi (a) kelompok arsitektur 5 (b) kelompok arsitektur 10 (c) kelompok arsitektur 15 (d) kelompok arsitektur 20 pada simulasi k-fold cross-validation.....	15
20 Diagram pencar data observasi dan data prediksi (a) kelompok arsitektur 5 (b) kelompok arsitektur 10 (c) kelompok arsitektur 15 (d) kelompok arsitektur 20 pada simulasi peramalan.....	15

DAFTAR LAMPIRAN

Halaman

1 Data pengamatan awal musim hujan di pulau Jawa.....	19
2 Data SOI tahun 1978 - 2007.....	20
3 Hasil analisis korelasi sederhana data SOI dan data awal musim hujan tahun 1978 - 2007.....	21
4 Hasil p-value untuk r tiap bulan.....	22
5 Kode sumber simulasi k-fold cross-validation.....	23
6 Kode sumber simulasi peramalan.....	25
7 Hasil prediksi kelompok arsitektur 5.....	27
8 Hasil prediksi kelompok arsitektur 10.....	28
9 Hasil prediksi kelompok arsitektur 15.....	29
10 Hasil prediksi kelompok arsitektur 20.....	30
11 Hasil simulasi peramalan kelompok arsitektur 5.....	31
12 Hasil simulasi peramalan kelompok arsitektur 10.....	32
13 Hasil simulasi peramalan kelompok arsitektur 15.....	33
14 Hasil simulasi peramalan kelompok arsitektur 20.....	34

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Gejala El Nino dan La Nina berpengaruh terhadap perubahan variabilitas iklim di Indonesia (Haylock 2000). Gejala El Nino akan menyebabkan jumlah pembentukan awan di daerah Indonesia berkurang sehingga panjang musim kemarau bertambah. Sebaliknya, La Nina menyebabkan jumlah pembentukan awan bertambah sehingga panjang musim hujan bertambah. Kedua gejala tersebut menyebabkan pergeseran pola curah hujan. Perubahan iklim yang tidak menentu akan memengaruhi produktivitas pertanian. Gejala El Nino menyebabkan penurunan produktivitas pertanian karena ketersediaan air untuk tanaman berkurang. Namun, pada gejala La Nina, produktivitas pertanian meningkat akibat melimpahnya ketersediaan air (Irawan 2006).

Akibat anomali tersebut, sering terjadi kasus kegagalan panen pada beberapa tahun ke belakang. Pada tahun 1997 telah terjadi krisis pangan yang menyebabkan krisis ekonomi. Berdasarkan penelitian Irawan (2006), penyebab terjadinya kelangkaan pangan ialah terjadinya gejala El Nino ekstrim. Salah satu kasus yang terjadi akibat El Nino dan La Nina ialah kegagalan panen di beberapa sentra produksi padi seperti Kabupaten Indramayu pada tahun 1997 sehingga ketersediaan beras di pasaran berkurang. Akibat berkurangnya pasokan beras, harga beras melambung tinggi sehingga daya beli masyarakat berkurang.

Efek anomali iklim tersebut dapat dikurangi jika pemerintah mampu mempersiapkan penanggulangan dengan baik. Salah satu cara yang dapat dilakukan ialah mengubah pola penanaman benih berdasarkan kondisi cuaca di Indonesia. Penanaman benih pada musim hujan diharapkan akan menghasilkan produksi pertanian yang optimal sehingga pada saat memasuki masa musim kemarau, ketersediaan pangan untuk konsumsi nasional dapat terjaga. Pengenalan pola tanam benih tersebut terkait dengan pengetahuan Departemen Pertanian untuk memprediksi musim hujan (BBSDLP 2008).

Metode yang digunakan oleh BMKG untuk menentukan panjang musim hujan ialah dengan mengukur rata-rata curah hujan bulanan suatu daerah. Jika curah hujan bulanan lebih besar dari pada 150 mm, panjang musim hujan ialah 6 bulan dan panjang musim kemarau ialah 6 bulan. Penentuan awal musim hujan ditentukan dengan mengukur curah hujan rata-rata dasarian

pada daerah tertentu. Jika hasil pengukuran curah hujan pada suatu dasarian lebih besar atau sama dengan 50 mm, dan pada 2 dasarian berikutnya memiliki curah hujan yang sama, dasarian tersebut adalah awal musim hujan (Swarinoto 2009).

Penelitian yang berkaitan dengan awal musim hujan dan panjang musim pernah dilakukan oleh Swarinoto (2009). Penelitian tersebut mengkaji peranan nilai anomali SST (*Sea Surface Temperature*) pada beberapa wilayah Indonesia, Nino3.4, dan IODM terhadap awal musim hujan dan panjang musim hujan. Hasil penelitian tersebut menunjukkan nilai anomali SST Nino3.4 dan SST Indonesia memiliki peranan yang signifikan terhadap awal dan panjang musim hujan Indonesia, sedangkan nilai anomali SST IODM tidak memiliki peranan yang signifikan.

Peramalan panjang musim hujan pernah dilakukan oleh Said (2011) menggunakan jaringan syaraf tiruan resilient *backpropagation*. Model tersebut menghasilkan nilai koefisien determinasi sebesar 84% dan nilai RMSE sebesar 1.0 dasarian. Data yang digunakan sebagai prediktor ialah data suhu permukaan laut atau SST. Pada penelitian tersebut, fokus penelitian ialah memprediksi panjang musim hujan di Indonesia.

Penelitian yang berkaitan dengan prediksi hujan untuk cuaca harian pernah dilakukan oleh Hung (2009) untuk studi kasus Bangkok, Thailand. Peramalan dilakukan menggunakan jaringan syaraf tiruan *generalized feedforward*. Pemodelan tersebut menghasilkan nilai koefisien determinasi sebesar 94% dan RMSE sebesar 0.71 mm/h. Data yang digunakan ialah data observasi karakteristik Samudera Pasifik dan data pengamatan cuaca daerah Thailand.

Ada beberapa cara untuk melakukan peramalan awal musim hujan. Salah satunya ialah melihat pola awal musim hujan yang dipengaruhi oleh El Nino dan La Nina. Untuk melihat gejala anomali tersebut digunakan perhitungan faktor-faktor pembentuk anomali El Nino dan La Nina. Salah satu hasil perhitungan tersebut ialah data SOI (*Southern Index Oscillation*). Data SOI memiliki korelasi kuat terhadap perubahan variabilitas musim hujan di Indonesia (Haylock 2001). Oleh karena itu, pada penelitian ini, pemodelan matematika dilakukan untuk meramalkan awal musim hujan di wilayah Indonesia menggunakan data SOI dan jaringan syaraf tiruan *backpropagation* Levenberg-Marquardt.

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang memurnikan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

Tujuan

Penelitian ini bertujuan merancang arsitektur jaringan syaraf tiruan *backpropagation* Levenberg-Marquardt untuk meramalkan awal musim hujan di stasiun pengamatan Indramayu.

Ruang Lingkup

Penelitian ini menggunakan data SOI yang berasal dari situs Badan Meteorologi Australia dari tahun 1978 - 2007 dan data awal musim hujan dari tahun 1978 - 2007 dari Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika. Data awal musim hujan yang digunakan ialah data yang berasal dari stasiun pengamatan daerah Indramayu. Jaringan syaraf tiruan yang digunakan ialah *feedforward multilayer* dengan algoritme pembelajaran *backpropagation*. Algoritme optimasi *backpropagation* yang digunakan ialah Levenberg-Marquardt. Pengujian akurasi yang digunakan ialah analisis korelasi sederhana dan RMSE. Data tahun SOI yang digunakan untuk meramalkan awal musim hujan ialah data SOI di tahun yang sama dengan tahun yang akan diramal.

TINJAUAN PUSTAKA

Dasarian

Dasarian berasal dari kata dasa yang berarti 10 dan harian sehingga makna dasarian ialah pengelompokkan hari setiap 10 hari sekali. Oleh karena itu, dalam satu bulan yang terdiri atas 30 hari akan dibagi menjadi tiga dasarian sehingga dalam satu tahun terdapat 36 dasarian (BMKG 2002).

Awal Musim Hujan

Penentuan awal musim hujan ditentukan dengan mengukur curah hujan rata-rata dasarian pada daerah tertentu. Jika hasil pengukuran curah hujan pada suatu dasarian lebih besar atau sama dengan 50 mm, dan pada 2 dasarian berikutnya memiliki curah hujan yang sama, dasarian tersebut adalah awal musim hujan (Swarinoto 2009). Alat untuk mengukur curah hujan pada waktu rentang tertentu ialah pluviometer.

Dasarian pertama mencatat total hujan dari tanggal 1 sampai tanggal 10. Dasarian kedua mencatat total hujan dari tanggal 11 sampai tanggal 20 pada bulan yang sama. Selanjutnya, dasarian ketiga mencatat total hujan dari tanggal 21 hingga akhir bulan. Dasarian ketiga dapat bervariasi. Ada yang mencatat total hujan

selama 8 hari, adapula yang mencatat 9 hari. Namun, ada juga beberapa yang mencatat 10 sampai 11 hari. Hal tersebut terkait dengan jumlah hari pada bulan tersebut (BMG 2012).

Jika suatu data awal musim hujan tertulis 23 dasarian, data tersebut menunjukkan awal musim hujan terjadi pada bulan ke-8 dan dasarian ke-2. Perhitungan matematis untuk memperoleh nilai bulan ke- i dan minggu ke- k ialah

$$i = \left\lfloor \frac{\text{Bilangan Dasarian}-1}{3} \right\rfloor + 1 = \left\lfloor \frac{23-1}{3} \right\rfloor + 1 = 8$$

$$\begin{aligned} k &= 1 + (\text{Bilangan dasarian} - 1) \bmod 3 \\ &= 1 + (22 \bmod 3) \\ &= 2 \end{aligned}$$

Keterkaitan dasarian dengan sistem kalender masehi dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1 Hasil konversi dasarian ke bulan

Bulan ke	7			8		
Dasarian ke	1	2	3	1	2	3
Dasarian	19	20	21	22	23	24

Southern Oscillation Index

Southern Oscillation Index didapatkan dari perbandingan antara tekanan udara di Pulau Tahiti dan tekanan udara di Darwin, Australia. Perhitungan tersebut dilakukan secara berkala, yaitu setiap satu bulan sekali. Data SOI digunakan untuk mengetahui terjadinya El Nino dan La Nina. Jika SOI bernilai negatif, telah terjadi fase El Nino. Namun, jika SOI bernilai positif, telah terjadi fase La Nina (BOM 2002).

Ada beberapa teknik yang digunakan untuk menghitung nilai SOI. Badan Meteorologi Australia menggunakan metode Troup SOI dengan melakukan standarisasi selisih anomali nilai rata-rata tekanan udara di Tahiti dan Darwin. Adapun persamaan untuk menghitung nilai SOI adalah sebagai berikut:

$$SOI = 10 \frac{[P_{diff} - P_{diffav}]}{SD(P_{diff})}$$

dengan

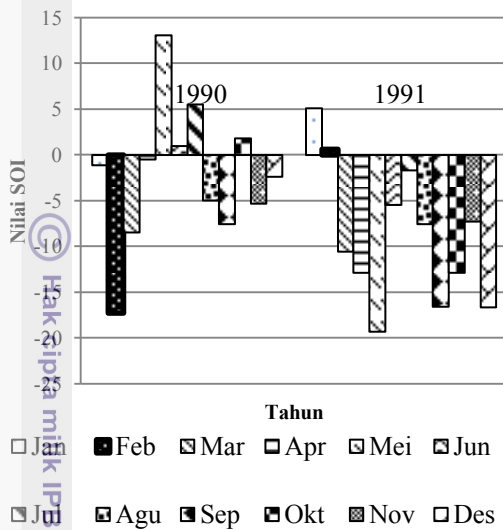
P_{diff} : (rata-rata MSLP Tahiti per bulan) – (rata-rata MSLP Darwin per bulan)

P_{diffav} : term rata-rata P_{diff} pada bulan yang dicari.

$SD(P_{diff})$: standar deviasi P_{diff} pada bulan yang dicari.

Perkalian dengan 10 ialah suatu konvensi sehingga nilai rentang dari SOI adalah [-35, 35].

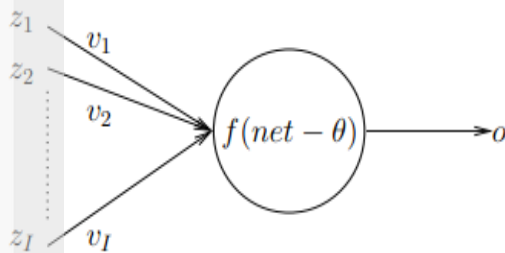
Hasil perhitungan SOI tahun 1990 sampai tahun 1991 oleh Badan Meteorologi Australia ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1 Data SOI dari tahun 1990 – 1993.

Jaringan Syaraf Tiruan

Menurut Fauset (1994), jaringan syaraf tiruan adalah sistem pemrosesan informasi yang bekerja seperti jaringan syaraf manusia. Jaringan syaraf tiruan dikembangkan sebagai bentuk pemodelan matematika proses kognitif manusia atau syaraf. Adapun bentuk neuron sederhana dapat ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2 Neuron (Engelbrecht 2007).

dengan

z_1, z_2, \dots, z_i : nilai masukan

v_1, v_2, \dots, v_i : bobot tiap koneksi terhubung

$f(\text{net} - \theta)$: fungsi aktivasi

o : nilai keluaran

Jaringan syaraf tiruan terdiri atas satu neuron atau sekumpulan neuron. Antara satu neuron dengan neuron yang lain dihubungkan oleh sebuah atau lebih *network* yang memiliki nilai bobot. Nilai bobot diperoleh dari proses pembelajaran. Salah satu bentuk metode

pembelajaran jaringan syaraf tiruan ialah *backpropagation*.

Fungsi Aktivasi

Menurut Engelbrecht (2007), fungsi aktivasi adalah fungsi yang digunakan untuk mengolah sinyal nilai masukan dan bias dalam penentuan nilai keluaran dari neuron. Secara umum, fungsi aktivasi berbentuk pemetaan monoton menaik. Adapun beberapa bentuk fungsi aktivasi yaitu:

1. Fungsi Linear

Persamaan fungsi linear ialah,

$$f_{AN}(\text{net} - \theta) = \lambda(\text{net} - \theta)$$

dengan λ adalah gradien garis dan θ adalah nilai ambang batas.

2. Fungsi Sigmoid

Fungsi Sigmoid memiliki persamaan

$$f_{AN}(\text{net} - \theta) = \frac{1}{1 + e^{-\lambda(\text{net} - \theta)}}$$

Fungsi tersebut memiliki nilai $f_{AN}(\text{net}) \in (0,1)$, dan parameter λ untuk mengontrol *steepness* fungsi.

Propagasi Balik

Pelatihan *backpropagation* (propagasi balik) meliputi tiga tahap. Tahap pertama ialah tahap maju dengan nilai *input* dihitung maju mulai dari lapisan *input* hingga lapisan *output* menggunakan fungsi aktivasi yang telah ditentukan. Tahap kedua adalah tahap mundur. Selisih antara keluaran *network* dan target yang diinginkan merupakan kesalahan yang terjadi. Kesalahan tersebut dipropagasikan mundur, dimulai dari garis yang berhubungan langsung dengan unit-unit di lapisan keluaran. Tahap ketiga adalah modifikasi bobot untuk menurunkan kesalahan yang terjadi.

Bobot yang menyebabkan nilai turunan aktivasi yang kecil sedapat mungkin dihindari karena menyebabkan perubahan bobotnya menjadi sangat kecil. Demikian pula nilai bobot awal tidak boleh terlalu besar karena nilai turunan fungsi aktivasinya menjadi sangat kecil pula. Oleh karena itu, dalam propagasi balik, bobot dan bias diisi dengan bilangan acak kecil.

Dalam propagasi balik, fungsi aktivasi yang digunakan harus memenuhi beberapa syarat: kontinu, terdiferensiasi dengan mudah, dan merupakan fungsi yang tidak turun. Salah satu fungsi yang memenuhi ketiga syarat tersebut ialah fungsi sigmoid biner yang memiliki rentang 0 sampai 1 (Fauset 1994).

Algoritme Levenberg-Marquardt

Algoritme Levenberg-Marquardt adalah salah satu solusi untuk meningkatkan kinerja algoritme *backpropagation* karena algoritme Levenberg-Marquardt dirancang secara khusus untuk meminimalisasi galat jumlah kuadrat. Algoritme ini akan memperbaiki bobot dengan cara memperkecil nilai galat dari selisih bobot baru dengan bobot lama. Namun, pada saat yang bersamaan, algoritme ini akan mempertahankan *step size* agar tidak menjadi besar (Bishop 1995).

Persamaan matematika untuk menentukan bobot baru pada algoritma Levenberg-Marquardt ialah sebagai berikut:

$$w_{\text{new}} = w_{\text{old}} - (Z^T Z)^{-1} Z^T \epsilon(w_{\text{old}})$$

dengan

w_{new} : bobot baru

w_{old} : bobot lama

ϵ : vektor galat

Z : matriks yang anggotanya adalah hasil diferensiasi galat terhadap bobotnya.

Algoritme Levenberg-Marquardt memiliki jumlah iterasi yang lebih baik dibandingkan dengan algoritme optimasi *backpropagation* yang lain. Namun, algoritme ini membutuhkan memori yang lebih banyak dibandingkan algoritme sejenisnya (Webb 1988).

K-Fold Cross-Validation

K-fold cross-validation digunakan untuk membagi data menjadi data latih dan data uji. Metode ini melakukan perulangan sebanyak k kali untuk membagi sebuah himpunan contoh secara acak menjadi k -subset yang saling bebas. Setiap ulangan disisakan satu *subset* untuk pengujian, dan sisanya digunakan untuk pelatihan (Fu 1994).

Jika nilai k bernilai 3, data akan dibagi menjadi 3 kelompok. Misalkan setiap kelompok diberi label angka secara berurutan. Pada tahap pertama, kelompok 1 akan bertindak sebagai data uji, sedangkan kelompok 2 dan kelompok 3 bertindak sebagai data latih. Pada tahap kedua, kelompok 2 akan bertindak sebagai data uji sedangkan kelompok 1 dan kelompok 3 akan bertindak sebagai data latih. Pada tahap ketiga, kelompok 3 akan bertindak sebagai data uji sedangkan kelompok 1 dan kelompok 2 akan bertindak sebagai data latih. Ilustrasi *k-fold cross-validation* dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3 Tahapan 3-fold cross-validation.

Analisis Korelasi Sederhana

Analisis korelasi mencoba mengukur kekuatan hubungan antara dua peubah yang dideskripsikan dengan suatu nilai yaitu koefisien korelasi. R linear adalah ukuran hubungan linear antara dua peubah acak X dan Y yang dilambangkan dengan r (Walpole 1982). Persamaan matematika untuk mencari koefisien r ialah sebagai berikut:

$$r = \frac{r \sum_{i=1}^n x_i y_i - \sum_{i=1}^n x_i \sum_{i=1}^n y_i}{\sqrt{[n \sum_{i=1}^n x_i^2 - [\sum_{i=1}^n x_i]^2][n \sum_{i=1}^n y_i^2 - [\sum_{i=1}^n y_i]^2]}}$$

dengan

x_i : variabel 1

y_i : variable 2

n : jumlah data

Untuk menguji r berlaku untuk semua data populasi, digunakan uji hipotesis (Walpole 1982). Salah satu uji hipotesis yang digunakan ialah uji-z. Persamaan p -value pada uji-z ialah sebagai berikut,

$$z = \frac{\sqrt{n-3}}{2} \ln \left[\frac{(1+r)(1-\rho_0)}{(1-r)(1+\rho_0)} \right]$$

dengan

n : jumlah data

r : koefisien korelasi

ρ_0 : nilai hipotesis nol

METODE PENELITIAN

Diagram alir metode penelitian yang dilakukan pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 4.

Sudi Literatur dan Formulasi Masalah

Penelaahan jurnal dilakukan dan buku yang terkait dengan penelitian. Jurnal dan buku yang terkait meliputi karakteristik data, jaringan syaraf tiruan, dan prediksi iklim menggunakan jaringan syaraf tiruan. Formulasi masalah

ditentukan agar ruang lingkup penelitian tidak terlalu luas dan tidak terlalu sempit.

Pengumpulan Data

Pada tahap ini, data SOI diambil dari situs badan meteorologi Australia (BOM 2012) sedangkan data awal musim hujan diperoleh dari staf Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika. Data SOI dimasukkan ke dalam matriks *soi* dan data awal musim hujan akan dimasukkan ke matriks *amh*. Penelitian ini menggunakan data awal musim hujan dari stasiun pengamatan Indramayu.

Pemilihan Prediktor

Pemilihan prediktor dilakukan menggunakan analisis korelasi sederhana. Nilai SOI tiap bulan akan diperiksa korelasinya dengan data awal musim. Hasil dari analisis yang disebut dengan r dilakukan uji hipotesis sebaran normal. Uji hipotesis digunakan untuk memeriksa konsistensi koefisien terhadap data populasi.

Menurut Walpole (1982), jika r dari dua variabel mendekati 0, maka variabel 1 tidak memiliki korelasi terhadap variabel 2. Namun, jika koefisien korelasi mendekati 1, terdapat suatu korelasi. Oleh karena itu, hipotesis dapat dibuat seperti berikut:

$$H_0: \rho_0 = 0$$

$$H_1: \rho_0 \neq 0$$

dengan

H_0 : Hipotesis 0

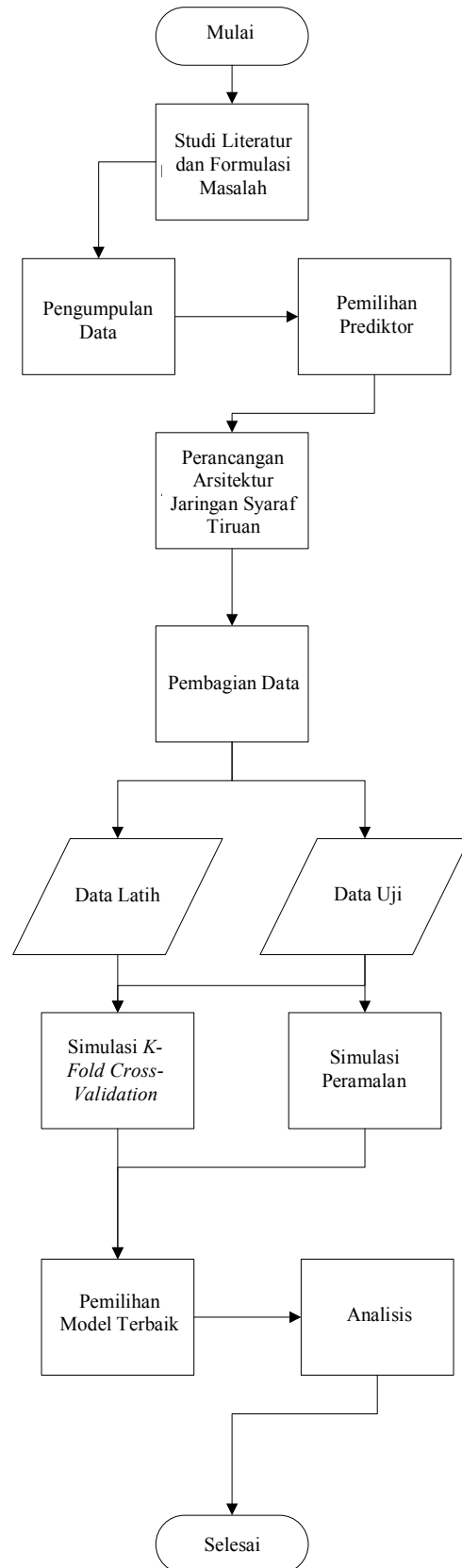
H_1 : Hipotesis 1

ρ_0 : p -value

Jika pada r yang diuji hipotesis sebaran normal menghasilkan nilai tolak H_0 , variabel bulan SOI tersebut yang akan digunakan sebagai prediktor jaringan syaraf tiruan. Selain data yang diperoleh dari hasil analisis korelasi sederhana, prediktor yang digunakan ialah selisih SOI dari tiap bulan yang telah terpilih dari hasil analisis korelasi sederhana.

Pembagian Data

Tujuan pembagian data ialah menentukan data latih dan data uji. Penentuan jumlah data tersebut menggunakan *k-fold cross-validation*. Data latih digunakan untuk menentukan bobot tiap-tiap *network* jaringan syaraf tiruan sedangkan data uji digunakan untuk memeriksa keakuratan jaringan syaraf tiruan yang telah dibuat.



Gambar 4 Diagram alir metodologi penelitian.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

Pada penelitian ini digunakan metode *leave-one-out cross-validation* sehingga nilai k akan sama dengan jumlah data, yaitu 30. Data dibagi menjadi 30 kelompok dengan masing-masing kelompok terdiri atas 1 data. Data yang dibagi adalah data prediktor jaringan syaraf tiruan dan data awal musim hujan daerah pengamatan kabupaten Indramayu.

Pembagian Arsitektur Jaringan Syaraf Tiruan

Pada tahapan ini dibuat beberapa kelompok arsitektur jaringan syaraf tiruan yang diuji coba. Lapisan *input* ditentukan berdasarkan hasil tahap pemilihan prediktor. Jika terdapat 3 bulan yang memiliki nilai tolak H_0 , terdapat 5 neuron pada lapisan *input*. Jaringan syaraf tiruan yang diuji coba memiliki 1 *hidden layer*. Pengujian terdiri atas 4 kelompok, yaitu kelompok arsitektur 5, 10, 15, dan 20 yang memiliki jumlah neuron pada *hidden layer* sebanyak 5, 10, 15, dan 20.

Pada fase pelatihan jaringan syaraf tiruan, diterapkan jumlah *epoch* sebesar 1000, toleransi galat sebesar 0, dan gradien sebesar 10^{-10} . Fungsi aktivasi yang digunakan ialah fungsi sigmoid pada *hidden layer* dan fungsi linear pada lapisan *output* dengan 1 buah *output*. Algoritme pembelajaran yang digunakan ialah algoritme *backpropagation* (propagasi balik) dengan algoritme optimasi metode Levenberg-Marquardt. Penetapan parameter tersebut berlaku untuk semua kelompok arsitektur jaringan syaraf tiruan.

Simulasi K-Fold Cross-Validation

Data yang telah terbagi menjadi 30 bagian digunakan untuk proses *k-fold cross-validation*. Pada iterasi pertama, kelompok 1 dari data prediktor digunakan sebagai data uji, sedangkan kelompok 2 data prediktor sampai kelompok 30 data prediktor dijadikan data latih dan data awal musim hujan kelompok 2 sampai kelompok 30 sebagai target. Pasangan data latih dengan target disesuaikan dengan kesamaan nomor kelompok sehingga kelompok 2 data prediktor dipasangkan dengan kelompok 2 data awal musim hujan. Hasil dari iterasi pertama disimpan pada matriks *hasil* di kolom 1 dan baris 1.

Pada iterasi kedua, data prediktor kelompok 2 dijadikan sebagai data uji, sedangkan kelompok lainnya dijadikan sebagai data latih. Hasil iterasi kedua disimpan pada matriks *hasil* di kolom 1 dan baris 2. Hal yang sama dilakukan hingga mencapai iterasi ke-30

sehingga terbentuk matriks yang berisikan hasil prediksi dengan ukuran matriks 30×1 .

Setelah iterasi ke-30 selesai, perulangan proses dilakukan dari iterasi pertama sebanyak 10 kali perulangan untuk mencari hasil terbaik karena terjadinya minimum lokal yang menjadi kelemahan algoritme *backpropagation* Levenberg-Marquardt.

Simulasi Peramalan

Simulasi peramalan dilakukan untuk membuat model peramalan awal musim hujan dengan mempertimbangkan aspek waktu. Pada tahap ini, masing-masing kelompok arsitektur menggunakan 20 data latih dan 10 data uji yang diperoleh dari proses pembagian data. Pada langkah pertama, dilakukan pelatihan jaringan syaraf tiruan dengan menggunakan data latih dari tahun ke-1 sampai tahun ke-20 kemudian dilakukan uji coba untuk meramalkan tahun ke-21. Pada langkah kedua, pelatihan jaringan syaraf tiruan dilakukan pada data latih dari tahun ke-2 sampai tahun ke-21 kemudian dilakukan uji coba untuk meramalkan tahun ke-22. Hal yang sama dilakukan sampai pada langkah ke-10 dan menandakan satu proses simulasi peramalan selesai. Proses simulasi dilakukan sebanyak 10 kali untuk mencari hasil terbaik dari arsitektur tersebut.

Pemilihan Model Terbaik

Setelah proses simulasi *k-fold cross-validation* dan simulasi peramalan pada masing-masing kelompok arsitektur, dipilih hasil yang memenuhi 2 kriteria, yaitu RMSE dan koefisien korelasi. Model terbaik ialah model yang memiliki nilai RMSE terkecil atau mendekati nilai 0 dan model yang memiliki nilai koefisien korelasi terbesar.

Perhitungan RMSE dan Koefisien Korelasi

Root Mean Square Error (RMSE) adalah suatu perhitungan untuk menunjukkan seberapa besar simpangan nilai dugaan terhadap nilai aktualnya. Menurut Walpole (1982), RMSE dirumuskan sebagai berikut:

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{t=1}^n (X_t - F_t)^2}{n}}$$

dengan

X_t : nilai aktual pada waktu ke- t

F_t : nilai dugaan pada waktu ke- t

n : jumlah data

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

Pada tahap ini, RMSE dihitung dari matriks hasil masing-masing kelompok arsitektur. RMSE digunakan untuk melihat galat rata-rata dari total prediksi. Kecocokan model dikatakan semakin baik jika RMSE mendekati nilai 0.

Nilai-nilai RMSE dan koefisien korelasi digunakan pada tahap analisis untuk memeriksa kinerja dan keakuratan masing-masing kelompok arsitektur. Koefisien korelasi digunakan untuk melihat kesesuaian model terhadap kondisi sesungguhnya. Jika nilai suatu model memiliki nilai koefisien korelasi sebesar 0.8, model tersebut dapat menjelaskan kondisi sesungguhnya sebesar 0.64 atau 64%.

Analisis

Tahap analisis dilakukan untuk melihat tingkat akurasi dan galat dari masing-masing kelompok arsitektur. Parameter yang digunakan pada tahap analisis ialah nilai RMSE dan koefisien korelasi. Selain itu, penelitian ini menganalisis faktor-faktor yang memengaruhi hasil prediksi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penyimpulan Data

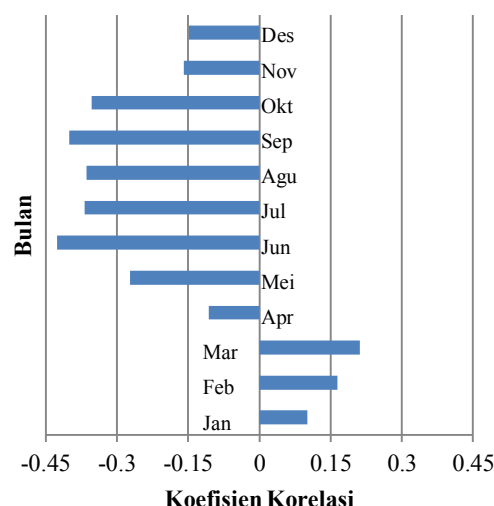
Data pengamatan awal musim hujan diperoleh dari Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika. Data berbentuk data numerik dengan satuan dasarian. Data tersebut menyimpan hasil pengamatan dari 188 stasiun pengamatan di Pulau Jawa dari tahun 1978 - 2007. Data dapat dilihat pada Lampiran 1. Data awal musim hujan dijadikan sebagai target dari jaringan syaraf tiruan. Nilai yang digarisbawahi menunjukkan nilai tersebut adalah hasil prediksi staf BMKG dengan menggunakan nilai rata-rata dari hasil pengamatan. Hal ini disebabkan oleh masalah teknis pada saat pengamatan.

Data SOI diperoleh dari situs Badan Meteorologi Australia dari tahun 1876 sampai tahun 2011 (BOM 2012). Penelitian ini hanya menggunakan data SOI dari tahun 1978 sampai tahun 2007. Data SOI tahun 1978 - 2007 dapat dilihat pada Lampiran 2.

Pemilihan Prediktor

Langkah awal untuk melakukan pemilihan prediktor jaringan syaraf tiruan ialah menghitung korelasi antara data SOI pada masing-masing bulan dan data awal musim hujan (AMH) menggunakan analisis korelasi sederhana. Data yang digunakan ialah data awal musim hujan daerah pengamatan Indramayu

tahun 1978 - 2007 dan data SOI tahun 1979 - 2007. Hasil dari perhitungan analisis korelasi sederhana dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5 Grafik koefisien korelasi antara data SOI dengan data awal musim hujan.

Gambar 5 menunjukkan korelasi tertinggi dimiliki oleh bulan Juni, yaitu sebesar -0.425, kemudian tertinggi kedua dimiliki oleh bulan September sebesar -0.399. Bulan Juli, Agustus, dan Oktober memiliki korelasi masing-masing -0.368, -0.364, dan -0.35. Untuk bulan Januari, Februari, Maret, April, Mei, November, dan Desember, korelasi yang dimiliki pada masing-masing bulan memiliki rentang dari -0.299 sampai 0.299. Hasil lengkap analisis korelasi sederhana dapat dilihat pada Lampiran 3.

Analisis korelasi sederhana menunjukkan bahwa bulan Mei sampai bulan Oktober memiliki korelasi yang kuat terhadap data AMH pada stasiun pengamatan Indramayu. Nilai r tersebut memiliki tanda negatif yang menunjukkan bahwa semakin rendah nilai SOI pada masing-masing bulan akan berbanding terbalik dengan nilai dasarian awal musim hujan.

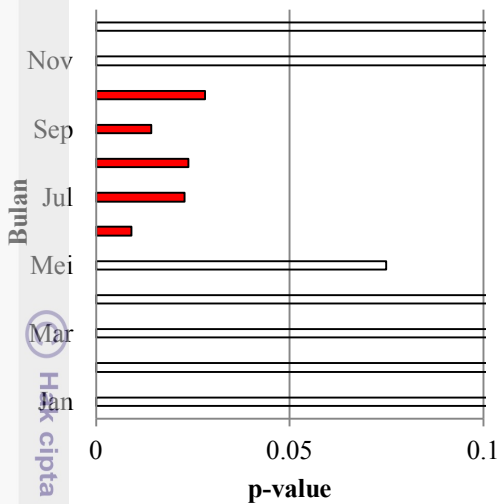
Untuk mengetahui bahwa nilai korelasi tersebut dapat digunakan pada data populasi, digunakan uji hipotesis sebaran normal. Sebelum menguji hipotesis, r harus ditransformasikan ke kurva persebaran normal atau dikenal dengan z-hitung. Pada tiap nilai z-hitung dihitung nilai p -value yang membuat pengambilan hipotesis menjadi mudah. Adapun hasil lengkap nilai p -value dapat dilihat pada Lampiran 4.

Hak Cipta Diliindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

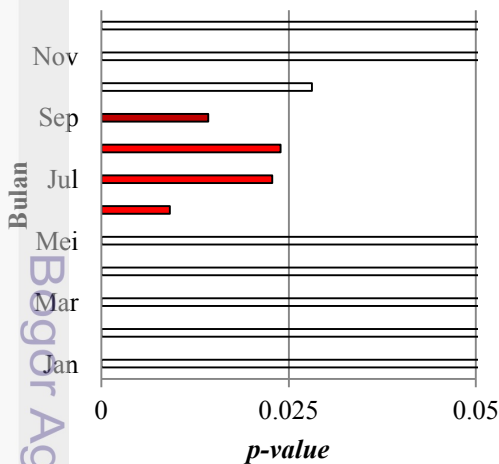
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



Gambar 6 Hasil uji hipotesis dengan nilai α sebesar 0.1.

Bulan-bulan yang nilai r nya tidak berlaku pada data populasi dengan selang kepercayaan 90% adalah bulan yang memiliki nilai p -value di atas 0.05. Oleh karena itu, koefisien bulan Juni sampai Oktober dapat berlaku untuk data populasi. Hasil uji-z dapat dilihat pada Gambar 6

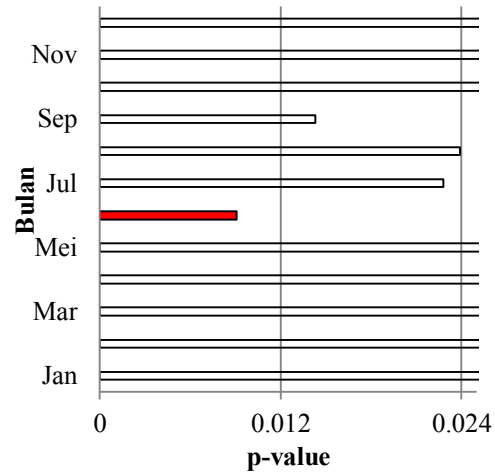
Bulan-bulan yang koefisien korelasinya tidak berlaku pada data populasi dengan selang kepercayaan 95% ialah bulan yang memiliki nilai p -value di atas 0.025. Oleh karena itu, korelasi bulan Juni sampai bulan September dapat berlaku pada data populasi. Hasil uji-z dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7 Hasil uji hipotesis dengan nilai α sebesar 0.05.

Berdasarkan Gambar 8, bulan-bulan yang koefisiennya dapat berlaku untuk data populasi dengan selang kepercayaan 97.5% ialah bulan Juni. Nilai p -value di atas 0.0125 tidak dapat digunakan untuk data populasi. Hasil lengkap

perhitungan p -value r tiap bulan dapat dilihat pada Lampiran 4. Hasil uji hipotesis dengan selang kepercayaan 90%, 95%, dan 97.5% dapat secara ringkas dilihat pada Tabel 2.



Gambar 8 Hasil uji hipotesis dengan nilai α sebesar 0.025.

Pada Tabel 2, ditunjukkan bahwa koefisien bulan yang dapat digunakan untuk data populasi dengan selang 90% ialah bulan Juni sampai bulan Oktober. Untuk selang kepercayaan 95%, bulan yang dapat digeneralisasikan ialah bulan Juni sampai bulan September. Pada selang kepercayaan 97.5% hanya bulan Juni yang dapat digeneralisasikan.

Tabel 2 Hasil uji-z koefisien korelasi data AMH dan data SOI

Bulan	Selang Kepercayaan (%)		
	90	95	97.5
Jan	Terima H0	Terima H0	Terima H0
Feb	Terima H0	Terima H0	Terima H0
Mar	Terima H0	Terima H0	Terima H0
Apr	Terima H0	Terima H0	Terima H0
Mei	Terima H0	Terima H0	Terima H0
Jun	Tolak H0	Tolak H0	Tolak H0
Jul	Tolak H0	Tolak H0	Terima H0
Agu	Tolak H0	Tolak H0	Terima H0
Sep	Tolak H0	Tolak H0	Terima H0
Okt	Tolak H0	Terima H0	Terima H0
Nov	Terima H0	Terima H0	Terima H0
Des	Terima H0	Terima H0	Terima H0

Oleh karena itu, penelitian ini menggunakan bulan Juni sampai bulan Agustus sebagai

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

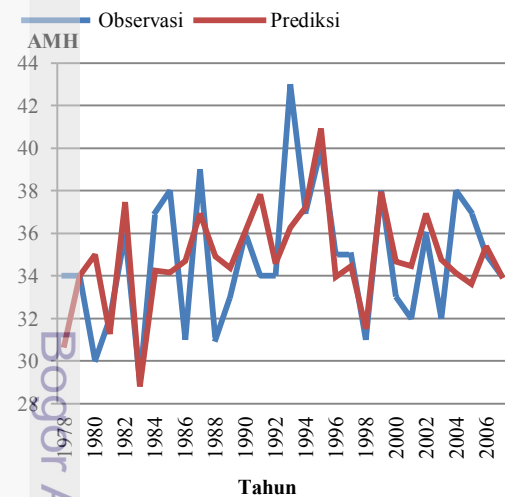
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

prediktor jaringan syaraf tiruan dengan selang kepercayaan sebesar 95%. Selain ketiga bulan tersebut, selisih antara bulan Juni dan bulan Juli dan antara bulan Agustus dan bulan Juli ditambahkan sebagai prediktor. Bulan September tidak dijadikan sebagai prediktor karena bulan tersebut merupakan masa pancaroba.

Simulasi K-Fold Cross-Validation

Simulasi *k-fold cross-validation* dilakukan pada perangkat lunak Matlab R2008b dengan menuliskan kode untuk membagi data prediktor dan data awal musim hujan menjadi *k* bagian. Pada kode tersebut diatur pula penyimpanan hasil prediksi yang digunakan untuk menghitung RMSE dan koefisien korelasi kelompok arsitektur 5 sampai kelompok arsitektur 20. Kode tersebut dapat dilihat pada Lampiran 5.

Kelompok arsitektur 5 yang memiliki 5 buah neuron pada *hidden layer* dilakukan pelatihan dan pengujian sebanyak 30 kali. Pada proses tersebut dilakukan perulangan sebanyak 10 kali untuk mencari hasil prediksi terbaik dari kelompok arsitektur 5. Hasil dari prediksi terbaik kelompok arsitektur 5 dapat dilihat pada Lampiran 7. Perbandingan hasil prediksi awal musim hujan terhadap data observasi awal musim hujan stasiun Indramayu dideskripsikan dalam bentuk grafik pada Gambar 9.



Gambar 9 Grafik perbandingan nilai observasi dan nilai prediksi kelompok arsitektur 5.

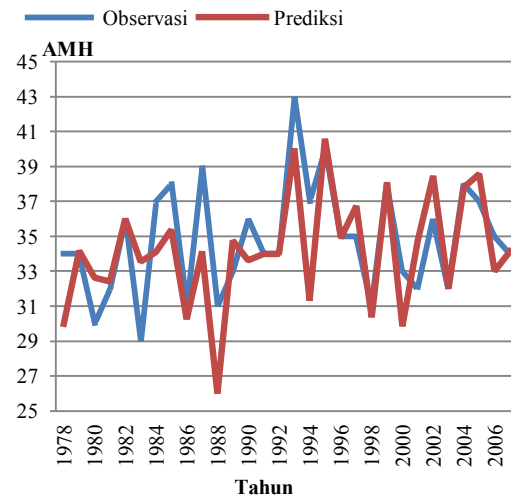
Pada proses simulasi kelompok arsitektur 5 diperoleh 2 tahun yang hasil prediksi model galat kurang dari 0.0001, yaitu tahun 1979 dan 2007. Ada 5 tahun yang memiliki nilai galat antara 0.0001 sampai 0.5, yaitu tahun 1983,

1990, 1994, 1999 dan 2006. Nilai galat tertinggi didapat pada prediksi tahun 1993, yaitu sebesar 6.67 dengan hasil prediksi 36.26.

Nilai RMSE menunjukkan kesalahan prediksi rata-rata pada simulasi *k-fold cross-validation*. Kelompok arsitektur 5 memiliki rata-rata galat atau RMSE sebesar 2.59 dasarian sehingga rata-rata kesalahan dalam memprediksi awal musim hujan sekitar 26 hari.

Koefisien korelasi atau *r* pada kelompok arsitektur 5 memiliki nilai sebesar 0.58. Nilai tersebut bermakna bahwa 0.34 atau 34% di antara ragam total nilai-nilai data observasi dapat dijelaskan oleh hubungan linearnya dengan data prediksinya (Walpole 1984).

Kelompok arsitektur 10 yang memiliki jumlah neuron pada *hidden layer* sebanyak 10 buah dilakukan simulasi yang serupa dengan kelompok arsitektur 5. Simulasi dilakukan sebanyak 10 kali kemudian diambil nilai RMSE dan koefisien korelasi terbaik dari kelompok arsitektur 10. Gambar 10 menunjukkan grafik perbandingan nilai observasi stasiun Indramayu dengan nilai prediksi selama 30 tahun.



Gambar 10 Grafik perbandingan nilai observasi dan nilai prediksi kelompok arsitektur 10

Simulasi kelompok 10 menghasilkan nilai prediksi yang memiliki nilai galat kurang dari 0.1 terhadap nilai observasi sebanyak 5 tahun, yaitu 1982, 1991, 1992, 1999, dan 2003. Nilai prediksi yang memiliki galat antara 0.1 sampai 0.5 ada 5 tahun, yaitu tahun 1979, 1981, 1996, 2004, dan 2007. Nilai galat tertinggi terdapat pada tahun 1994, yaitu sebesar 5.677 dengan hasil prediksi 31.37. Hasil secara lengkap simulasi kelompok arsitektur 10 dapat dilihat pada Lampiran 8.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

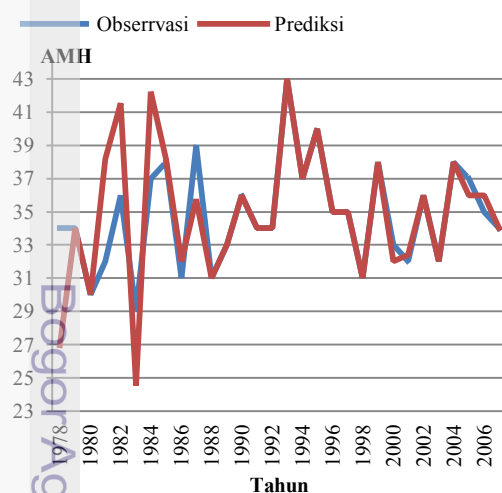
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

Kelompok arsitektur 10 memiliki nilai rata-rata galat (RMSE) sebesar 2.53 dasarian. Nilai tersebut menunjukkan hasil prediksi yang dilakukan oleh kelompok arsitektur 10 memiliki rata-rata kesalahan sekitar 2.53 dasarian sehingga kesalahan dalam memprediksi awal musim hujan sekitar 25 hari. Nilai RMSE kelompok arsitektur 10 lebih kecil 0.06 daripada kelompok RMSE kelompok 5.

Koefisien korelasi atau r pada kelompok arsitektur 10 memiliki nilai sebesar 0.67. Nilai tersebut bermakna bahwa 0.49 atau 49% di antara ragam total nilai-nilai data observasi dapat dijelaskan oleh hubungan linearnya dengan data prediksinya (Walpole 1984).

Kelompok arsitektur 15 memiliki neuron pada *hidden layer* sebanyak 15 buah. Simulasi dilakukan sebanyak 10 kali dan diambil hasil terbaik berdasarkan nilai RMSE dan koefisien korelasi dari masing-masing perulangan. Gambar 11 menunjukkan hasil yang lebih baik dibandingkan dengan kelompok arsitektur 5 dan kelompok arsitektur 10.

Pada kelompok arsitektur 15, ada 18 tahun yang memiliki galat kurang dari 0.1 yaitu tahun 1978, 1980, 1988 - 1999, 2002 - 2004, dan 2007. Tahun yang memiliki galat antara 0.1 sampai 0.5 adalah tahun 1985 dan 2001. Nilai galat tertinggi dimiliki oleh tahun 1978 dengan nilai galat sebesar 7.02. Hasil lengkap prediksi kelompok arsitektur 15 dapat dilihat pada Lampiran 9.

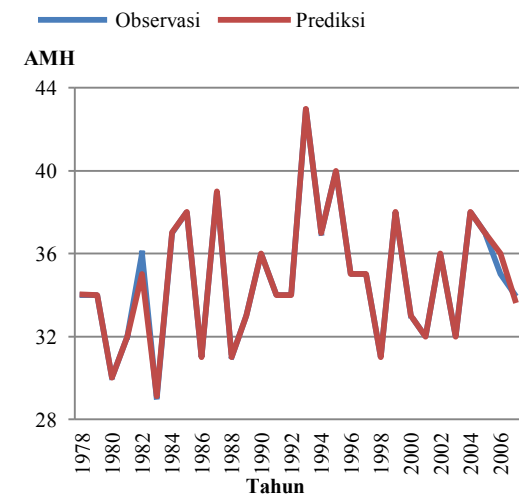


Gambar 11 Grafik perbandingan nilai observasi dan nilai prediksi kelompok arsitektur 15.

Kelompok arsitektur 15 memiliki nilai RMSE sebesar 2.45 dasarian berdasarkan perhitungan selisih hasil prediksi dan hasil observasi. Nilai tersebut menggambarkan nilai

prediksi yang diperoleh selama 30 tahun menghasilkan rata-rata kesalahan sebesar 2.45 dasarian sehingga kesalahan dalam memprediksi awal musim hujan sekitar 25 hari. Dibandingkan dengan kelompok arsitektur 10, kelompok arsitektur 15 memiliki nilai RMSE 0.08 lebih baik.

Koefisien korelasi atau r pada kelompok arsitektur 15 memiliki nilai sebesar 0.8. Nilai tersebut bermakna bahwa 0.64 atau 64% di antara ragam total nilai-nilai data observasi dapat dijelaskan oleh hubungan linearnya dengan data prediksinya (Walpole 1984).



Gambar 12 Grafik perbandingan nilai observasi dan nilai prediksi kelompok arsitektur 20.

Kelompok arsitektur 20 memiliki neuron pada *hidden layer* sebanyak 20 buah. Pada kelompok arsitektur tersebut dilakukan simulasi sebanyak 10 kali kemudian diambil hasil prediksi terbaik berdasarkan nilai RMSE dan r dari perulangan tersebut. Grafik hasil kelompok arsitektur 20 dapat dilihat pada Gambar 12. Hasil lengkap dari kelompok arsitektur 20 dapat dilihat pada Lampiran 10.

Pada Gambar 12, terlihat bahwa hampir seluruh nilai prediksi menutupi nilai observasi. Ada 6 tahun yang dapat diprediksi secara tepat oleh kelompok arsitektur 20, yaitu tahun 1989, 1991, 1992, 1995, 1997, dan 2000. Hasil prediksi yang memiliki galat antara 0 sampai 0.1 berjumlah 20 tahun, yaitu tahun 1978 - 1981, 1984 - 1988, 1990, 1993, 1994, 1996, 1998, 1999, dan 2001 - 2005. Untuk nilai prediksi antara 0.1 sampai 0.5 terdapat pada tahun 1983 dan tahun 2007. Galat tertinggi dimiliki oleh tahun 1982 dan tahun 2006 dengan nilai galat sebesar 1 dasarian.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

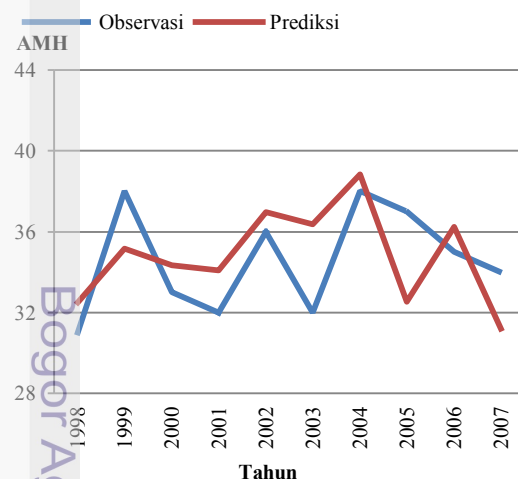
Kelompok arsitektur 20 memiliki nilai RMSE atau galat rata-rata sebesar 0.22 dasarian berdasarkan perhitungan selisih hasil prediksi dan hasil observasi. Nilai tersebut menjelaskan bahwa kesalahan rata-rata kelompok arsitektur 20 sebesar 0.22 dasarian untuk memprediksi awal musim hujan selama 30 tahun. Oleh karena itu, rata-rata kesalahan untuk memprediksi awal musim hujan berkisar 2 hari.

Koefisien korelasi atau r pada kelompok arsitektur 20 memiliki nilai sebesar 0.99. Nilai tersebut bermakna bahwa 0.99 atau 99% di antara ragam total nilai-nilai data observasi dapat dijelaskan oleh hubungan linearnya dengan data prediksinya (Walpole 1984).

Simulasi Peramalan

Pada kelompok arsitektur 5, dilakukan 10 kali simulasi kemudian diambil hasil prediksi terbaik berdasarkan nilai RMSE dan r dari perulangan tersebut. Hasil terbaik dari kelompok arsitektur 5 dapat dilihat pada Gambar 13.

Hasil simulasi kelompok 5 memberikan nilai RMSE sebesar 1.48 dasarian. Hal ini menunjukkan bahwa kesalahan rata-rata model untuk meramalkan awal musim hujan sekitar 14 hari. Nilai galat terbesar dimiliki oleh tahun 2005 sebesar 4.4 dasarian sedangkan nilai galat terkecil dimiliki oleh tahun 2004 yaitu sebesar 0.8 dasarian atau 8 hari. Hasil arsitektur tersebut dapat dilihat pada Lampiran 11

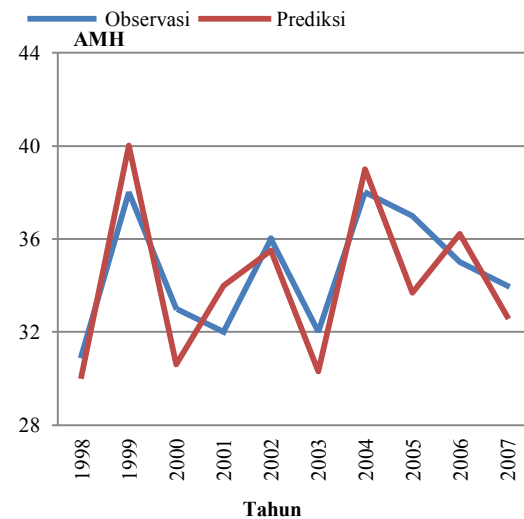


Gambar 13 Grafik perbandingan hasil simulasi peramalan kelompok 5 dengan nilai observasi.

Koefisien korelasi atau r pada kelompok arsitektur 5 memiliki nilai sebesar 0.4. Nilai tersebut bermakna bahwa 0.16 atau 16% di antara ragam total nilai-nilai data observasi

dapat dijelaskan oleh hubungan linearnya dengan data prediksinya (Walpole 1984).

Pada kelompok arsitektur 10 dilakukan 10 kali simulasi kemudian diambil hasil prediksi terbaik berdasarkan nilai RMSE dan koefisien korelasi dari perulangan tersebut. Hasil terbaik dari kelompok arsitektur 10 dapat dilihat pada Gambar 14.

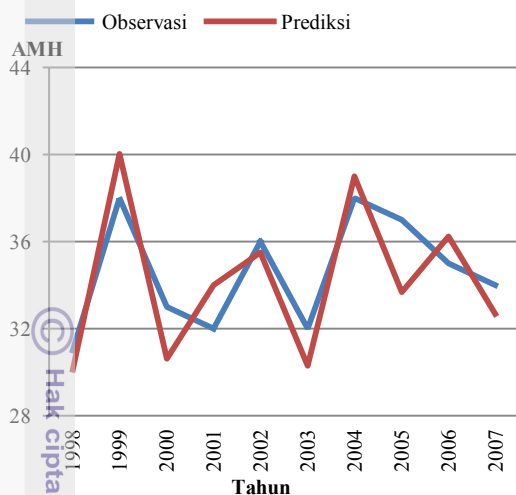


Gambar 14 Grafik perbandingan hasil simulasi peramalan kelompok 10 dengan nilai observasi.

Hasil simulasi kelompok 10 memberikan nilai RMSE sebesar 1.04 dasarian. Hal ini menunjukkan bahwa kesalahan rata-rata model untuk meramalkan awal musim hujan sekitar 10 hari. Nilai galat terbesar dimiliki oleh tahun 2005 sebesar 3.39 dasarian sedangkan nilai galat terkecil dimiliki oleh tahun 2002 yaitu sebesar 0.4 dasarian atau 3 hari. Hasil lengkap pada arsitektur tersebut dapat dilihat pada Lampiran 12.

Koefisien korelasi atau r pada kelompok arsitektur 10 memiliki nilai sebesar 0.85. Nilai tersebut bermakna bahwa 0.72 atau 72% di antara ragam total nilai-nilai data observasi dapat dijelaskan oleh hubungan linearnya dengan data prediksinya (Walpole 1984).

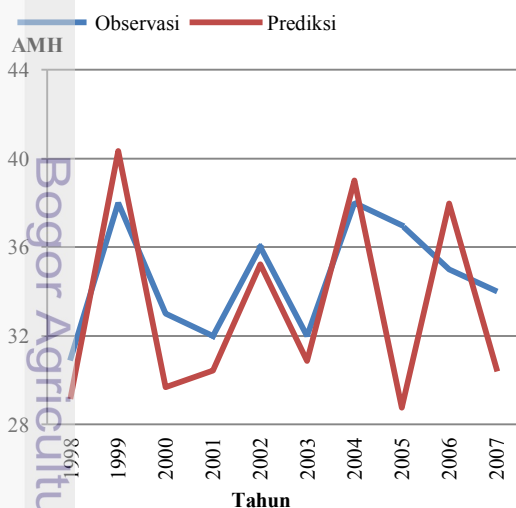
Pada kelompok arsitektur 15 dilakukan 10 kali simulasi kemudian diambil hasil prediksi terbaik berdasarkan nilai RMSE dan r dari perulangan tersebut. Hasil terbaik dari kelompok arsitektur 15 dapat dilihat pada Gambar 15.



Gambar 15 Grafik perbandingan hasil simulasi peramalan kelompok 15 dengan nilai observasi.

Hasil simulasi kelompok 15 memberikan nilai RMSE sebesar 2.49 dasarian. Hal ini menunjukkan bahwa kesalahan rata-rata model untuk meramalkan awal musim hujan sekitar 25 hari. Nilai galat terbesar dimiliki oleh tahun 2000 sebesar 9.5 dasarian sedangkan nilai galat terkecil dimiliki oleh tahun 2006 yaitu sebesar 0.9 dasarian atau 9 hari.

Koefisien korelasi pada kelompok arsitektur 15 memiliki nilai sebesar 0.35. Nilai tersebut bermakna bahwa 0.12 atau 12% di antara ragam total nilai-nilai data observasi dapat dijelaskan oleh hubungan linearnya dengan data prediksinya (Walpole 1984). Hasil lengkap simulasi peramalan kelompok arsitektur tersebut dapat dilihat pada Lampiran 13.



Gambar 16 Grafik perbandingan hasil simulasi peramalan kelompok 20 dengan nilai observasi.

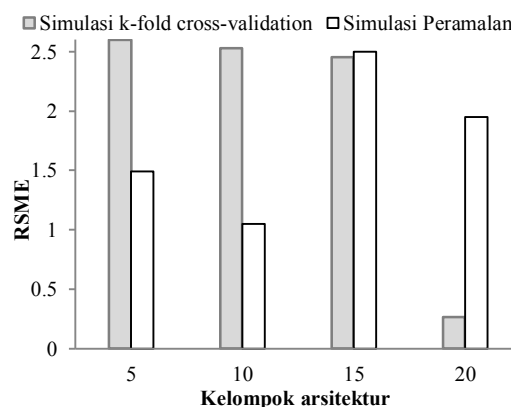
Pada kelompok arsitektur 20 dilakukan 10 kali simulasi kemudian diambil hasil prediksi terbaik berdasarkan nilai RMSE dan r dari perulangan tersebut. Hasil terbaik dari kelompok arsitektur 20 dapat dilihat pada Gambar 16.

Hasil simulasi kelompok 20 memberikan nilai RMSE sebesar 1.9 dasarian. Hal ini menunjukkan bahwa kesalahan rata-rata model untuk meramalkan awal musim hujan sekitar 19 hari. Nilai galat terbesar dimiliki oleh tahun 2005 sebesar 8.2 dasarian sedangkan nilai galat terkecil dimiliki oleh tahun 2002 yaitu sebesar 0.7 dasarian atau 7 hari.

Koefisien korelasi atau r pada kelompok arsitektur 20 memiliki nilai sebesar 0.69. Nilai tersebut bermakna bahwa 0.48 atau 48% di antara ragam total nilai-nilai data observasi dapat dijelaskan oleh hubungan linearnya dengan data prediksinya (Walpole 1984). Hasil simulasi peramalan kelompok arsitektur 20 dapat dilihat pada Lampiran 14.

Analisis RMSE

Pada simulasi *k-fold cross-validation*, keempat kelompok arsitektur menghasilkan nilai RMSE yang berbeda. Kelompok arsitektur 5, 10, 15, dan 20 memiliki nilai RMSE masing-masing sebesar 2.59, 2.53, 2.45, dan 0.22 dasarian. Sebaran keempat nilai RMSE dapat dilihat pada Gambar 17.



Gambar 17 Grafik nilai RMSE pada masing-masing kelompok arsitektur.

Penurunan galat rata-rata dari kelompok arsitektur 5 ke kelompok arsitektur 10 sebesar 0.067 dasarian. Penurunan juga terjadi dari kelompok arsitektur 10 ke kelompok arsitektur 15 sebesar 0.078 dasarian. Begitu pula penurunan nilai RMSE terjadi dari kelompok arsitektur 15 ke kelompok arsitektur 20 sebesar 2.189 dasarian. Hal ini menunjukkan bahwa nilai RMSE pada kelompok arsitektur 20

Hak Cipta Diliindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

memiliki nilai yang jauh lebih baik dibandingkan kelompok arsitektur 5, 10, dan 15.

Rentang galat pada kelompok arsitektur 5 ialah 6.37 dasarian dengan nilai galat minimum 2.5×10^{-10} dasarian dan nilai galat maksimum ialah 6.37 dasarian. Rentang galat pada kelompok arsitektur 10 ialah 5.67 dasarian dengan nilai galat minimum 4.02×10^{-10} dasarian dan nilai galat maksimum ialah 5.67 dasarian. Pada kelompok arsitektur 15, rentang galat sebesar 7.02 dasarian dengan nilai galat minimum ialah 0 dan nilai maksimum ialah 7.02 dasarian. Pada kelompok arsitektur 20, rentang galat sebesar 1 dengan nilai galat minimum ialah 0 dan nilai galat maksimum ialah 1 dasarian.

Berdasarkan uraian di atas, rentang galat tidak memengaruhi nilai RMSE. Rentang galat tertinggi dimiliki oleh kelompok arsitektur 15, yaitu sebesar 7.02 dasarian. Namun, nilai RMSE kelompok arsitektur 15 lebih baik dibandingkan kelompok 5 dan kelompok 10. Oleh karena itu rentang galat pada kelompok arsitektur tidak memengaruhi nilai RMSE.

Tabel 3 Jumlah tahun dengan rentang galat tertentu

Rentang Galat	Kelompok Arsitektur			
	5	10	15	20
0	0	0	1	6
$0 < \text{galat} \leq 0.1$	3	5	17	20
$0.1 < \text{galat} \leq 0.5$	4	5	2	2
$0.5 < \text{galat}$	23	20	10	2

Pada Tabel 3, jumlah tahun terbanyak yang memiliki nilai galat 0 dimiliki oleh kelompok arsitektur 20 dengan jumlah 6 tahun. Pada rentang galat 0 sampai 0.1 dasarian, kelompok arsitektur 20 memiliki jumlah tahun terbanyak, yaitu sebanyak 20 tahun. Pada rentang 0.1 sampai 0.5, kelompok arsitektur 10 memiliki jumlah tahun terbanyak, yaitu 5 tahun. Untuk galat yang lebih dari 0.5, kelompok arsitektur 5 memiliki jumlah tahun sebanyak 23 tahun.

Jumlah persebaran galat memengaruhi nilai RMSE pada keempat kelompok arsitektur. Semakin banyak jumlah persebaran galat yang kurang dari 0.5, RMSE akan semakin mendekati nilai 1. Namun, jika persebaran pada galat lebih dari 0.5 berjumlah tinggi, nilai RMSE menjadi semakin besar.

Pada simulasi peramalan, nilai RMSE yang dihasilkan menunjukkan pola yang berbeda dengan simulasi peramalan. Kelompok

arsitektur 5, 10, 15, dan 20 memiliki nilai RMSE masing-masing sebesar 1.49, 1.04, 2.49, dan 1.94 dasarian. Persebaran keempat nilai RMSE tersebut dapat dilihat pada Gambar 17.

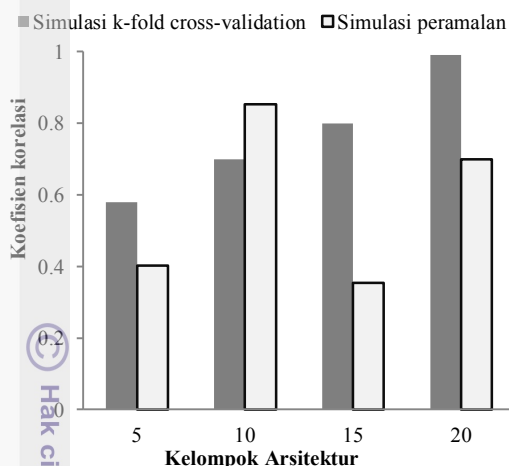
Nilai RMSE terendah pada simulasi peramalan dimiliki oleh arsitektur dengan jumlah neuron pada layar tersembunyi sebanyak 10 buah, sedangkan pada simulasi *k-fold cross-validation* nilai RMSE terendah dimiliki oleh arsitektur dengan jumlah neuron pada lapisan tersembunyi sebanyak 20 buah.

Ada beberapa faktor yang memengaruhi hasil pelatihan jaringan syaraf tiruan sehingga hasil simulasi *k-fold cross-validation* dan simulasi peramalan berbeda. Menurut Fauset (1994), jumlah data latih akan memengaruhi tingkat akurasi pada proses pelatihan. Pada penelitian ini, jumlah data latih pada simulasi *k-fold cross-validation* lebih banyak dibandingkan simulasi peramalan. Jumlah data latih yang dimiliki oleh simulasi *k-fold cross-validation* ialah 29 buah, sedangkan jumlah data latih pada simulasi peramalan ialah 20 buah. Pada simulasi *k-fold cross-validation* terdapat kemiripan satu data uji dengan data uji yang lain sehingga pada proses pengujian dihasilkan nilai RMSE yang kecil. Namun, pada simulasi peramalan, tidak terdapat data latih yang sama dengan data uji. Oleh karena itu, semakin besar jumlah data untuk melatih jaringan syaraf tiruan, tingkat akurasi jaringan syaraf tiruan tersebut akan semakin tinggi.

Analisis Korelasi Sederhana

Koefisien determinasi yang disimbolkan dengan R^2 menunjukkan proporsi jumlah kuadrat total yang dapat dijelaskan oleh sumber keragaman peubah bebas. Nilai koefisien determinasi diperoleh dari hasil kuadrat r linear (Walpole 1982).

Pada Gambar 18, koefisien korelasi hasil simulasi *k-fold cross-validation* pada masing-masing kelompok memiliki nilai lebih besar daripada 0.5, sedangkan pada simulasi peramalan, hasil koefisien korelasi menunjukkan nilai antara 0.3 sampai 0.8. Kedua perlakuan menunjukkan korelasi yang bersifat korelasi positif tinggi. Jika hasil observasi awal musim hujan menunjukkan nilai dasarian yang tinggi, hasil prediksi awal musim hujan akan menunjukkan nilai dasarian yang tinggi. Jika hasil observasi awal musim hujan menunjukkan nilai dasarian yang rendah, hasil prediksi awal musim hujan akan menunjukkan nilai dasarian yang rendah.



Gambar 18 Grafik koefisien korelasi kelompok arsitektur.

Nilai r kelompok arsitektur 5 pada simulasi *k-fold cross-validation* bernilai 0.58 sehingga nilai koefisien determinasi kelompok arsitektur 5 bernilai 0.34 atau 34%. Kelompok arsitektur 5 menunjukkan bahwa sebanyak 34% nilai observasi dapat dijelaskan oleh hubungan linearnya dengan nilai prediksi.

Nilai r kelompok arsitektur 5 pada simulasi peramalan bernilai 0.4 sehingga nilai koefisien determinasi kelompok arsitektur 5 bernilai 0.16 atau 16%. Kelompok arsitektur 5 menunjukkan bahwa sebanyak 16% nilai observasi dapat dijelaskan oleh hubungan linearnya dengan nilai prediksi.

Kelompok arsitektur 10 pada simulasi *k-fold cross-validation* memiliki nilai r bernilai 0.7 sehingga koefisien determinasi kelompok arsitektur 10 bernilai 0.49 atau 49%. Kelompok arsitektur 10 menunjukkan bahwa sebanyak 49% nilai observasi dapat dijelaskan oleh hubungan linearnya dengan nilai prediksi.

Kelompok arsitektur 10 pada simulasi peramalan memiliki nilai r bernilai 0.85 sehingga koefisien determinasi kelompok arsitektur 10 bernilai 0.72 atau 72%. Kelompok arsitektur 10 menunjukkan bahwa sebanyak 72% nilai observasi dapat dijelaskan oleh hubungan linearnya dengan nilai prediksi.

Kelompok arsitektur 15 pada simulasi *k-fold cross-validation* memiliki nilai r sebesar 0.8 sehingga koefisien determinasi sebesar 0.64 atau 64%. Kelompok arsitektur 15 menunjukkan bahwa sebanyak 64% nilai observasi dapat dijelaskan oleh hubungan linearnya dengan nilai prediksi.

Kelompok arsitektur 15 pada simulasi peramalan memiliki nilai r sebesar 0.35

sehingga koefisien determinasi sebesar 0.12 atau 12%. Kelompok arsitektur 15 menunjukkan bahwa sebanyak 12% nilai observasi dapat dijelaskan oleh hubungan linearnya dengan nilai prediksi.

Kelompok arsitektur 20 pada simulasi *k-fold cross-validation* memiliki nilai koefisien korelasi sebesar 0.99 sehingga koefisien determinasi sebesar 0.99 atau 99%. Kelompok arsitektur 20 menunjukkan bahwa sebanyak 99% nilai observasi dapat dijelaskan oleh hubungan linearnya dengan nilai prediksi.

Kelompok arsitektur 20 pada simulasi peramalan memiliki nilai koefisien korelasi sebesar 0.69 sehingga koefisien determinasi sebesar 0.47 atau 47%. Kelompok arsitektur 20 menunjukkan bahwa sebanyak 47% nilai observasi dapat dijelaskan oleh hubungan linearnya dengan nilai prediksi.

Pada Gambar 19, dibuat diagram pencar untuk melihat persebaran titik yang dibentuk dari nilai observasi dan nilai prediksi untuk simulasi *k-fold cross-validation*. Gambar 19 (d) merupakan hasil yang terbaik karena titik membentuk suatu garis lurus.

Pada Gambar 20, dibuat diagram pencar untuk melihat persebaran titik yang dibentuk dari nilai observasi dan nilai prediksi untuk simulasi peramalan. Hasil terbaik pada simulasi peramalan ditunjukkan pada Gambar 20(b).

Menurut Walpole (1982), jika titik-titik menggerombol mengikuti garis sebuah garis lurus dengan kemiringan positif, maka ada korelasi positif yang tinggi antara dua peubah. Namun, jika titik semakin memencar, titik-titik tersebut mengikuti suatu pola acak atau tidak ada pola. Oleh karena itu, pada simulasi *k-fold cross-validation*, kelompok arsitektur 20 adalah model terbaik untuk memprediksi awal musim hujan. Namun, pada simulasi peramalan, kelompok arsitektur 10 merupakan model terbaik untuk meramalkan awal musim hujan.

Analisis Kelompok Arsitektur

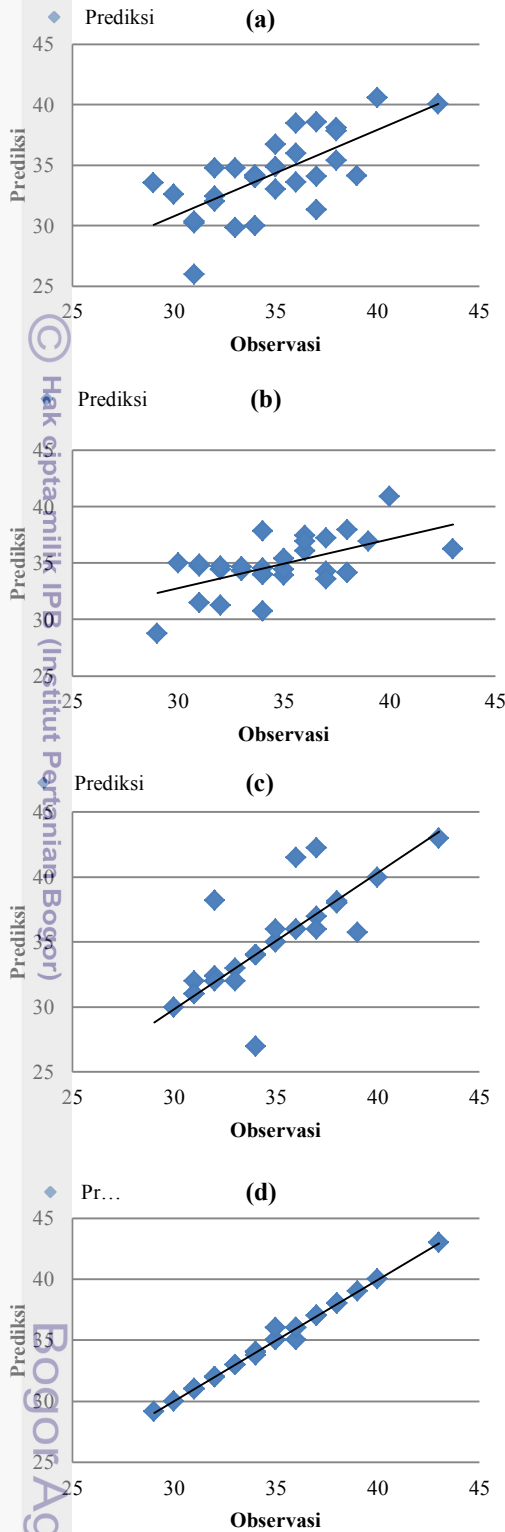
Analisis kelompok arsitektur menggunakan dua parameter, yaitu RMSE dan koefisien korelasi. Pada hasil simulasi diperoleh bahwa kelompok arsitektur 20 adalah hasil terbaik di antara kelompok arsitektur 5, 10, dan 15 karena nilai RMSE kelompok 4 memiliki nilai terkecil, yaitu 0.22 dan memiliki nilai R terbesar, yaitu 0.99 atau 99%.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

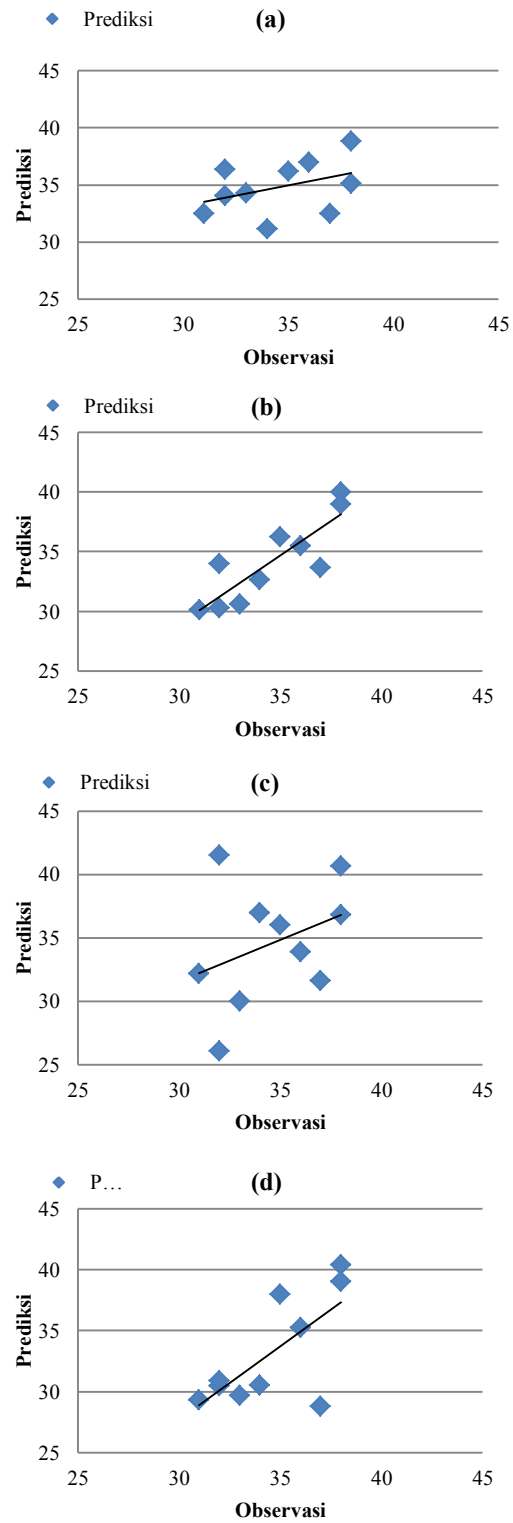
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



Gambar 19 Diagram pencar data observasi dan data prediksi (a) kelompok arsitektur 5 (b) kelompok arsitektur 10 (c) kelompok arsitektur 15 (d) kelompok arsitektur 20 pada simulasi *k-fold cross-validation*.



Gambar 20 Diagram pencar data observasi dan data prediksi (a) kelompok arsitektur 5 (b) kelompok arsitektur 10 (c) kelompok arsitektur 15 (d) kelompok arsitektur 20 pada simulasi peramalan.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

Ada beberapa faktor yang memengaruhi hasil prediksi dari masing-masing kelompok arsitektur. Yang pertama ialah jumlah neuron pada *hidden layer*. Pada kelompok arsitektur 5, jumlah neuron ialah 5 neuron. Hasil dari kelompok RMSE dan *R* ialah 2.59 dasarian dan 34%. Pada kelompok arsitektur 10 memiliki nilai RMSE dan *R* masing-masing 2.53 dan 49%. Pada kelompok arsitektur 15 memiliki nilai RMSE dan *R* masing-masing 2.45 dan 64%. Pada kelompok arsitektur 20 memiliki nilai RMSE dan *R* masing-masing 0.22 dan 99%. Oleh karena itu, jumlah neuron pada arsitektur jaringan syaraf tiruan memengaruhi hasil prediksi.

Faktor yang kedua ialah pembobotan awal neuron. Hal ini berkaitan dengan lokal gradien maksimum yang sering terjadi pada proses pembelajaran. Jika didapatkan nilai bobot yang tidak optimal pada saat proses pembelajaran, bobot yang didapatkan tidak akan optimal. Nilai bobot yang diperoleh terjebak oleh lokal gradien maksimum dan lokal galat minimum. Salah satu cara untuk menghindarinya adalah dengan menentukan nilai bobot akhir yang optimal. Untuk mendapatkan nilai bobot akhir yang optimal, digunakan algoritme optimasi seperti algoritme genetika atau dilakukan percobaan berulang-ulang. Pada penelitian ini, dilakukan cara yang kedua.

Faktor yang ketiga ialah bentuk jaringan syaraf tiruan yang digunakan pada penelitian ini ialah *multilayer perceptron*. Menurut Fauset (1994), bentuk jaringan syaraf tiruan yang sering digunakan untuk proses peramalan dan pengenalan pola ialah *multilayer perceptron*.

SIMPULAN DAN SARAN

Simpulan

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa dihasilkan arsitektur jaringan syaraf tiruan *backpropagation* Levenberg-Marquardt untuk memprediksi awal musim hujan dengan koefisien korelasi sebesar 0.99 dan nilai galat rata-rata sebesar 0.2 dasarian pada simulasi *k-fold cross-validation* dan koefisien korelasi sebesar 0.85 dan nilai galat rata-rata sebesar 1.4 dasarian pada simulasi peramalan. Selain itu, data SOI yang cocok untuk meramalkan awal musim hujan di wilayah Indonesia ialah data SOI pada bulan Juni, Juli, Agustus, selisih antara bulan Juni dan bulan Juli, dan selisih antara bulan Juli dan bulan Agustus.

Saran

Saran untuk penelitian selanjutnya ialah penggunaan algoritme optimasi seperti algoritme genetika untuk menentukan nilai bobot akhir yang tepat untuk menghindari galat minimum lokal. Selain itu, perlu dilakukan percobaan menggunakan arsitektur jaringan syaraf tiruan yang memiliki jumlah lapisan tersembunyi lebih dari satu.

DAFTAR PUSTAKA

- Bishop CM. 1995. *Neural Network for Pattern Recognition*. New York: Oxford University Press.
- [BBSDL] Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Lahan Pertanian. 2008. Dampak perubahan iklim terhadap sektor pertanian, serta strategi antisipasi dan teknologi adaptasi. *Pengembangan Inovasi Pertanian* 1(2):138-140.
- [BMKG]. 2001. Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika. Prakiraan. <http://iklim.bmg.go.id/Prakiraan.asp> [22 Mar 2012].
- [BMKG] Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika. 2011. Prakiraan Musim Hujan 2011/2012.
- [BOM]. 2002. Bureau of Meteorology. Climate Glossary - Southern Oscillation Index (SOI). <http://reg.bom.gov.au/climate/glossary/soi.shtml> [22 Mar 2012].
- [BOM]. 2012. Bureau of Meteorology. Monthly Southern Oscillation Index. <ftp://ftp.bom.gov.au/anon/home/ncc/www/sco/soi/soiplaintext.html> [2 Jan 2012].
- Engelbrecht AP. 2007. *Computational Intelligence An Introduction*. Ed ke-2. West Sussex: John Wiley & Sons.
- Fauset L. 1994. *Fundamental of Neural Networks*. New Jersey: Prentice Hall.
- Fu L. 1994. *Neural Network in Computer Intelligence*. Singapura: McGraw-Hill.
- Haylock M, McBridge J. 2001. Spatial coherence and predictability of indonesian wet season rainfall. *Journal of Climate* 14:3882-3887.
- Hung NQ, Babel MS, Weesakul S, Tripathi NK. 2009. An artificial neural network

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

model for rainfall forecasting in Bangkok, Thailand. *Hydrology and Earth System Sciences* 13:1413-1425.

Irawan B. 2006. Fenomena anomali iklim El Nino dan La Nina: kecenderungan jangka panjang dan pengaruhnya terhadap produksi pangan. *Forum Penelitian Agro Ekonomi* 24(1): 28-45.

Said MM. 2011. Peramalan Panjang Musim Tiruan *Resilient Backpropagation* [skripsi]. Bogor: Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Pertanian Bogor.

Swarinoto YS, Makmur EES. 2009. Simulasi prediksi probabilitas awal musim hujan dan panjang musim hujan di ambon. *Buletin Meteorologi Klimatologi dan Geofisika* 5(3):340-353.

Walpole ER. 1982. *Pengantar Statistika*. Ed ke-3. Sumantri B, penerjemah; Jakarta: PT Gramedia Pustaka Utama. Terjemahan dari: *Introduction to Statistics*.

Webb AR, Lowe D, Bedworth MD. 1990. A comparison of non-linear optimisation strategies for feedforward adaptive layered networks. *Neural Network* 3(4):367-375.



LAMPIRAN

Hak Cipta Diliindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

Lampiran 1 Data pengamatan awal musim hujan di pulau Jawa

Tahun	Menes	Cibaliung	...	Indramayu	Kendal	...	Kalianget	Pakong
1978	25	30	...	34	36	...	35	34
1979	30	<u>34</u>	...	34	38	...	37	<u>35</u>
1980	25	30	...	30	35	...	36	<u>35</u>
1981	24	27	...	32	32	...	37	33
1982	36	35	...	36	35	...	42	35
1983	29	29	...	29	35	...	36	40
1984	32	34	...	37	36	...	<u>37</u>	39
1985	28	33	...	38	34	...	44	33
1986	29	29	...	31	35	...	39	36
1987	31	33	...	39	39	...	39	33
1988	29	29	...	31	32	...	40	34
1989	33	30	...	33	32	...	34	37
1990	32	33	...	36	<u>35</u>	...	36	34
1991	31	32	...	34	<u>35</u>	...	39	32
1992	26	24	...	34	34	...	37	33
1993	30	32	...	43	37	...	37	40
1994	31	33	...	37	33	...	37	37
1995	28	28	...	40	35	...	43	30
1996	33	30	...	35	37	...	34	37
1997	33	<u>34</u>	...	35	41	...	39	34
1998	33	27	...	31	32	...	29	34
1999	29	29	...	38	36	...	32	30
2000	36	31	...	33	39	...	29	29
2001	28	29	...	32	34	...	33	43
2002	35	34	...	36	35	...	33	34
2003	33	33	...	32	37	...	32	33
2004	30	35	...	38	40	...	43	31
2005	34	34	...	37	35	...	33	33
2006	32	34	...	35	<u>35</u>	...	39	41
2007	35	34	...	34	<u>35</u>	...	45	34

Hak Cipta Diliindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

Lampiran 2 Data SOI tahun 1978 - 2007

Tahun	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agu	Sept	Okt	Nov	Des
1978	-3	-24.4	-5.8	-7.9	16.3	5.8	6.1	1.4	0.8	-6.2	-2	-0.9
1979	-4	6.7	-3	-5.5	3.6	5.8	-8.2	-5	1.4	-2.5	-4.7	-7.5
1980	3.2	1.1	-8.5	-12.9	-3.5	-4.7	-1.7	1.4	-5.2	-1.9	-3.4	-0.9
1981	2.7	-3.2	-16.6	-5.5	7.6	11.5	9.4	5.9	7.5	-5	2.6	4.7
1982	9.4	0.6	2.4	-3.8	-8.2	-20.1	-19.3	-23.6	-21.4	-20.2	-31.1	-21.3
1983	-30.6	-33.3	-28	-17	6	-3.1	-7.6	0.1	9.9	4.2	-0.7	0.1
1984	1.3	5.8	-5.8	2	-0.3	-8.7	2.2	2.7	2	-5	3.9	-1.4
1985	-3.5	6.7	-2	14.4	2.8	-9.6	-2.3	8.5	0.2	-5.6	-1.4	2.1
1986	8	-10.7	0.8	1.2	-6.6	10.7	2.2	-7.6	-5.2	6.1	-13.9	-13.6
1987	-6.3	-12.6	-16.6	-24.4	-21.6	-20.1	-18.6	-14	-11.2	-5.6	-1.4	-4.5
1988	-1.1	-5	2.4	-1.3	10	-3.9	11.3	14.9	20.1	14.6	21	10.8
1989	13.2	9.1	6.7	21	14.7	7.4	9.4	-6.3	5.7	7.3	-2	-5
1990	-1.1	-17.3	-8.5	-0.5	13.1	1	5.5	-5	-7.6	1.8	-5.3	-2.4
1991	5.1	0.6	-10.6	-12.9	-19.3	-5.5	-1.7	-7.6	-16.6	-12.9	-7.3	-16.7
1992	-25.4	-9.3	-24.2	-18.7	0.5	-12.8	-6.9	1.4	0.8	-17.2	-7.3	-5.5
1993	-8.2	-7.9	-8.5	-21.1	-8.2	-16	-10.8	-14	-7.6	-13.5	0.6	1.6
1994	-1.6	0.6	-10.6	-22.8	-13	-10.4	-18	-17.2	-17.2	-14.1	-7.3	-11.6
1995	-4	-2.7	3.5	-16.2	-9	-1.5	4.2	0.8	3.2	-1.3	1.3	-5.5
1996	8.4	1.1	6.2	7.8	1.3	13.9	6.8	4.6	6.9	4.2	-0.1	7.2
1997	4.1	13.3	-8.5	-16.2	-22.4	-24.1	-9.5	-19.8	-14.8	-17.8	-15.2	-9.1
1998	-23.5	-19.2	-28.5	-24.4	0.5	9.9	14.6	9.8	11.1	10.9	12.5	13.3
1999	15.6	8.6	8.9	18.5	1.3	1	4.8	2.1	-0.4	9.1	13.1	12.8
2000	5.1	12.9	9.4	16.8	3.6	-5.5	-3.7	5.3	9.9	9.7	22.4	7.7
2001	8.9	11.9	6.7	0.3	-9	1.8	-3	-8.9	1.4	-1.9	7.2	-9.1
2002	2.7	7.7	-5.2	-3.8	-14.5	-6.3	-7.6	-14.6	-7.6	-7.4	-6	-10.6
2003	-2	-7.4	-6.8	-5.5	-7.4	-12	2.9	-1.8	-2.2	-1.9	-3.4	9.8
2004	-11.6	8.6	0.2	-15.4	13.1	-14.4	-6.9	-7.6	-2.8	-3.7	-9.3	-8
2005	1.8	-29.1	0.2	-11.2	-14.5	2.6	0.9	-6.9	3.9	10.9	-2.7	0.6
2006	12.7	0.1	13.8	15.2	-9.8	-5.5	-8.9	-15.9	-5.1	-15.3	-1.4	-3
2007	-7.3	-2.7	-1.4	-3	-2.7	5	-4.3	2.7	1.5	5.4	9.8	14.4

- Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
 2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

Lampiran 3 Hasil analisis korelasi sederhana data SOI dan data awal musim hujan tahun 1978 - 2007

No	Bulan	<i>R</i>
1	Januari	0.101014189
2	Februari	0.164913892
3	Maret	0.211270047
4	April	-0.105893297
5	Mei	-0.271866588
6	Juni	-0.425956261
7	Juli	-0.367808716
8	Agustus	-0.364070671
9	September	-0.399562095
10	Oktober	-0.35248228
11	November	-0.158787798
12	Desember	-0.148881731

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

Lampiran 4 Hasil *p-value* untuk *r* tiap bulan

No	Bulan	<i>P-value</i>
1	Januari	0.315
2	Februari	0.1949
3	Maret	0.1335
4	April	0.2912
5	Mei	0.0749
6	Juni	0.0091
7	Juli	0.0228
8	Agustus	0.0239
9	September	0.0143
10	Oktober	0.0281
11	November	0.2033
12	Desember	0.2206

Hak Cipta Diliindungi Undang-Undang

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang (Institut Pertanian Bogor)

Bogor Agricultural University

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

Lampiran 5 Kode sumber simulasi *k-fold cross-validation*

```
function prediksi = ann(amh,soi,k)

% Fungsi ann akan melakukan proses pembelajaran dan pelatihan
% jaringan syaraf tiruan dengan menggunakan k-fold cross-validation.
% Nilai prediktor adalah data soi yang telah dipilih terlebih dahulu
% pada proses pemilihan input menggunakan fungsi choose_input. Berikut
% adalah keterangan tiap-tiap argumen pada fungsi ann:
% 1. amh      : Data awal musim hujan
% 2. soi      : Data southern oscilation index
% 3. num_input : Jumlah neuron pada layer input
% 4. neuron_in_layer : Jumlah neuron pada tiap-tiap hidden layer
% 5. k        : Jumlah k pada k-fold cross-validation

%inisialisasi variabel
rangeinput=[];
input_training = [];
output_training = [];
input_testing = [];
output_testing = [];

%menentukan rangeinput
for i=1:size(soi,2),
    rangeinput = [rangeinput;-34 34];
end

%membuat arsitektur jaringan syaraf tiruan
hidden_neuron = [20 1];
net= newff(rangeinput,hidden_neuron,{'logsig','purelin'});

%simulasi k-fold cross-validation
for i=1:k,
    input_testing = [];
    input_training = [];
    output_training = [];
    for j=1:30,
        if (((i-1)*30/k)+1)<=j) && (j<=(i*30/k))
            input_testing = [input_testing; soi(j,:)];
        else
            input_training = [input_training; soi(j,:)];
            output_training = [output_training;amh(j)];
        end
    end
end
```

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

Lanjutan

```
end

end

net = train(net, input_training', output_training');

for i=1:30/k,
    output_testing = [output_testing; sim(net,input_testing(i,:))];
end
end

prediksi = [output_testing];
```

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

Lampiran 6 Kode sumber simulasi peramalan

```
function prediksi = simulasiPeramalan(amh,soi,k)

% Fungsi ann akan melakukan proses pembelajaran dan pelatihan
% jaringan syaraf tiruan dengan menggunakan k-fold cross-validation.
% Nilai prediktor adalah data soi yang telah dipilih terlebih dahulu
% pada proses pemilihan input menggunakan fungsi choose_input. Berikut
% adalah keterangan tiap-tiap argumen pada fungsi ann:
% 1. amh      : Data awal musim hujan
% 2. soi      : Data southern oscillation index
% 3. num_input : Jumlah neuron pada layer input
% 4. neuron_in_layer : Jumlah neuron pada tiap-tiap hidden layer
% 5. k        : Jumlah data latih

%inisialisasi variabel
rangeinput=[];
input_training = [];
output_training = [];
input_testing = [];
output_testing = [];

%menentukan rangeinput
for i=1:size(soi,2),
    rangeinput = [rangeinput;-34 34];
end

%membuat arsitektur jaringan syaraf tiruan
hidden_neuron = [15 1];
net= newff(rangeinput,hidden_neuron,{'logsig','purelin'});

%inisialisasi bobot awal menggunakan Ngueman Newton
% for i=1:size(hidden_neuron,2),
%     net = initnw(net,i);
% end

%simulasi peramalan
for i=1:(30-k),

    input_testing = soi(k+i,:);
    input_training = soi(i:k+(i-1),:);
```

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

Lanjutan

```
output_training = amh(i:k+(i-1));

net = train(net, input_training', output_training');

output_testing = [output_testing; sim(net,input_testing')]

end

plot(1:30-k,amh(k+1:30),'blue',1:1:30-k,output_testing,'red')
rmse = sqrt(sum((amh(k+1:30) - output_testing).^2)/30);
r2 = kuadrat(amh(k+1:30),output_testing);
prediksi = [output_testing; rmse; sqrt(r2);r2];
```

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

Lampiran 7 Hasil prediksi kelompok arsitektur 5

Tahun	Observasi	Prediksi	Galat
1978	34	30.76923	3.2307692
1979	34	34	2.582E-10
1980	30	35.00971	5.0097087
1981	32	31.27473	0.7252747
1982	36	37.47826	1.4782609
1983	29	28.8032	0.1967958
1984	37	34.26214	2.7378641
1985	38	34.15534	3.8446602
1986	31	34.71429	3.7142857
1987	39	36.93789	2.0621118
1988	31	34.90291	3.9029126
1989	33	34.35404	1.3540373
1990	36	36.10102	0.1010179
1991	34	37.83851	3.8385093
1992	34	34.58252	0.5825243
1993	43	36.2631	6.7369034
1994	37	37.22352	0.2235157
1995	40	40.92632	0.9263158
1996	35	33.95018	1.0498242
1997	35	34.44906	0.5509413
1998	31	31.51256	0.5125628
1999	38	37.94282	0.0571811
2000	33	34.65615	1.6561462
2001	32	34.45487	2.4548652
2002	36	36.92632	0.9263158
2003	32	34.75969	2.7596899
2004	38	34.13843	3.8615725
2005	37	33.61372	3.3862837
2006	35	35.38487	0.384872
2007	34	34	2.451E-09

Hak Cipta Diliindungi Undang-Undang

© Hak cipta milik IPB (Institut Pertanian Bogor)

Bogor Agricultural University

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

Lampiran 8 Hasil prediksi kelompok arsitektur 10

Tahun	Observasi	Prediksi	Galat
1978	34	30.00275	3.9972522
1979	34	34.17725	0.1772517
1980	30	32.62364	2.6236404
1981	32	32.42206	0.4220575
1982	36	35.99396	0.0060398
1983	29	33.56414	4.5641416
1984	37	34.1081	2.8919033
1985	38	35.39677	2.6032285
1986	31	30.23288	0.7671156
1987	39	34.14054	4.8594629
1988	31	26.00345	4.9965465
1989	33	34.77263	1.7726272
1990	36	33.60861	2.3913896
1991	34	33.99118	0.0088205
1992	34	33.99925	0.0007537
1993	43	40.04413	2.9558704
1994	37	31.32231	5.6776878
1995	40	40.60356	0.6035556
1996	35	34.89647	0.1035345
1997	35	36.74728	1.7472759
1998	31	30.35278	0.6472174
1999	38	38.08577	0.0857733
2000	33	29.84062	3.159384
2001	32	34.7694	2.7694027
2002	36	38.46731	2.4673079
2003	32	32	4.018E-10
2004	38	37.82125	0.1787481
2005	37	38.57617	1.5761673
2006	35	33.01667	1.9833347
2007	34	34.15098	0.1509842

Hak Cipta Diliindungi Undang-Undang

© Hak cipta milik IPB (Institut Pertanian Bogor)

Bogor Agricultural University

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

Lampiran 9 Hasil prediksi kelompok arsitektur 15

Tahun	Observasi	Prediksi	Galat
1978	34	26.97782	7.0221764
1979	34	33.99994	5.773E-05
1980	30	30.00459	0.0045872
1981	32	38.18634	6.1863398
1982	36	41.53333	5.5333333
1983	29	24.53433	4.4656676
1984	37	42.24124	5.241242
1985	38	38.15634	0.1563411
1986	31	32	0.9999973
1987	39	35.74296	3.2570394
1988	31	31	2.089E-09
1989	33	33	9.948E-14
1990	36	36	9.948E-14
1991	34	34	6.8E-12
1992	34	34	0
1993	43	43	3.503E-12
1994	37	37	9.948E-14
1995	40	40	6.7E-12
1996	35	35	1.99E-13
1997	35	35	1.342E-10
1998	31	31	4.015E-13
1999	38	38	5.699E-12
2000	33	32	0.9999999
2001	32	32.38462	0.3846158
2002	36	36	2.998E-09
2003	32	32	6.25E-11
2004	38	38	4.929E-09
2005	37	36	1
2006	35	36	0.9999972
2007	34	34	4.914E-09

Hak Cipta Diliindungi Undang-Undang

© Hak cipta milik IPB (Institut Pertanian Bogor)

Bogor Agricultural University

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

Lampiran 10 Hasil prediksi kelompok arstektur 20

Tahun	Observasi	Prediksi	Galat
1978	34	34.01221	0.0122089
1979	34	34	3.235E-09
1980	30	30	4.216E-10
1981	32	32	8.33E-11
1982	36	35	1
1983	29	29.12448	0.124479
1984	37	37.0349	0.0349031
1985	38	38.01755	0.0175542
1986	31	31.00892	0.0089244
1987	39	39	3.712E-06
1988	31	31	3.28E-11
1989	33	33	0
1990	36	36	1.99E-13
1991	34	34	0
1992	34	34	0
1993	43	43	2.402E-12
1994	37	37	6.899E-12
1995	40	40	0
1996	35	35	4.974E-13
1997	35	35	0
1998	31	31	9.983E-13
1999	38	38	7.034E-13
2000	33	33	0
2001	32	32	2.984E-13
2002	36	36	2.402E-12
2003	32	32	7.994E-13
2004	38	38	4.974E-13
2005	37	37	9.948E-14
2006	35	36	1
2007	34	33.75054	0.2494577

Hak Cipta Diliindungi Undang-Undang

© Hak cipta milik IPB (Institut Pertanian Bogor)

Bogor Agricultural University

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

Lampiran 11 Hasil simulasi peramalan kelompok arsitektur 5

Nilai Prediksi	Ulangan Ke-										Nilai Observasi
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Hasil Simulasi Prediksi	33.97	27.29	33.21	32.51	29.75	32.30	32.30	33.28	32.52	31.08	31
	32.41	33.20	32.74	35.17	30.86	33.94	33.94	32.76	40.01	36.71	38
	28.86	34.80	34.49	34.33	36.50	35.67	35.67	36.93	33.02	34.33	33
	34.62	30.12	37.67	34.08	32.47	30.46	30.46	35.79	48.95	36.07	32
	39.33	31.71	27.04	36.98	32.29	37.64	37.64	35.51	37.55	33.91	36
	34.18	42.24	38.36	36.37	33.26	35.82	35.82	37.53	36.42	40.28	32
	33.79	45.84	37.36	38.82	31.71	36.92	36.92	36.99	35.96	33.91	38
	38.98	32.61	36.14	32.52	33.73	33.14	33.14	33.45	36.06	33.30	37
	33.07	42.54	34.76	36.23	34.09	37.72	37.72	35.00	37.50	43.00	35
	34.08	34.15	33.07	31.20	36.91	30.73	30.73	31.95	33.34	22.00	34

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

Lampiran 12 Hasil simulasi peramalan kelompok arsitektur 10

Nilai Prediksi	Ulangan Ke-										Nilai Observasi
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Hasil Simulasi Prediksi	35.81	20.63	30.12	34.13	25.10	28.50	27.54	31.15	35.72	33.65	31
	49.22	40.93	40.03	37.42	41.76	39.20	35.11	37.79	34.63	37.50	38
	35.45	30.62	30.61	29.19	33.04	36.27	30.86	26.63	31.93	38.73	33
	34.04	39.00	34.01	36.59	35.03	33.48	35.72	37.91	28.57	35.30	32
	32.91	27.75	35.51	30.52	34.78	33.66	36.08	40.05	40.12	37.84	36
	37.07	48.32	30.30	35.84	45.75	33.29	34.77	35.20	34.50	37.12	32
	36.06	39.50	39.00	37.70	37.43	43.00	34.22	33.55	33.33	36.22	38
	34.18	27.97	33.69	33.57	44.89	33.63	32.60	31.26	38.13	42.50	37
	34.75	32.18	36.23	29.40	35.79	41.13	35.79	32.91	41.75	27.26	35
	31.69	38.09	32.68	34.61	29.21	37.17	30.11	33.76	36.53	32.99	34

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

Lampiran 13 Hasil simulasi peramalan kelompok arsitektur 15

Nilai Prediksi	Ulangan Ke-										Nilai Observasi
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
	33.32	34.55	32.17	44.72	45.57	39.07	40.62	28.87	33.40	30.50	31
	32.23	29.39	36.80	39.27	40.98	32.30	21.72	32.04	40.35	31.66	38
	40.40	40.94	30.00	30.59	28.18	34.00	32.22	34.00	40.89	36.54	33
	31.00	31.20	26.05	28.75	39.28	32.38	43.47	36.50	57.38	-103.48	32
	32.83	29.50	33.90	46.17	36.00	50.69	37.00	51.23	34.50	35.49	36
	50.14	40.00	41.50	30.56	39.27	30.29	27.41	45.00	35.50	42.74	32
	34.94	39.00	40.63	36.99	35.00	35.67	32.39	43.80	34.50	39.00	38
	31.50	36.00	31.63	35.97	38.75	24.72	29.02	34.47	29.45	-5.28	37
	36.52	33.00	36.00	36.00	34.35	145.15	24.86	30.72	41.94	24.01	35
	21.64	37.00	36.96	29.06	29.97	94.87	42.32	43.00	42.36	-34.03	34

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

 Hak cipta milik IPB (Institut Pertanian Bogor)

Bogor Agricultural University

Lampiran 14 Hasil simulasi peramalan kelompok arsitektur 20

Nilai Prediksi	Ulangan Ke-										Nilai Observasi
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
33.11	23.04	29.28	31.75	37.29	39.40	34.57	31.00	34.92	34.12		31
43.94	38.43	40.34	29.03	33.44	46.15	22.55	28.49	34.87	34.82		38
39.13	27.75	29.67	31.02	33.72	49.62	34.93	44.09	21.16	36.52		33
42.90	25.81	30.43	33.28	43.93	44.03	56.60	36.54	38.09	29.08		32
46.51	26.61	35.22	30.18	33.60	12.38	19.04	41.50	31.96	36.00		36
43.57	50.63	30.87	39.21	41.23	33.72	47.99	31.18	37.12	45.01		32
34.00	34.29	39.02	33.00	42.95	35.42	30.71	41.24	36.22	35.40		38
34.98	21.42	28.76	41.49	37.56	33.09	24.56	37.00	27.96	36.13		37
29.95	19.26	37.97	35.97	36.01	36.00	38.97	34.69	35.09	39.08		35
50.17	35.14	30.51	34.83	21.35	41.64	22.33	33.33	31.84	27.69		34

Hasil Simulasi Prediksi
© Hak cipta milik IPB (Institut Pertanian Bogor)

Bogor Agricultural University

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.