



**TUGAS AKHIR - IS184853**

**PREDIKSI KONDISI CUACA KOTA SURABAYA  
MENGUNAKAN METODE ARTIFICIAL NEURAL NETWORK**

**PREDICTION OF SURABAYA CITY WEATHER CONDITIONS  
USING ARTIFICIAL NEURAL NETWORK METHOD**

**NUR ROCHMAN DARMAWAN  
NRP 0521 14 4000 0193**

**Dosen Pembimbing  
Edwin Riksakomara, S.Kom, M.T**

**Departemen Sistem Informasi  
Fakultas Teknologi Informasi dan Komunikasi  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2019**

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

**TUGAS AKHIR - IS184853**

**PREDIKSI KONDISI CUACA KOTA SURABAYA  
MENGUNAKAN METODE ARTIFICIAL NEURAL  
NETWORK**

**NUR ROCHMAN DARMAWAN  
NRP 05211440000193**

**Dosen Pembimbing  
Edwin Riksakomara, S.Kom, M.T**

**Departemen Sistem Informasi  
Fakultas Teknologi Informasi dan Komunikasi  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2019**

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

**FINAL PROJECT - IS184853**

# **PREDICTION OF SURABAYA CITY WEATHER CONDITIONS USING ARTIFICIAL NEURAL NETWORK METHOD**

**NUR ROCHMAN DARMAWAN  
NRP 05211440000193**

**Supervisor  
Edwin Riksakomara, S.Kom, M.T**

**Information Systems Department  
Faculty of Information and Communication Technology  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2019**

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## LEMBAR PENGESAHAN

# PREDIKSI KONDISI CUACA KOTA SURABAYA MENGUNAKAN METODE ARTIFICIAL NEURAL NETWORK

## TUGAS AKHIR

Disusun Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Sarjana Komputer  
pada

Departemen Sistem Informasi  
Fakultas Teknologi Informasi Dan Komunikasi  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

**NUR ROCHMAN DARMAWAN**

NRP. 0521 14 4000 0193

Surabaya, 23 Januari 2019

**KEPALA**

**DEPARTEMEN SISTEM INFORMASI**



**Mahendrawati ER, ST, M.Sc, Ph.D.**

**NIP 19761011 200604 2 001**

*Halaman ini sengaja dikosongkan*



## LEMBAR PERSETUJUAN

### PREDIKSI KONDISI CUACA KOTA SURABAYA MENGUNAKAN METODE ARTIFICIAL NEURAL NETWORK

#### TUGAS AKHIR

Disusun Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Sarjana Komputer  
pada  
Departemen Sistem Informasi  
Fakultas Teknologi Informasi Dan Komunikasi  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

**NUR ROCHMAN DARMAWAN**

NRP. 0521 14 4000 0193

Disetujui Tim Penguji:

Tanggal Ujian : 16 Januari 2019

Periode Wisuda : Maret 2019

**Edwin Riksakomara, S.Kom, MT.**

(Pembimbing)

**Wiwik Anggraeni, S.Si, M.Kom.**

(Penguji I)

**Faizal Mahananto, S.Kom., M.Eng., Ph.D.** (Penguji II)



*Halaman ini sengaja dikosongkan*

# **PREDIKSI KONDISI CUACA KOTA SURABAYA MENGUNAKAN METODE ARTIFICIAL NEURAL NETWORK**

**Nama Mahasiswa : Nur Rochman Darmawan**

**NRP : 0521144000193**

**Departemen : Sistem Informasi FTIK-ITS**

**Dosen Pembimbing : Edwin Riksakomara, S. Kom., M. T.**

## **ABSTRAK**

*Cuaca merupakan suatu kondisi udara di suatu tempat pada waktu yang relatif singkat, yang dipengaruhi oleh berbagai fenomena atmosfer. Cuaca sangat berkaitan erat dalam kehidupan manusia hal itu didasari bahwa cuaca mempengaruhi kegiatan yang akan dilakukan. Cuaca mempengaruhi pengambilan keputusan yang optimal dalam aspek kehidupan dengan tujuan yang bermacam-macam, salah satu contohnya adalah kegiatan manusia sehari-hari. Informasi mengenai kondisi atmosfer yang cepat, akurat, dan terperinci sangat diperlukan untuk mendukung kegiatan manusia. Prediksi cuaca dibutuhkan untuk mengambil keputusan yang optimal tersebut. Artificial Neural Network (ANN) adalah metode yang sering digunakan untuk melakukan prediksi dengan kemampuannya untuk melakukan pembelajaran dari informasi yang disediakan.*

*Dari hasil penelitian ini, metode Artificial Neural Network dapat digunakan untuk memprediksi kondisi cuaca kota*

*Surabaya, sehingga dapat membantu pihak-pihak yang membutuhkan informasi mengenai prediksi cuaca kota Surabaya dengan tingkat akurasi terbesar yang diperoleh dari model Artificial Neural Network yang terbaik untuk memprediksi kondisi cuaca kota Surabaya adalah 70,20%.*

***Kata kunci : Kondisi Cuaca, Prediksi, Artificial Neural Network***

# PREDICTION OF SURABAYA CITY WEATHER CONDITIONS USING ARTIFICIAL NEURAL NETWORK METHOD

**Student Name** : Nur Rochman Darmawan  
**NRP** : 0521144000193  
**Department** : Sistem Informasi FTIK-ITS  
**Supervisor** : Edwin Riksakomara, S. Kom., M. T.

## ABSTRACT

*Weather is an air condition in a place at a relatively short time, which is influenced by various atmospheric phenomena. Weather is very closely related to human life, it is based on the weather affects the activities that will be carried out. Weather influences optimal decision making in aspects of life with various objectives, one example is everyday human activities. Information about atmospheric conditions that are fast, accurate, and detailed is needed to support human activities. Thus, weather prediction is needed to make the optimal decision. Artificial Neural Network (ANN) is a method that is often used to make predictions with its ability to learn from the information provided.*

*From the research conducted, the Artificial Neural Network method can be used to predict the weather conditions of the Surabaya city, so that it can help those who need information about the weather prediction of the Surabaya city with the greatest level of accuracy obtained*

*from the Artificial Neural Network model which is the best for predicting the weather conditions in Surabaya is 70,20%.*

***Keywords: Weather Condition, Prediction, Artificial Neural Network***

## KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT. atas berkat rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyusun dan menyelesaikan Laporan Penelitian Tugas Akhir dengan judul **“PREDIKSI KONDISI CUACA KOTA SURABAYA MENGGUNAKAN METODE ARTIFICIAL NEURAL NETWORK”** yang merupakan salah satu syarat dalam kelulusan pada Departemen Sistem Informasi, Fakultas Teknologi Informasi dan Komunikasi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya. Selama mengerjakan Penelitian Tugas Akhir, banyak pihak-pihak yang telah membantu penulis dan juga memberikan saran. Oleh karena itu, penulis menyampaikan banyak terima kasih kepada:

1. Allah SWT. yang senantiasa memberikan petunjuk dan hidayah-Nya sehingga penulis diberikan kekuatan serta kemudahan dalam menyelesaikan Penelitian Tugas Akhir.
2. Ibu Eni Nuraeni, S.Pd. dan bapak Tarma Sofyan selaku kedua orang tua penulis yang telah memberikan banyak motivasi, dukungan, serta doa.
3. Bapak Edwin Riksakomara, S.Kom., M.T. selaku dosen pembimbing yang memberikan arahan dan bimbingan selama pengerjaan Penelitian Tugas Akhir serta kesediaan waktu dan ilmu yang telah diberikan.
4. Ibu Wiwik Anggraeni, S.Si., M.Kom. dan bapak Faizal Mahananto, S.Kom., M.Eng., Ph.D. selaku dosen penguji yang selalu memberikan saran dan masukan selama pengerjaan Penelitian Tugas Akhir.
5. Bapak Sholiq, S.T., M.Kom., M.SA. selaku dosen wali penulis yang selalu memberikan motivasi, nasihat, dukungan, dan saran selama penulis menempuh kuliah S1 di Departemen Sistem Informasi ITS.
6. Semua rekan-rekan KSR PMI ITS yang telah memberikan banyak dukungan moral agar penulis tetap semangat mengerjakan Penelitian Tugas Akhir.

7. Arek-arek Ehome yang selalu menghibur penulis dikala penulis sedang dirundung rasa sedih dan gundah dalam menulis Penelitian Tugas Akhir.
8. Teman-teman LMB ITS yang tidak ada habisnya memberikan motivasi dalam mengerjakan Penelitian Tugas Akhir.
9. Serta berbagai pihak yang tidak mampu penulis sebutkan satu per satu yang telah memberikan dorongan motivasi, berbagi ilmu dan cerita, serta hal hal yang membantu penulis dalam mengerjakan Penelitian Tugas Akhir.

Terima kasih atas segala bantuan, dukungan, serta doa yang diberikan. Semoga Allah SWT senantiasa memberikan kesehatan, keselamatan, karunia dan nikmat-Nya.

Penulis pun ingin memohon maaf karena penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih belum sempurna. Selain itu penulis bersedia untuk menerima kritik dan saran terkait dengan Tugas Akhir ini. Semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi seluruh pembaca.

Surabaya, Januari 2019

Penulis



## DAFTAR ISI

|   |       |
|---|-------|
| <b>JUDUL</b> .....                            | iii   |
| <b>LEMBAR PENGESAHAN</b> .....                | vii   |
| <b>LEMBAR PERSETUJUAN</b> .....               | ix    |
| <b>ABSTRAK</b> .....                          | xi    |
| <b>ABSTRACT</b> .....                         | xiii  |
| <b>KATA PENGANTAR</b> .....                   | xv    |
| <b>DAFTAR ISI</b> .....                       | xvii  |
| <b>DAFTAR GAMBAR</b> .....                    | xxi   |
| <b>DAFTAR TABEL</b> .....                     | xxiii |
| <b>DAFTAR SCRIPT</b> .....                    | xxv   |
| <b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....                | 1     |
| <b>1.1. Latar Belakang</b> .....              | 1     |
| <b>1.2. Perumusan Masalah</b> .....           | 3     |
| <b>1.3. Batasan Masalah</b> .....             | 3     |
| <b>1.4. Tujuan</b> .....                      | 3     |
| <b>1.5. Manfaat</b> .....                     | 3     |
| <b>1.6. Relevansi</b> .....                   | 4     |
| <b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b> .....          | 5     |
| <b>2.1. Penelitian Terdahulu</b> .....        | 5     |
| <b>2.2. Dasar Teori</b> .....                 | 8     |
| <b>2.2.1. Cuaca</b> .....                     | 8     |
| <b>2.2.2. Time Series (Deret Waktu)</b> ..... | 9     |
| <b>2.2.3. Peramalan</b> .....                 | 10    |
| <b>2.2.4. Praproses Data</b> .....            | 11    |

|  |           |
|--|-----------|
| 2.2.5. Artificial Neural Network .....                   | 12        |
| 2.2.6. Uji Performa Model.....                           | 15        |
| <b>BAB III METODOLOGI.....</b>                           | <b>19</b> |
| <b>3.1. Diagram Metodologi.....</b>                      | <b>19</b> |
| 3.1.1. Identifikasi Masalah .....                        | 20        |
| 3.1.2. Studi Literatur .....                             | 20        |
| 3.1.3. Pengumpulan Data .....                            | 20        |
| 3.1.4. Praproses Data.....                               | 20        |
| 3.1.5. Pembagian Data.....                               | 22        |
| 3.1.6. Pembentukan Model ANN .....                       | 22        |
| 3.1.7. Melatih Model ANN dengan Data Training ....       | 23        |
| 3.1.8. Testing Model ANN dengan Data Testing .....       | 23        |
| 3.1.9. Penyusunan Laporan Tugas Akhir .....              | 23        |
| <b>BAB IV PERANCANGAN .....</b>                          | <b>25</b> |
| <b>4.1. Pengumpulan Data .....</b>                       | <b>25</b> |
| <b>4.2. Praproses Data.....</b>                          | <b>29</b> |
| 4.2.1. Mengganti Nilai yang tidak Terdeteksi.....        | 30        |
| 4.2.2. Mengubah Nilai Campur .....                       | 31        |
| 4.2.3. Menghapus Kolom yang Tidak Digunakan .....        | 32        |
| <b>4.3. Perancangan Model <i>Neural Network</i>.....</b> | <b>35</b> |
| 4.3.1. Pembagian Data.....                               | 35        |
| 4.3.2. Model Neural Network.....                         | 36        |
| 4.3.3. Penetapan Variabel Input Layer .....              | 36        |
| 4.3.4. Penetapan Node Hidden Layer.....                  | 36        |

|   |           |
|---|-----------|
| 4.3.5. Penentuan Parameter .....                            | 37        |
| <b>BAB V IMPLEMENTASI .....</b>                             | <b>39</b> |
| <b>5.1. Pembuatan Model Artificial Neural Network .....</b> | <b>39</b> |
| 5.1.1. Periode 1 .....                                      | 40        |
| 5.1.2. Periode 2 .....                                      | 41        |
| 5.1.3. Periode 3 .....                                      | 41        |
| 5.1.4. Periode 4 .....                                      | 42        |
| 5.1.5. Periode 5 .....                                      | 43        |
| <b>5.2. Penerapan Model Artificial Neural Network .....</b> | <b>43</b> |
| <b>BAB VI HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>                    | <b>55</b> |
| <b>6.1. Lingkungan Kerja Penelitian .....</b>               | <b>55</b> |
| <b>6.2. Percobaan Model .....</b>                           | <b>56</b> |
| 6.2.1. Model dengan Periode 1 .....                         | 56        |
| 6.2.2. Model dengan Periode 2 .....                         | 59        |
| 6.2.3. Model dengan Periode 3 .....                         | 62        |
| 6.2.4. Model dengan Periode 4 .....                         | 64        |
| 6.2.5. Model dengan Periode 5 .....                         | 67        |
| <b>6.3. Kesimpulan Hasil Percobaan .....</b>                | <b>69</b> |
| <b>BAB VII KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>                   | <b>73</b> |
| 7.1. Kesimpulan .....                                       | 73        |
| 7.2. Saran .....  | 73        |
| <b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>                                 | <b>75</b> |
| <b>BIODATA PENULIS .....</b>                                | <b>79</b> |
| <b>LAMPIRAN A .....</b>                                     | <b>81</b> |

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## DAFTAR GAMBAR

|   |    |
|---|----|
| Gambar 2.1 Artificial Neural Network dengan 3 layer.....                                  | 15 |
| Gambar 3.1 Diagram Balok Metodologi .....   | 19 |
| Gambar 4.1 Plotting Temperatur Udara .....  | 26 |
| Gambar 4.2 Plotting Titik Embun .....   | 27 |
| Gambar 4.3 Plotting Tekanan Air Laut .....  | 27 |
| Gambar 4. 4 Plotting Tekanan Udara .....  | 28 |
| Gambar 4.5 Plotting Jarak Pandang .....   | 28 |
| Gambar 4.6 Plotting Kecepatan Angin.....  | 29 |
| Gambar 4.7 Plotting Curah Hujan .....   | 29 |
| Gambar 5.1 Model Artificial Neural Network.....   | 39 |
| Gambar 6.1 Perbandingan Tingkat Akurasi Periode 1<br>Berdasarkan Node Hidden Layer .....  | 58 |
| Gambar 6.2 Perbandingan Tingkat Akurasi Periode 1<br>Berdasarkan Learning Rate .....      | 58 |
| Gambar 6.3 Perbandingan Tingkat Akurasi Periode 1<br>Berdasarkan Momentum .....           | 59 |
| Gambar 6.4 Perbandingan Tingkat Akurasi Periode 2<br>Berdasarkan Node Hidden Layer .....  | 60 |
| Gambar 6.5 Perbandingan Tingkat Akurasi Periode 2<br>Berdasarkan Learning Rate .....      | 61 |
| Gambar 6.6 Perbandingan Tingkat Akurasi Periode 2<br>Berdasarkan Momentum .....           | 61 |
| Gambar 6.7 Perbandingan Tingkat Akurasi Periode 3<br>Berdasarkan Node Hidden Layer .....  | 63 |
| Gambar 6.8 Perbandingan Tingkat Akurasi Periode 3<br>Berdasarkan Learning Rate .....      | 63 |
| Gambar 6.9 Perbandingan Tingkat Akurasi Periode 3<br>Berdasarkan Momentum .....           | 64 |
| Gambar 6.10 Perbandingan Tingkat Akurasi Periode 4<br>Berdasarkan Node Hidden Layer ..... | 65 |
| Gambar 6.11 Perbandingan Tingkat Akurasi Periode 4<br>Berdasarkan Learning Rate .....     | 66 |

|  |    |
|--|----|
| Gambar 6.12 Perbandingan Tingkat Akurasi Periode 4<br>Berdasarkan Momentum .....         | 66 |
| Gambar 6.13 Perbandingan Tingkat Akurasi Periode 5<br>Berdasarkan Node Hidden Layer..... | 68 |
| Gambar 6.14 Perbandingan Tingkat Akurasi Periode 5<br>Berdasarkan Learning Rate .....    | 68 |
| Gambar 6.15 Perbandingan Tingkat Akurasi Periode 5<br>Berdasarkan Momentum .....         | 69 |
| Gambar 6.16 Perbandingan Tingkat Akurasi pada tiap Periode<br>.....                      | 71 |

## DAFTAR TABEL

|   |    |
|---|----|
| Tabel 1.1 RDIB Road Maps .....  | 4  |
| Tabel 2.1 Peran Artificial Neural Network dalam peramalan ..                | 5  |
| Tabel 2.2 Artificial Neural Network dalam menangani data<br>fluktuatif..... | 7  |
| Tabel 2.3 Contoh Confusion Matrix .....                                     | 17 |
| Tabel 3.1 Contoh Data yang akan Digunakan .....                             | 21 |
| Tabel 4.1 Data Cuaca Kota Surabaya .....                                    | 25 |
| Tabel 4.2 Contoh Data yang tidak Terdeteksi .....                           | 30 |
| Tabel 4.3 Data Setelah Praproses Data.....                                  | 30 |
| Tabel 4.4 Contoh Nilai Campur .....   | 31 |
| Tabel 4.5 Data yang sudah Dipisahkan .....                                  | 32 |
| Tabel 4.6 Data Mentah NOAA.....   | 32 |
| Tabel 4.7 Data setelah Kolom Dihapus .....                                  | 34 |
| Tabel 4.8 Contoh FRSHTT yang sudah Dipecah .....                            | 35 |
| Tabel 4.9 Penentuan Parameter dan Node Hidden Layer .....                   | 37 |
| Tabel 5.1 Data pada Periode 1.....  | 40 |
| Tabel 5.2 Data pada Periode 2.....  | 41 |
| Tabel 5.3 Penjelasan Script Perubahan Parameter .....                       | 44 |
| Tabel 5.4 Penjelasan Script Membuat Model ANN .....                         | 45 |
| Tabel 5.5 Penjelasan Script Prediksi Menggunakan ANN ....                   | 47 |
| Tabel 5.6 Penjelasan Script Precision dan recall .....                      | 49 |
| Tabel 5.7 Penjelasan Script Otomasi Iterasi .....                           | 51 |
| Tabel 5.8 Penjelasan Script Mengexport File .....                           | 52 |
| Tabel 6.1 Perangkat Keras Penelitian.....                                   | 55 |
| Tabel 6.2 Perangkat Lunak Penelitian .....                                  | 55 |
| Tabel 6.3 Model Terbaik Periode 1 .....                                     | 57 |
| Tabel 6.4 Pengertian Kode Model.....  | 57 |
| Tabel 6.5 Model Terbaik Periode 2 .....                                     | 60 |
| Tabel 6.6 Model Terbaik Periode 3 .....                                     | 62 |
| Tabel 6.7 Model Terbaik Periode 4.....                                      | 65 |
| Tabel 6.8 Model Terbaik Periode 5 .....                                     | 67 |
| Tabel 6.9 Perbandingan Precision dan Recall .....                           | 70 |

*Halaman ini sengaja dikosongkan*



## **DAFTAR SCRIPT**

|  |    |
|--|----|
| Script 5.1 Perubahan Parameter .....             | 44 |
| Script 5.2 Membuat Model ANN .....               | 45 |
| Script 5.3 Prediksi Menggunakan Model ANN .....  | 47 |
| Script 5.4 Perhitungan Precision dan Recall..... | 49 |
| Script 5.5 Otomasi Iterasi .....                 | 51 |
| Script 5.6 Mengexport File.....                  | 52 |

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

Pada bab pendahuluan ini akan membahas terkait latar belakang masalah, perumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, dan relevansi terhadap pengerjaan tugas akhir.

### **1.1. Latar Belakang**

Cuaca merupakan keadaan udara pada saat tertentu dan di wilayah tertentu yang relatif sempit pada jangka waktu yang singkat. Cuaca terbentuk dari gabungan unsur cuaca dan jangka waktu cuaca bisa hanya beberapa jam saja. Misalnya pagi hari, siang hari, sore hari atau malam hari dan keadaannya bisa berbeda-beda untuk setiap tempat serta setiap jamnya. Di Indonesia keadaan cuaca selalu diumumkan untuk jangka waktu sekitar 24 jam melalui prediksi cuaca yang dikembangkan oleh Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG), Departemen Perhubungan[1]. Cuaca sangat erat kaitannya dengan kegiatan manusia, karena faktor cuaca memberikan keterbatasan dalam kegiatan yang bisa dilakukan oleh manusia.

Pemilihan metode yang tepat untuk menentukan kondisi cuaca adalah kegiatan yang akhir-akhir ini sering dilakukan oleh beberapa peneliti atmosfer atau cuaca[2]. Hal ini disebabkan oleh permintaan dari berbagai pihak yang menginginkan informasi mengenai kondisi atmosfer yang lebih cepat, akurat, dan terperinci. Bahkan beberapa pihak lain menuntut tersedianya prediksi atau bahkan ramalan mengenai kondisi atmosfer dengan rentang waktu yang cukup kecil seperti waktu harian, jam, bahkan dalam waktu menit. Dengan adanya kebutuhan ini, mendorong peneliti atmosfer untuk terus melakukan penelitian-penelitian terkait atmosfer cuaca dan juga mengembangkan metode-metode untuk menentukan kondisi cuaca sehingga mampu mendapatkan hasil yang baik dan akurat[3].

Peramalan dapat dilakukan dengan berbagai macam cara. Salah satunya yaitu dengan menggunakan metode *machine learning*. Ada jenis metode yang termasuk ke dalam *machine learning*, contohnya yaitu *Support Vector Machine*, *Fuzzy Logic*, *Genetic Algorithms*, dan *Artificial Neural Network*. Dari beberapa contoh *machine learning* tersebut, metode terbaik yang bisa digunakan adalah *Artificial Neural Network*. Dari studi yang pernah dilakukan menunjukkan bahwa karakteristik yang unik dari *Artificial Neural Network* membuatnya cocok dalam menangani tugas peramalan. Secara keseluruhan, *Artificial Neural Network* memberikan performa yang memuaskan dalam peramalan[4].

*Artificial Neural Network* adalah alat yang berguna yang telah berhasil diterapkan dalam berbagai masalah pemrosesan data. Masalah pemrosesan data yang dimaksud adalah iterasi yang dilakukan dari node ke node secara terus-menerus untuk mendapatkan hasil yang optimal. Dari perspektif pemrosesan data, kemampuan *Artificial Neural Network* untuk beradaptasi terus menerus ke data baru memungkinkan *Artificial Neural Network* untuk melacak perubahan dalam data dari waktu ke waktu, dan kemampuan *Artificial Neural Network* untuk belajar dari data yang *noisy* dan berubah-ubah (fluktuatif) memungkinkan mereka untuk memecahkan masalah yang tidak dapat ditangani secara memadai dengan beberapa teknik statistik yang konvensional[5].

Prediksi yang menggunakan metode *Artificial Neural Network* sangat cocok digunakan pada data yang memiliki persebaran nilai yang tidak teratur. Kota Surabaya merupakan kota yang terletak pada iklim tropis, sehingga data cuaca yang dimiliki oleh kota ini akan bervariasi. Dan karena itu, metode *Artificial Neural Network* akan cocok digunakan pada studi kasus kota Surabaya yang memiliki persebaran data yang tidak teratur. Sehingga pada penelitian ini diharapkan dapat membuat model yang memprediksi kondisi cuaca kota Surabaya dengan akurat.

## **1.2. Perumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, didapatkan perumusan permasalahan yaitu:

1. Bagaimana model Artificial Neural Network yang cocok untuk memprediksi cuaca kota Surabaya berdasarkan variabel yang ada ?
2. Seberapa akurat model Artificial Neural Network yang dibangun terhadap data baru?

## **1.3. Batasan Masalah**

Batasan masalah dari penelitian ini adalah:

1. Data yang diambil adalah Data Cuaca Harian Surabaya pada stasiun Perak dengan rentang tahun 1 Januari 2010 sampai dengan 31 Desember 2017 dari website NOAA
2. Variabel yang digunakan sebagai input model adalah temperatur udara, titik embun, tekanan air laut, tekanan udara, jarak pandang, kecepatan angin, dan curah hujan
3. Luaran dari penelitian ini adalah model Artificial Neural Network yang memprediksi kondisi cuaca (cerah, hujan, dan hujan deras) kota Surabaya
4. Perangkat lunak yang digunakan untuk memprediksi cuaca kota Surabaya adalah RStudio

## **1.4. Tujuan**

Tujuan dilakukannya tugas akhir ini adalah untuk memperoleh model yang tepat terhadap jenis data yang ada pada variabel cuaca kota Surabaya dengan menggunakan metode Artificial Neural Network dan mengetahui tingkat akurasi model Artificial Neural Network yang dibuat.

## **1.5. Manfaat**

Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat membantu pihak-pihak yang membutuhkan informasi mengenai prediksi cuaca

kota Surabaya. Hasil prediksi model Artificial Neural Network ini juga dapat digunakan untuk membantu masyarakat kota Surabaya melakukan kegiatan sehari-hari.

## 1.6. Relevansi

Penelitian ini berkaitan dengan mata kuliah Statistika, Sistem Cerdas, serta Teknik Peramalan yang tercangkup pada Laboratorium Rekayasa Data Dan Intelegensi Bisnis. Lab RDIB memiliki tujuan untuk menjadi pusat penelitian terkait pemanfaatan data yang mendukung analisis bisnis dan organisasi untuk bisa ditransformasi menjadi informasi bermakna serta pengetahuan sehingga berguna dalam pengambilan keputusan.

Berdasarkan tabel 1.1 topik yang digunakan dalam penelitian ini adalah penggalian data dan peramalan yang merupakan bagian dari bidang keilmuan yang ada pada Lab RDIB

*Tabel 1.1 RDIB Road Maps*

| RDIB Road Maps   |  |   |   |   |
|--|--|---|---|---|
| Computerized Decision Support                          | Data Management  | Business Analytic   | Knowledge Management  | Intelligent Systems   |
| Decision Support System, System Modelling and Analysis | Database and Database Management System (DBMS); Extraction, Transformation, and Load (ETL) System; Data Warehouse (DW), real-time DW, and Data Mart. | Optimization; Data/Web/Text Mining; Web Analytic; Peramalan | Knowledge Management System, Expert Locating System, Ontology | Expert System, Artificial Neural Network, Fuzzy Logic, Genetic Algorithm, Intelligent Agent, Automated Decision System. |

## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini dijelaskan mengenai penelitian sebelumnya yang berhubungan dengan bahasan tugas akhir yang dikerjakan serta menjelaskan tentang dasar teori yang perlu diperhatikan dan dipahami untuk dijadikan landasan dalam mengerjakan tugas akhir.

### 2.1. Penelitian Terdahulu

Pada subbab ini akan dijelaskan tentang penelitian terdahulu yang digunakan dalam penelitian ini. Tabel 2.1 menjelaskan tentang peran Artificial Neural Network dalam melakukan peramalan, sedangkan tabel 2.2 menjelaskan tentang kemampuan Artificial Neural Network dalam menangani data yang persebarannya tidak merata (acak/fluktuatif)

*Tabel 2.1 Peran Artificial Neural Network dalam peramalan*

|                                  |  |
|----------------------------------|--|
| <b>Judul Paper</b>               | Forecasting with Artificial Neural Networks: The State of the Art[4]   |
| <b>Penulis; Tahun</b>            | Guoqiang Zhang, B. Eddy Patuwo, dan Michael Y. Hu; 1998  |
| <b>Deskripsi Umum Penelitian</b> | Minat dalam menggunakan <i>Artificial Neural Network</i> (ANN) untuk meramalkan telah menyebabkan lonjakan luar biasa dalam kegiatan penelitian dalam dekade terakhir. Meskipun ANN memberikan banyak janji, mereka juga banyak mengandung ketidakpastian. Peneliti sampai saat ini masih belum yakin tentang efek dari faktor kunci pada peramalan kinerja ANN. Makalah ini menyajikan survei modern mengenai aplikasi ANN dalam peramalan. Paper ini bertujuan untuk menyediakan (1) sintesis penelitian yang dipublikasikan di bidang ini, (2) wawasan tentang masalah pemodelan ANN, dan (3) arah penelitian masa depan. Hasil dari penelitian ini adalah sebagai berikut: (a) karakteristik unik dari ANN - kemampuan adaptasi, nonlinier, kemampuan pemetaan fungsi acak - membuatnya sangat cocok |

|                               |  |
|-------------------------------|--|
|                               | <p>dan berguna untuk meramalkan tugas. Secara keseluruhan, ANN memberikan kinerja yang memuaskan dalam peramalan; (b) Sejumlah besar penelitian telah dilakukan di bidang ini. Temuan ini tidak meyakinkan apakah dan kapan JST lebih baik daripada metode klasik (c) Ada banyak faktor yang dapat mempengaruhi kinerja ANN. Namun, tidak ada investigasi sistematis atas masalah ini. Metodologi <i>trial-and-error</i> untuk masalah khusus biasanya diadopsi oleh sebagian besar peneliti, yang merupakan alasan utama untuk inkonsistensi dalam literatur.</p> |
| <b>Keterkaitan Penelitian</b> | <p>Literatur ini dapat digunakan sebagai acuan dalam melakukan pengerjaan penelitian karena membahas tentang peran <i>Artificial Neural Network</i> dalam bidang peramalan. Serta memberikan pandangan terhadap masalah-masalah apa saja yang akan dihadapi ketika menggunakan metode ANN untuk memprediksi sesuatu.</p>   |



Tabel 2.2 Artificial Neural Network dalam menangani data fluktuatif

|                                  |   |
|----------------------------------|---|
| <b>Judul Paper</b>               | Wind Forecasting Using Artificial Neural Networks: A Survey and Taxonomy[6].  |
| <b>Penulis; Tahun</b>            | Arpita Yadav dan Kapil Sahu; 2017   |
| <b>Deskripsi Umum Penelitian</b> | <p>Paper ini menjelaskan tentang bagaimana <i>Artificial Neural Network</i> bekerja pada peramalan kecepatan angin. Paper ini menjelaskan bahwa <i>Artificial Neural Network</i> mampu memberikan hasil yang bagus ketika digunakan untuk data yang memiliki persebaran acak atau tidak menentu. Model statistic konvensional sebelumnya digunakan untuk prediksi kecepatan angin dan juga dengan tenaga angin, tetapi tidak memiliki akurasi yang tinggi karena ketidakmampuannya untuk mengikuti pola kecepatan angin yang rumit secara akurat. Paper ini juga menjelaskan keuntungan <i>Artificial Neural Network</i>, yaitu: (a) Pembelajaran yang adaptif: Kemampuan untuk belajar bagaimana melakukan/menyelesaikan tugas berdasarkan data yang diberikan untuk pelatihan atau pengalaman awal; (b) Mengatur diri sendiri: <i>Artificial Neural Network</i> dapat membuat organisasi sendiri atau representasi dari informasi yang diterimanya selama waktu belajar; (c) Operasi waktu nyata: Perhitungan ANN dapat dilakukan secara paralel, selagi melakukan perhitungan, perangkat keras yang khusus sedang dirancang dan diproduksi yang memanfaatkan kemampuan paralel ini</p> |
| <b>Keterkaitan Penelitian</b>    | <p>Literatur ini dapat digunakan sebagai pendukung dalam menggunakan metode <i>Artificial Neural Network</i> karena paper ini menyatakan metode <i>Artificial Neural Network</i> dapat digunakan untuk data yang memiliki persebaran yang acak. Selain itu paper ini juga menjabarkan karakteristik/jenis <i>Artificial Neural Network</i> yang telah ditemukan hingga saat ini.</p>  |

## **2.2. Dasar Teori**

Pada subbab ini akan dijelaskan mengenai teori-teori pendukung untuk penelitian ini.

### **2.2.1. Cuaca**

Cuaca menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia (KBBI) merupakan keadaan udara (tentang temperatur, cahaya matahari kelembapan, kecepatan angin, dan sebagainya) pada satu tempat tertentu dengan jangka waktu terbatas[7]. Sedangkan menurut Merriam-Webster, cuaca adalah keadaan atmosfer yang berhubungan dengan panas atau dingin, basah atau kering, tenang atau badai, kejernihan atau kekeruhan[8]. Cuaca mengacu pada aktivitas suhu dan curah hujan harian, sedangkan iklim adalah istilah yang digunakan untuk mendefinisikan rata-rata kondisi atmosfer selama periode waktu yang lebih lama[9]. Unsur-unsur yang mempengaruhi cuaca adalah sebagai berikut[10]:

- **Suhu Udara**  
Perubahan suhu udara di satu tempat dengan tempat lainnya bergantung pada ketinggian tempat dan letak astronomisnya (lintang). Perubahan suhu karena perbedaan ketinggian jauh lebih cepat daripada perubahan suhu karena perbedaan letak lintang. Biasanya, perubahan suhu terjadi berkisar 0,6 derajat celcius tiap kenaikan 100 m, alat ukur suhu udara adalah Termometer.
- **Tekanan Udara**  
Tekanan udara adalah berat massa udara pada suatu wilayah. Tekanan udara menunjukkan tenaga yang bekerja untuk menggerakkan massa udara dalam setiap satuan luas tertentu. Tekanan udara semakin rendah jika semakin tinggi dari permukaan laut, alat ukur tekanan udara adalah Barometer.
- **Kecepatan Angin**  
Angin adalah massa udara yang bergerak dari suatu tempat ke tempat lain. Tiupan angin terjadi jika di suatu daerah

terdapat perbedaan tekanan udara, yaitu tekanan udara maksimum dan minimum. Angin bergerak dari daerah bertekanan udara maksimum ke minimum, alat ukur kecepatan angin adalah Anemometer.

- Kelembaban Udara

Kelembaban udara adalah kandungan uap air dalam udara. Uap air yang ada dalam udara berasal dari hasil penguapan air di permukaan bumi, air tanah, atau air yang berasal dari penguapan tumbuh-tumbuhan, alat ukur kelembaban udara adalah Higrometer. Tapi dalam penelitian ini, kelembaban udara tidak digunakan sebagai variabel masukan.

### 2.2.2. Time Series (Deret Waktu)

Time Series atau biasa disebut Runtun Waktu adalah sekelompok urutan titik data yang terdefinisi dengan baik dan diukur pada interval waktu yang konsisten selama periode waktu tertentu. Data yang dikumpulkan secara ad-hoc atau tidak teratur tidak membentuk deret waktu. Analisis deret waktu adalah penggunaan metode statistik untuk menganalisis data deret waktu dan mengekstrak statistik dan karakteristik yang bermakna tentang data[11]. Disamping itu, analisis deret waktu juga berarti analisis serangkaian titik data dari waktu ke waktu, memungkinkan seseorang untuk menjawab pertanyaan seperti apa efek kausal pada variabel Y dari perubahan dalam variabel X dari waktu ke waktu[12]. Dari pernyataan tersebut dapat disimpulkan bahwa analisis deret waktu adalah analisis yang dilakukan terhadap suatu variabel tertentu dengan memperhatikan urutan data yang digunakan. Sebuah persamaan regresi bivariat sederhana untuk data deret waktu adalah sebagai berikut:

$$Y_t = \beta_0 + \beta X_t + u_t$$

dengan

$Y_t =$  Nilai data Y pada waktu t

$X_t =$  Variabel X pada waktu t

Analisis deret waktu bertujuan untuk mencapai berbagai tujuan dan alat serta model yang digunakan bervariasi sesuai dengan tujuan. Berbagai jenis analisis rangkaian waktu adalah sebagai berikut:

- a) Analisis Deskriptif – untuk menentukan tren atau pola dalam rangkaian waktu menggunakan grafik atau alat lainnya. Cara ini membantu dalam hal mengidentifikasi pola siklik, tren keseluruhan, titik balik dan pencilan.
- b) Analisis Spektral – juga disebut sebagai domain frekuensi dan bertujuan untuk memisahkan komponen periodik atau siklus dalam suatu rangkaian waktu. Misalnya, mengidentifikasi perubahan siklus dalam penjualan suatu produk.
- c) Peramalan – digunakan secara luas dalam peramalan bisnis, penganggaran, dll berdasarkan tren historis.
- d) Analisis Intervensi – digunakan untuk menentukan apakah suatu peristiwa dapat mengarah pada perubahan dalam rangkaian waktu, misalnya, tingkat kinerja karyawan telah meningkat atau tidak setelah intervensi dalam bentuk pelatihan – untuk menentukan efektivitas program pelatihan.
- e) Analisis Eksplanatif – mempelajari korelasi silang atau hubungan antara dua seri waktu dan ketergantungan satu sama lain. Misalnya, studi data perputaran karyawan dan data pelatihan karyawan untuk menentukan apakah ada ketergantungan pada program pelatihan karyawan pada tingkat perputaran karyawan dari waktu ke waktu.

### **2.2.3. Peramalan**

Peramalan merupakan alat bantu yang penting dalam perencanaan yang efektif dan efisien. Teknik peramalan terbagi menjadi dua bagian, yang pertama metode peramalan subjektif dan metode peramalan objektif[13]. Metode peramalan subjektif mempunyai model kualitatif dan metode peramalan objektif mempunyai dua model, yaitu model time series dan model kausal. Model kualitatif berupaya memasukkan faktor-

faktor subyektif dalam model peramalan, model ini akan sangat bermanfaat jika data kuantitatif yang akurat sulit diperoleh. Contoh dari metode ini ialah metode delphi, opini juri eksekutif, komposit kekuatan dan survey pasar konsumen.

Model kausal memasukkan dan menguji variabel-variabel yang diduga akan mempengaruhi variabel dependen, model ini biasanya menggunakan analisis regresi untuk menentukan mana variabel yang signifikan mempengaruhi variable dependen. Selain menggunakan analisis regresi, model kausal juga dapat menggunakan metode Autoregressive Integrated Moving Average (ARIMA) atau Box-Jenkins untuk mencari model terbaik yang dapat digunakan dalam peramalan. Model time series merupakan model yang digunakan untuk memprediksi masa depan dengan menggunakan data historis. Dengan kata lain, model time series mencoba melihat apa yang terjadi pada suatu kurun waktu tertentu dan menggunakan data masa lalu untuk memprediksi. Contoh dari model time series ini antara lain Moving Average, Exponential Smoothing dan proyeksi trend.

#### **2.2.4. Praproses Data**

Praproses data merupakan langkah penting dalam proses penambangan data. Ungkapan "garbage in, garbage out" terutama berlaku untuk proyek-proyek penambangan dan pembelajaran mesin data. Melakukan pemrosesan data pada data yang belum disaring secara hati-hati untuk suatu permasalahan dapat menyebabkan hasil yang menyimpang atau tidak sesuai tujuan[14]. Biasanya fase praproses data menjadi fase terpenting dalam melakukan proyek pembelajaran mesin, terutama pada bidang biologi komputasi[15].

Jika ada banyak informasi yang redundan dan tidak relevan, riu, dan data yang tidak reliabel, maka proses pembelajaran selama fase pelatihan akan lebih sulit. Persiapan data dan langkah-langkah penyaringan dapat memakan waktu cukup lama. Praproses data meliputi pembersihan, pemilihan contoh,

normalisasi, transformasi, ekstraksi fitur dan seleksi, dll. Produk dari praproses data adalah satu set data yang siap untuk diolah. Algoritma yang terkenal untuk setiap langkah praproses data adalah sebagai berikut[16]:

- **Data Cleansing (Pembersihan Data)**  
Pembersihan data adalah proses mendeteksi dan mengoreksi (atau menghapus) catatan yang korup atau tidak akurat dari satu set catatan, tabel, atau basis data dan mengacu pada pengidentifikasian bagian-bagian data yang tidak lengkap, salah, tidak akurat atau tidak relevan dan kemudian menggantikan, memodifikasi, atau menghapus data yang kotor atau kasar[17].
- **Data Editing (Pengeditan Data)**  
Pengeditan data didefinisikan sebagai proses yang melibatkan peninjauan dan penyesuaian data survei yang dikumpulkan. Tujuannya adalah untuk mengontrol kualitas data yang dikumpulkan. Pengeditan data dapat dilakukan secara manual, dengan bantuan komputer atau kombinasi keduanya[18].
- **Data Reduction (Pengurangan Data)**  
Pengurangan data adalah transformasi informasi digital numerik atau alfabetik yang diturunkan secara empiris atau eksperimental menjadi bentuk yang dikoreksi, tersusun, dan disederhanakan. Konsep dasarnya adalah pengurangan jumlah data yang beraneka ragam hingga ke bagian yang berarti.
- **Data Wrangling (Penggulungan Data)**  
Penggulungan data adalah proses transformasi dan pemetaan data dari satu bentuk data "mentah" ke format lain dengan maksud membuatnya lebih tepat dan berharga untuk berbagai tujuan downstream seperti analitik.

### **2.2.5. Artificial Neural Network**

Artificial Neural Network adalah pendekatan komputasi yang terinspirasi oleh studi otak dan sistem saraf pada organisme

hidup. Dipercaya bahwa fungsionalitas yang kuat dari sistem saraf biologis dikaitkan dengan sifat pemrosesan terdistribusi paralel dari jaringan sel, yang dikenal sebagai neuron. Artificial Neural Network mengemulasi struktur ini dengan mendistribusikan perhitungan ke unit pemrosesan kecil dan sederhana, yang disebut neuron buatan, atau node. Dengan arsitektur ini, Artificial Neural Network telah terbukti menjadi model matematika yang kuat yang unggul pada pendekatan fungsi dan pengenalan pola. Artificial Neural Network dalam melakukan suatu perhitungan memiliki komponen sebagai berikut[19]:

a) Neuron

Sebuah neuron dengan label  $j$  menerima sebuah input  $p_j(t)$  dari neuron sebelumnya terdiri dari komponen-komponen berikut:

- Sebuah aktivasi  $a_j(t)$ , tergantung pada parameter waktu diskrit
- Ambang batas  $\theta_j$ , yang bernilai tetap kecuali diubah oleh fungsi pembelajaran
- Sebuah fungsi aktivasi  $f$  yang menghitung aktivasi baru pada waktu tertentu  $t + 1$  dari  $a_j(t)$ ,  $\theta_j$  dan *input* net  $p_j(t)$  sehingga menimbulkan relasi  $a_j(t + 1) = f(a_j(t), p_j(t), \theta_j)$
- Dan sebuah fungsi output  $f_{out}$  yang menghitung luaran dari aktivasi  $o_j(t) = f_{out}(a_j(t))$

b) Koneksi, Bobot, dan Bias

Jaringan terdiri dari koneksi, setiap koneksi mentransfer *output* dari neuron  $i$  ke *input* dari neuron  $j$ . Dalam pengertian ini,  $i$  merupakan pendahulu  $j$  dan  $j$  adalah penerus  $i$ . Setiap koneksi diberi bobot  $w_{ij}$ . Kadang-kadang istilah bias ditambahkan ke jumlah total bobot input sebagai ambang batas untuk menggeser fungsi aktivasi[20].

c) Fungsi Propagasi

Fungsi propagasi menghitung input  $p_j(t)$  ke neuron  $j$  dari luaran  $o_i(t)$  dari neuron pendahulu dan biasanya memiliki bentuk:

$$p_j(t) = \sum_i o_i(t)w_{ij}$$

Ketika nilai bias ditambahkan ke dalam fungsi diatas, maka bentuk di atas berubah menjadi[21]:

$$p_j(t) = \sum_i o_i(t)w_{ij} + w_{0j}, \text{ dimana } w_{0j} \text{ adalah bias}$$

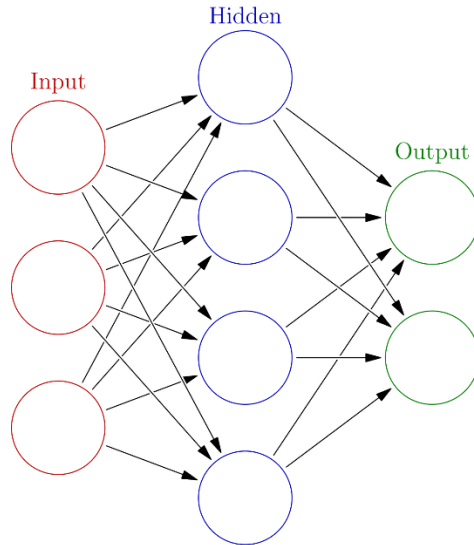
d) Aturan Belajar

Aturan pembelajaran adalah aturan atau algoritma yang memodifikasi parameter jaringan saraf, agar input yang diberikan ke jaringan untuk menghasilkan output yang disukai. Proses pembelajaran ini biasanya jumlah untuk memodifikasi bobot dan ambang variabel dalam jaringan.

*Artificial Neural Network* dibentuk oleh node yang terhubung bersama. Node dengan karakteristik serupa disusun menjadi lapisan (*layer*). Lapisan dapat dilihat sebagai sekelompok node yang memiliki koneksi ke lapisan lain atau lingkungan eksternal, tetapi tidak memiliki interkoneksi[22]. Gambar 2.1 merupakan contoh *Artificial Neural Network* sederhana dengan 3 lapisan.

Pada dasarnya ada tiga jenis lapisan. Lapisan pertama yang menghubungkan ke variabel *input* disebut lapisan *input*. Lapisan terakhir yang menghubungkan ke variabel *output* disebut lapisan *output*. Node *output* ganda ditunjukkan pada Gambar 1 untuk kejelasan ilustrasi. Sangat mudah untuk memperluas ke beberapa node *output*. Lapisan antara lapisan *input* dan *output* disebut lapisan tersembunyi; bisa ada lebih dari satu layer tersembunyi. Informasi ditransmisikan melalui koneksi antar node. Dalam situasi yang sederhana, informasi dilewatkan ke depan saja, seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.1.





Gambar 2.1 Artificial Neural Network dengan 3 layer

### 2.2.6. Uji Performa Model

Uji performa model terhadap luaran yang dihasilkan oleh model *Artificial Neural Network* dapat menggunakan tabel *Confusion Matrix*. Dalam hal pembelajaran mesin (*Machine Learning*), dan lebih spesifiknya mengenai masalah klasifikasi dalam ilmu statistika, tabel *Confusion Matrix* (bisa disebut juga *Error Matrix*) adalah sebuah tabel yang menjelaskan visualisasi dari performa sebuah algoritma *supervised learning* (pembelajaran yang diawasi)[23]. Setiap baris matriks mewakili *instance* dalam kelas yang diprediksi sementara setiap kolom mewakili *instance* dalam kelas yang sebenarnya[24]. Tabel *Confusion Matrix* berisikan jumlah *false positives*, *false negatives*, *true positives*, dan *true negatives*.

- *False Positives*  
*False Positives* adalah sel yang menunjukkan jumlah hasil kelas yang diprediksi menunjukkan nilai benar (*True*),

sedangkan kelas sebenarnya menunjukkan nilai salah (*False*).

- *False Negatives*  
*False Negatives* adalah sel yang menunjukkan jumlah hasil kelas yang diprediksi menunjukkan nilai salah (*False*), sedangkan kelas sebenarnya menunjukkan nilai benar (*True*).
- *True Positives*  
*True Positives* adalah sel yang menunjukkan jumlah hasil kelas yang diprediksi menunjukkan nilai benar (*True*) dan kelas sebenarnya juga menunjukkan nilai benar (*True*).
- *True Negatives*  
*True Negatives* adalah sel yang menunjukkan jumlah hasil kelas yang diprediksi menunjukkan nilai salah (*False*) dan kelas sebenarnya juga menunjukkan nilai salah (*False*).

Tabel 2.3 menunjukkan contoh tabel *Confusion Matrix*. Dengan mengasumsikan P adalah jumlah kasus aktual yang bernilai benar dan N adalah jumlah kasus aktual yang bernilai salah. Maka dari tabel 2.3 didapatkan[25]:

- *Recall*  
*Recall*[26] mengukur proporsi kasus aktual yang bernilai benar (positif) yang diidentifikasi secara benar. Hal ini dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$recall = \frac{TP}{P} = \frac{TP}{TP + FN}$$

- *Precision*  
*Precision* mengukur proporsi kasus yang diprediksi bernilai benar (positif) dengan prediksi yang diidentifikasi secara tepat. Hal ini dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$precision = \frac{TP}{TP + FP}$$

- *Accuracy*  
Dalam bidang ilmu sains dan teknik, *accuracy* merupakan tingkat kedekatan pengukuran suatu kuantitas pada nilai yang benar[27]. Hal ini dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$accuracy = \frac{TP + TN}{P + N} = \frac{TP + TN}{TP + TN + FP + FN}$$

Tabel 2.3 Contoh Confusion Matrix

|                       |                            | Kelas Sebenarnya            |                             |
|-----------------------|----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
|                       |                            | Kondisi Positif             | Kondisi Negatif             |
| Kelas yang Diprediksi | Diprediksi Kondisi Positif | <i>True Positives (TP)</i>  | <i>False Positives (FP)</i> |
|                       | Diprediksi Kondisi Negatif | <i>False Negatives (FN)</i> | <i>True Negatives (TN)</i>  |

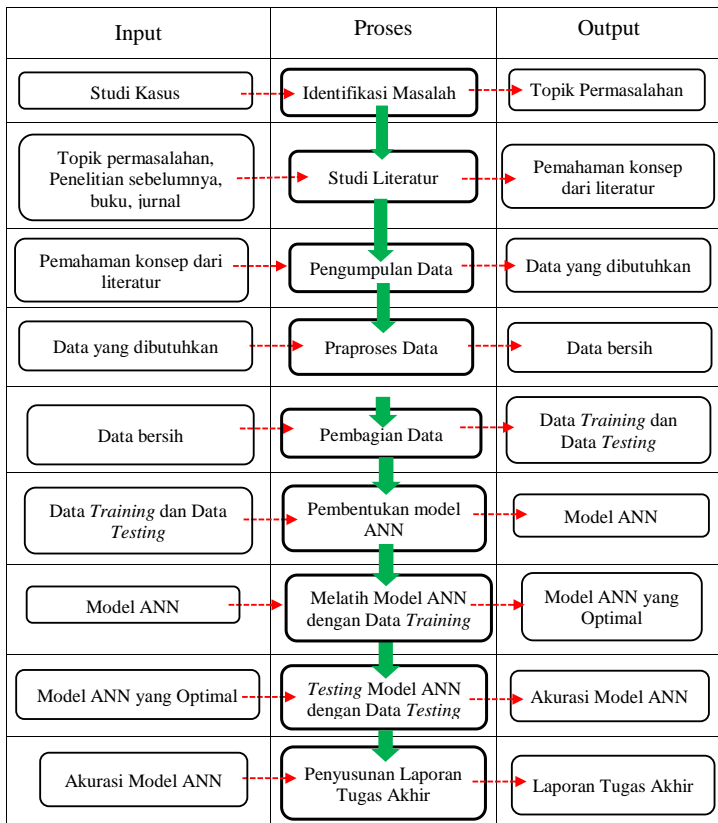
*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## BAB III METODOLOGI

Untuk mendapatkan hasil yang baik, maka diperlukan langkah-langkah penelitian yang tepat dan runtun. Pada bagian ini akan diuraikan langkah-langkah penelitian yang akan dilakukan oleh peneliti dalam memecahkan permasalahan sehingga penelitian ini dapat diselesaikan dengan baik.

### 3.1. Diagram Metodologi

Gambar 3.1 merupakan diagram metodologi yang digunakan sebagai acuan dalam pengerjaan penelitian ini.



Gambar 3.1 Diagram Balok Metodologi

Penjelasan mengenai detail Gambar 3.1 diatas adalah sebagai berikut.

### **3.1.1. Identifikasi Masalah**

Tahap ini merupakan tahapan pertama yang dilakukan dalam pengerjaan penelitian ini. Pada tahap ini, dilakukan identifikasi terhadap permasalahan cuaca yang terjadi di kota Surabaya. Identifikasi masalah dilakukan dengan mengenali variabel-variabel yang akan digunakan dalam prediksi kondisi cuaca di Kota Surabaya.

### **3.1.2. Studi Literatur**

Pada tahapan ini dilakukan pengkajian mengenai penelitian yang membahas prediksi cuaca dengan variabel kecepatan angin dan suhu udara. Pustaka yang digunakan yaitu paper, jurnal, dan laporan penelitian.

### **3.1.3. Pengumpulan Data**

Setelah mendapatkan permasalahan dan mengetahui konsep dan model yang di dapat untuk menyelesaikan permasalahan. Selanjutnya dilakukan pengumpulan data yang berkaitan dengan permasalahan prediksi cuaca. Data yang didapatkan adalah data mengenai temperatur udara, titik embun, tekanan air laut, tekanan udara, jarak pandang, kecepatan angin, curah hujan, dan kondisi cuaca kota Surabaya di stasiun Perak. Data tersebut berasal dari website NOAA (*The National Oceanic and Atmospheric Administration*) milik negara Amerika dengan rentang waktu yang digunakan adalah dari tahun 2010 hingga tahun 2017.

### **3.1.4. Praproses Data**

Data yang didapatkan pada website NOAA tentunya tidak semuanya seperti yang diinginkan. Oleh karena itu, dibutuhkan praproses data yang mana akan menyiapkan data yang siap

untuk diolah. Praproses data yang dilakukan adalah mengganti atribut data yang tidak terdeteksi dengan rata-rata atribut data tersebut. Selain itu, akan dilakukan transformasi nilai dari atribut data sehingga atribut tersebut akan lebih mudah untuk diolah. Hasil dari proses ini berupa data yang telah bersih dan siap untuk diolah lebih lanjut. Tabel 3.1 merupakan contoh data yang digunakan pada penelitian ini. Nilai kolom FRSHTT pada Tabel 3.1 mewakili masing-masing karakter FRSHTT secara berurutan.

*Tabel 3.1 Contoh Data yang akan Digunakan*

| DATE     | TEMP  | DP    | SLP    | STP    | VIS   | WS    | PR   | FRSHTT |
|----------|-------|-------|--------|--------|-------|-------|------|--------|
| 20100101 | 27,72 | 24,33 | 1008,1 | 1007,5 | 9,33  | 3,70  | 0,12 | 010000 |
| 20100102 | 29,78 | 24,72 | 1009,2 | 1008,5 | 9,65  | 1,48  | 0    | 000000 |
| 20100103 | 29,50 | 24,72 | 1008,5 | 1007,8 | 10,46 | 2,59  | 0    | 000000 |
| 20100104 | 28,17 | 24,17 | 1007,9 | 1007,2 | 9,17  | 3,70  | 0,14 | 010000 |
| 20100105 | 27,94 | 24,17 | 1008,8 | 1008,2 | 8,69  | 2,41  | 1,81 | 010010 |
| 20100106 | 27,50 | 23,56 | 1008,8 | 1008,3 | 7,56  | 5,19  | 1,22 | 010010 |
| 20100107 | 26,94 | 23,83 | 1009,1 | 1008,5 | 8,53  | 7,04  | 0    | 010000 |
| 20100108 | 27,44 | 23,72 | 1009,9 | 1009,2 | 8,53  | 4,26  | 0,08 | 000000 |
| 20100109 | 26,44 | 23,22 | 1010,1 | 1009,4 | 7,88  | 10,56 | 0,24 | 010000 |

Keterangan Data:

- DATE = keterangan waktu dimana data diambil dengan format tahun, bulan, dan tanggal (YYYYMMDD).
- TEMP = rata-rata suhu udara dalam satuan derajat Fahrenheit.
- DP = rata-rata titik embun dalam satuan derajat Fahrenheit.
- SLP = rata-rata tekanan air laut dalam satuan milibar.
- STP = rata-rata tekanan udara dalam satuan milibar.
- VIS = rata-rata jarak pandang dalam satuan mil.
- WS = rata-rata kecepatan angin dalam satuan knot.
- PR = rata-rata curah hujan dalam satuan milimeter
- FRSHTT = indikator kondisi cuaca.
  - F = Kabut

- R = Hujan atau Gerimis
- S = Salju
- H = Hujan Es
- T = Guntur
- T = Tornado atau Angin Puting Beliung

Nilai 1 menunjukkan bahwa pada hari itu terjadi kondisi cuaca, sedangkan nilai 0 menunjukkan bahwa pada hari itu tidak terjadi kondisi cuaca yang ditunjukkan.

### 3.1.5. Pembagian Data

Melakukan pemisahan data penelitian menjadi 2 (dua) bagian yaitu data *training* dan data *testing*. Data *training* akan dipakai untuk membentuk model *Artificial Neural Network*, sedangkan data *testing* digunakan untuk memvalidasi model yang telah dibangun. Rasio perbandingan untuk data *training* dan data *testing* adalah 7:3. Jumlah data yang ada adalah sebanyak 2.223 buah, data *training* berisi data cuaca dari tanggal 1 Januari 2010 – 28 April 2014 dengan jumlah data sebanyak 1.556 buah dan data *testing* berisi data cuaca dari tanggal 29 April 2014 – 30 Desember 2017 dengan jumlah data sebanyak 667 buah.

### 3.1.6. Pembentukan Model ANN

Membentuk model *Artificial Neural Network* yaitu dengan menentukan variabel *input* yang digunakan, jumlah *hidden layer*, jumlah luaran, *learning rate*, fungsi aktivasi, momentum (antara 0,1 sampai dengan 0,9), dan jumlah node *hidden layer*. Pada arsitektur *Artificial Neural Network* yang digunakan, terdapat 7 node *input layer*, n sampai 3n node *hidden layer* (n adalah jumlah input layer), dan 3 node *output layer*. Jumlah node *hidden layer* akan berubah sesuai dengan skenario yang akan digunakan pada saat melatih model.



### 3.1.7. Melatih Model ANN dengan Data Training

Setelah membuat model *Artificial Neural Network*, hal yang perlu dilakukan agar model *Artificial Neural Network* bisa memprediksi cuaca kota Surabaya adalah melatih model tersebut dengan data *training*. Hal ini dilakukan agar model *Artificial Neural Network* yang telah dibangun dapat belajar dan mengenali pola data yang telah disediakan. Hal ini akan terus berulang hingga model *Artificial Neural Network* memberikan *error* yang lebih kecil atau sama dengan *error* yang diharapkan pada penelitian ini.

### 3.1.8. Testing Model ANN dengan Data Testing

Pada tahapan ini, model *Artificial Neural Network* yang telah dibangun dan dilatih dengan data *training* akan diuji dengan data *testing*. Sehingga akan didapatkan akurasi dari model *Artificial Neural Network* yang telah dikembangkan. Evaluasi performa pada model *Artificial Neural Network* didapatkan dengan cara membuat tabel *confusion matrix*. Pemilihan model terbaik didasarkan pada performa akurasi, *recall*, dan *precision*.

### 3.1.9. Penyusunan Laporan Tugas Akhir

Penyusunan laporan merupakan tahap akhir dari proses-proses yang telah dilakukan sebelumnya. Disini dilakukan dokumentasi terhadap proses-proses yang telah dilakukan dan kesimpulan dari permasalahan yang didapatkan. Seluruh pelaksanaan ataupun pengerjaan penelitian ini akan didokumentasikan dengan mengikuti format yang telah ditetapkan oleh laboratorium Rekayasa Data dan Intelegensia Bisnis (RDIB) serta yang berlaku di Departemen Sistem Informasi ITS. Di dalam laporan Tugas Akhir akan mencakup :

#### a. BAB I Pendahuluan

Pada bab ini akan dijelaskan mulai dari latar belakang, rumusan permasalahan, batasan permasalahan, tujuan dan manfaat pengerjaan penelitian.

b. BAB II Tinjauan Pustaka

Pada bab ini akan dijelaskan mengenai penelitian-penelitian sebelumnya yang telah dilakukan serta teori-teori yang menunjang permasalahan yang dibahas pada penelitian ini

c. BAB III Metodologi

Pada bab ini akan dijelaskan alur proses dari pengerjaan penelitian mulai dari identifikasi permasalahan sampai pembuatan laporan tugas akhir.

d. BAB IV Perancangan

Pada bab ini akan dijelaskan proses pengumpulan dan juga deskripsi data-data (praproses data) yang digunakan dalam penyelesaian penelitian.

e. BAB V Implementasi

Bab ini berisi tentang implementasi dan penjelasan setiap alur proses yang telah dijabarkan sebelumnya pada metodologi yang digunakan dalam penelitian.

f. BAB VI Hasil dan Pembahasan

Bab ini berisi analisis dan pembahasan dalam penyelesaian permasalahan yang dibahas pada pengerjaan penelitian.

g. BAB VII Kesimpulan dan Saran

Bab ini berisi kesimpulan dan saran yang ditujukan untuk kelengkapan penyempurnaan penelitian ini.

## BAB IV PERANCANGAN

Pada bab ini akan dijelaskan mengenai pengumpulan data, praproses data yang dilakukan, dan perancangan terhadap model *Artificial Neural Network* yang digunakan dalam prediksi kondisi cuaca di kota Surabaya.

### 4.1. Pengumpulan Data

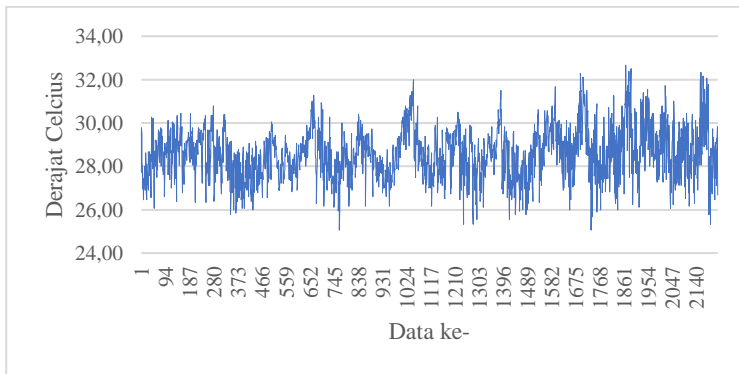
Pada bagian ini dilakukan proses pengumpulan data yang dibutuhkan pada penelitian tugas akhir ini. Metode yang dilakukan dalam mengumpulkan data yang dibutuhkan adalah dengan mengunduh data cuaca yang disediakan oleh website NOAA (*The National Oceanic and Atmospheric Administration*) milik negara Amerika dengan rentang waktu yang digunakan adalah dari tahun 2010 hingga tahun 2017 dengan banyak data yang didapatkan adalah 2223 buah. Data yang didapatkan adalah data mengenai temperatur udara, titik embun, tekanan air laut, tekanan udara, jarak pandang, kecepatan angin, curah hujan, dan kondisi cuaca kota Surabaya di stasiun Perak. Contoh data yang didapat bisa dilihat pada tabel 4.1

*Tabel 4.1 Data Cuaca Kota Surabaya*

| DATE     | TEMP  | DP    | SLP    | STP    | VIS   | WS    | PR   | FRSHTT |
|----------|-------|-------|--------|--------|-------|-------|------|--------|
| 20100101 | 27,72 | 24,33 | 1008,1 | 1007,5 | 9,33  | 3,70  | 0,12 | 010000 |
| 20100102 | 29,78 | 24,72 | 1009,2 | 1008,5 | 9,65  | 1,48  | 0    | 000000 |
| 20100103 | 29,50 | 24,72 | 1008,5 | 1007,8 | 10,46 | 2,59  | 0    | 000000 |
| 20100104 | 28,17 | 24,17 | 1007,9 | 1007,2 | 9,17  | 3,70  | 0,14 | 010000 |
| 20100105 | 27,94 | 24,17 | 1008,8 | 1008,2 | 8,69  | 2,41  | 1,81 | 010010 |
| 20100106 | 27,50 | 23,56 | 1008,8 | 1008,3 | 7,56  | 5,19  | 1,22 | 010010 |
| 20100107 | 26,94 | 23,83 | 1009,1 | 1008,5 | 8,53  | 7,04  | 0    | 010000 |
| 20100108 | 27,44 | 23,72 | 1009,9 | 1009,2 | 8,53  | 4,26  | 0,08 | 000000 |
| 20100109 | 26,44 | 23,22 | 1010,1 | 1009,4 | 7,88  | 10,56 | 0,24 | 010000 |

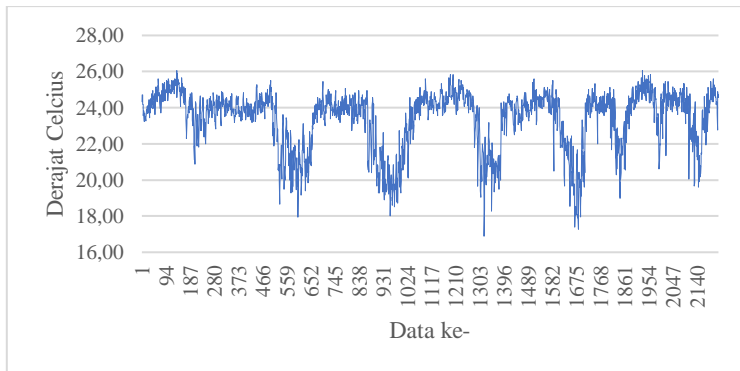
Ada 7 kumpulan data yang akan digunakan sebagai input, yaitu temperatur udara, titik embun, tekanan air laut, tekanan udara, jarak pandang, kecepatan angin, dan curah hujan. Plotting pada masing-masing data dapat dilihat pada Gambar 4.1, 4.2, 4.3, 4.4, 4.5, 4.6, dan 4.7.

Pada Gambar 4.1 dapat dilihat bahwa tren dari data temperatur udara adalah fluktuatif (naik-turun). Hal ini dikarenakan temperatur udara berubah sesuai dengan musimnya. Pada musim kemarau, temperatur udara akan cenderung tinggi. Sedangkan pada musim hujan, temperatur udara akan cenderung rendah.



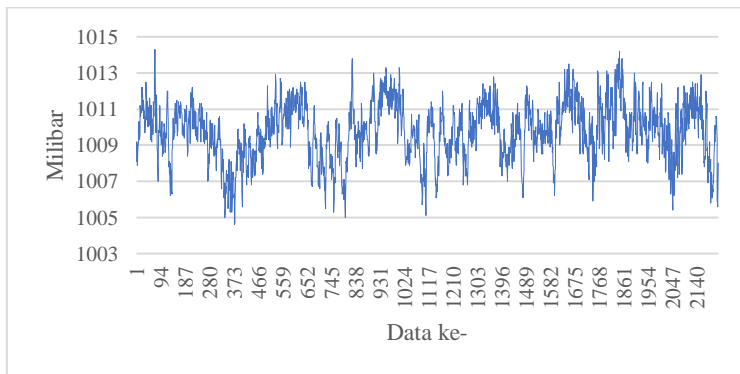
*Gambar 4.1 Plotting Temperatur Udara*

Pada Gambar 4.2 dapat dilihat bahwa data titik embun memiliki tren yang hampir sama dengan data temperatur udara. Hal ini dikarenakan temperatur udara dengan titik embun memiliki keterkaitan. Pada Gambar 4.2 juga dapat dilihat bahwa pada beberapa titik, tren sangat jatuh. Hal ini dikarenakan ada data yang tidak terdeteksi. Data yang terdeteksi ini akan dilakukan praproses data.



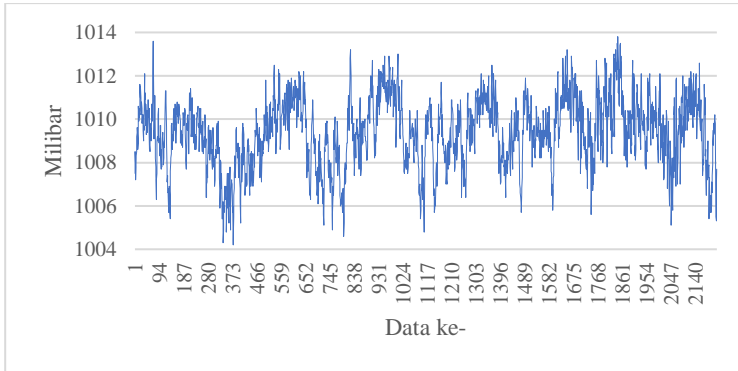
*Gambar 4.2 Plotting Titik Embun*

Pada Gambar 4.3 data mengenai tekanan air laut terlihat rusak. Karena ada data yang tidak terukur sehingga tidak dapat dipastikan nilai dari data tersebut dan pihak NOAA memberikan nilai 9999. Data yang bernilai 9999 ini akan dilakukan praproses data.

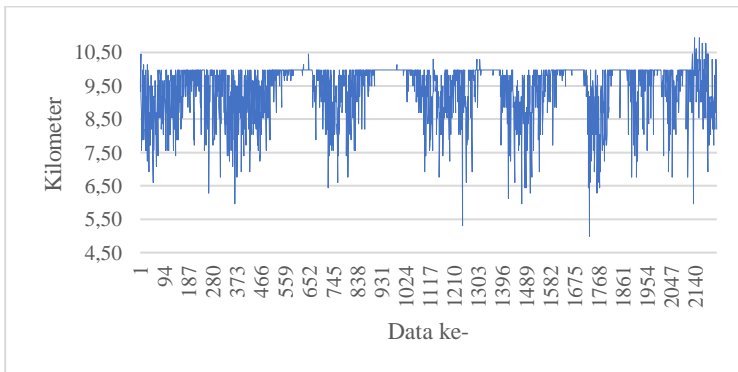


*Gambar 4.3 Plotting Tekanan Air Laut*

Pada Gambar 4.4 dapat dilihat bahwa data tekanan udara memiliki tren yang fluktuatif (naik turun). Hal ini dikarenakan tekanan udara berubah-ubah sesuai dengan temperatur cuaca disekitarnya. Pada Gambar 4.5 mengenai data jarak pandang yang bisa dimiliki oleh orang normal memiliki tren persebaran data yang fluktuatif (naik turun).

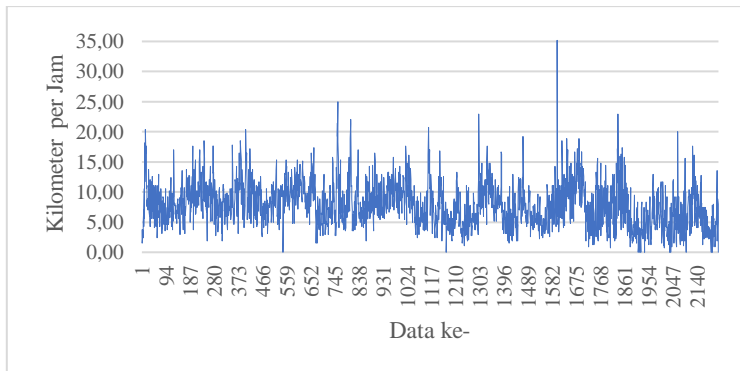


*Gambar 4.4 Plotting Tekanan Udara*

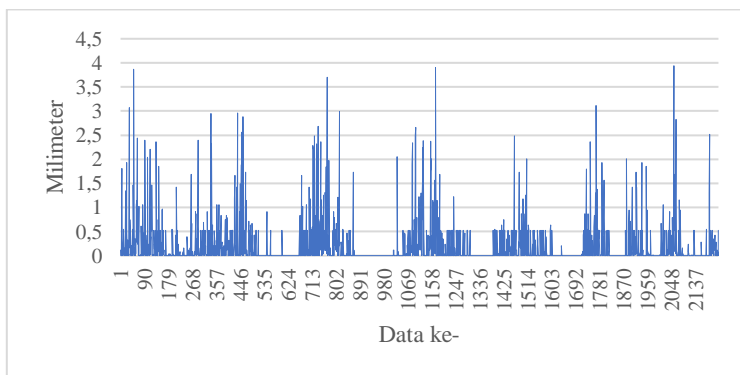


*Gambar 4.5 Plotting Jarak Pandang*

Pada Gambar 4.6 dapat dilihat bahwa data kecepatan angin memiliki tren yang fluktuatif (naik turun). Dan pada Gambar 4.7 dapat dilihat bahwa data curah hujan memiliki persebaran data yang fluktuatif (naik turun).



Gambar 4.6 Plotting Kecepatan Angin



Gambar 4.7 Plotting Curah Hujan

## 4.2. Praproses Data

Pada data yang telah didapatkan masih ada beberapa nilai yang tidak terdeteksi pada pos pemantauan cuaca stasiun Perak. Data yang tidak terdeteksi akan mengganggu pada saat pembentukan model serta pada saat *training*. Selain itu, pada variabel masukan, ada beberapa data yang mengandung nilai angka dan huruf. Padahal diperlukan data yang bernilai angka saja. Dan ada beberapa kolom yang tidak diperlukan dalam penelitian. Oleh karena itu diperlukan fase praproses data untuk membersihkan data-data tersebut sehingga layak digunakan dalam penelitian.

#### 4.2.1. Mengganti Nilai yang tidak Terdeteksi

Data mentah yang didapatkan masih banyak mengandung nilai yang tidak terdeteksi, padahal data tersebut mengganggu penelitian ini. Tabel 4.2 merupakan contoh data-data yang mengandung nilai yang tidak terdeteksi. Data yang tidak terdeteksi ditunjukkan dengan nilai 99,9. Pada Tabel 4.2 dibawah ini, kolom DATE menunjukkan tanggal pada saat data diambil dan kolom PR menunjukkan curah hujan data tanggal tertentu.

*Tabel 4.2 Contoh Data yang tidak Terdeteksi*

| DATE     | PR   |
|----------|------|
| 20110403 | 0    |
| 20110404 | 0,04 |
| 20110405 | 0,4  |
| 20110406 | 0,44 |
| 20110407 | 99,9 |
| 20110408 | 0,04 |
| 20110409 | 99,9 |
| 20110410 | 1,73 |
| 20110411 | 99,9 |
| 20110412 | 1,14 |

Pada penelitian ini, untuk mengatasi data yang tidak terdeteksi tersebut dilakukan perhitungan rata-rata dari data yang ada. Data yang dirata-ratakan adalah data yang terdeteksi dan tidak bernilai 0. Setelah dilakukan proses penanganan data yang tidak terdeteksi, didapatkan data pada Tabel 4.3

*Tabel 4.3 Data Setelah Praproses Data*

| DATE     | PR   |
|----------|------|
| 20110403 | 0    |
| 20110404 | 0,04 |
| 20110405 | 0,4  |
| 20110406 | 0,44 |
| 20110407 | 0,53 |



| DATE     | PR   |
|----------|------|
| 20110408 | 0,04 |
| 20110409 | 0,53 |
| 20110410 | 1,73 |
| 20110411 | 0,53 |
| 20110412 | 1,14 |

#### 4.2.2. Mengubah Nilai Campur

Nilai campur adalah data yang memiliki nilai kombinasi huruf dan angka. Tabel 4.4 menunjukkan bahwa nilai dari kolom PR mempunyai kombinasi huruf dan angka. Nilai yang memiliki kombinasi huruf dan angka tidak bisa digunakan dalam penelitian ini, sehingga harus dilakukan pemisahan atau perubahan nilai campur tersebut.

*Tabel 4.4 Contoh Nilai Campur*

| DATE     | PR    |
|----------|-------|
| 20100101 | 0.12D |
| 20100102 | 0.00A |
| 20100103 | 0.00I |
| 20100104 | 0.14D |
| 20100105 | 1.81A |
| 20100106 | 1.22B |
| 20100107 | 0.00B |
| 20100108 | 0.08A |
| 20100109 | 0.24B |
| 20100110 | 0.08A |

Untuk menangani data yang berisi nilai kombinasi huruf dan angka tersebut, maka dilakukan pemisahan huruf yang terkandung pada nilai tersebut. Sehingga nilai yang sudah dipisahkan terlihat pada Tabel 4.5.

Tabel 4.5 Data yang sudah Dipisahkan

| DATE     | PR   |
|----------|------|
| 20100101 | 0.12 |
| 20100102 | 0.00 |
| 20100103 | 0.00 |
| 20100104 | 0.14 |
| 20100105 | 1.81 |
| 20100106 | 1.22 |
| 20100107 | 0.00 |
| 20100108 | 0.08 |
| 20100109 | 0.24 |
| 20100110 | 0.08 |

### 4.2.3. Menghapus Kolom yang Tidak Digunakan

Data mentah yang didapatkan masih mengandung kolom-kolom yang tidak dibutuhkan dalam penelitian ini. Contoh data mentah yang didapatkan pada website NOAA dapat dilihat pada tabel 4.6

Tabel 4.6 Data Mentah NOAA

| STN    | WBAN  | YEARMODA | TEMP | DEWP | SLP    | STP    | VISIB | WDSP | MXSPD | GUST  | MAX  | MIN  | PRCP  | SNDP  | FRSHTT |
|--------|-------|----------|------|------|--------|--------|-------|------|-------|-------|------|------|-------|-------|--------|
| 969330 | 99999 | 20100101 | 81,9 | 75,8 | 1008,1 | 1007,5 | 5,8   | 2    | 6     | 999,9 | 91,4 | 77,7 | 0.12D | 999,9 | 010000 |
| 969330 | 99999 | 20100102 | 85,6 | 76,5 | 1009,2 | 1008,5 | 6     | 0,8  | 6     | 999,9 | 94,6 | 77   | 0.00A | 999,9 | 000000 |
| 969330 | 99999 | 20100103 | 85,1 | 76,5 | 1008,5 | 1007,8 | 6,5   | 1,4  | 5,1   | 999,9 | 95,7 | 78,3 | 0.00I | 999,9 | 000000 |
| 969330 | 99999 | 20100104 | 82,7 | 75,5 | 1007,9 | 1007,2 | 5,7   | 2    | 9,9   | 999,9 | 91,9 | 78,4 | 0.14D | 999,9 | 010000 |
| 969330 | 99999 | 20100105 | 82,3 | 75,5 | 1008,8 | 1008,2 | 5,4   | 1,3  | 6     | 999,9 | 92,8 | 76,3 | 1.81A | 999,9 | 010010 |
| 969330 | 99999 | 20100106 | 81,5 | 74,4 | 1008,8 | 1008,3 | 4,7   | 2,8  | 6     | 999,9 | 92,3 | 74,8 | 1.22B | 999,9 | 010010 |
| 969330 | 99999 | 20100107 | 80,5 | 74,9 | 1009,1 | 1008,5 | 5,3   | 3,8  | 9,9   | 999,9 | 86,7 | 75,2 | 0.00B | 999,9 | 010000 |

Penjelasan pada masing-masing kolom dalam Tabel 4.6 diatas adalah sebagai berikut:

- **STN**  
STN menunjukkan nomor stasiun untuk lokasi pengambilan data. Untuk stasiun Perak, bernomor 969330.
- **WBAN**  
WBAN yang merupakan singkatan dari *Weather Bureau Airforce Navy* adalah nomor historis WBAN itu sendiri.

- YEARMODA  
YEARMODA menunjukkan tanggal data diobservasi.
- TEMP  
TEMP merupakan rata-rata temperatur udara.
- DEWP  
DEWP merupakan rata-rata titik embun.
- SLP  
SLP merupakan rata-rata tekanan air laut.
- STP  
STP merupakan rata-rata tekanan udara.
- VISIB  
VISIB merupakan rata-rata jarak pandang yang bisa dilihat
- WDSP  
WDSP merupakan rata-rata kecepatan udara.
- MXSPD  
MXSPD merupakan nilai maksimal kecepatan angin berkelanjutan yang dilaporkan.
- GUST  
GUST merupakan nilai maksimal hembusan angin yang dilaporkan.
- MAX  
MAX merupakan nilai maksimal temperatur udara yang dilaporkan.
- MIN  
MIN merupakan nilai minimal temperatur udara yang dilaporkan
- PRCP  
PRCP merupakan total curah hujan yang dilaporkan
- SNDP  
SNDP merupakan kedalaman salju yang dilaporkan
- FRSHTT  
FRSHTT merupakan indikator kondisi cuaca.
  - F = Kabut
  - R = Hujan atau Gerimis
  - S = Salju

- H = Hujan Es
- T = Guntur
- T = Tornado

Dari kolom-kolom yang disediakan oleh website NOAA, dilakukan penghapusan kolom yang tidak digunakan, yaitu STN, WBAN, YEARMODA, MXSPD, GUST, MAX, MIN, dan SNDP. Sehingga didapatkan kolom-kolom seperti yang ditunjukkan oleh Tabel 4.7.

*Tabel 4.7 Data setelah Kolom Dihapus*

| TEMP  | DP    | SLP    | STP    | VIS   | WS    | PR   | FRSHTT |
|-------|-------|--------|--------|-------|-------|------|--------|
| 27,72 | 24,33 | 1008,1 | 1007,5 | 9,33  | 3,70  | 0,12 | 010000 |
| 29,78 | 24,72 | 1009,2 | 1008,5 | 9,65  | 1,48  | 0    | 000000 |
| 29,50 | 24,72 | 1008,5 | 1007,8 | 10,46 | 2,59  | 0    | 000000 |
| 28,17 | 24,17 | 1007,9 | 1007,2 | 9,17  | 3,70  | 0,14 | 010000 |
| 27,94 | 24,17 | 1008,8 | 1008,2 | 8,69  | 2,41  | 1,81 | 010010 |
| 27,50 | 23,56 | 1008,8 | 1008,3 | 7,56  | 5,19  | 1,22 | 010010 |
| 26,94 | 23,83 | 1009,1 | 1008,5 | 8,53  | 7,04  | 0    | 010000 |
| 27,44 | 23,72 | 1009,9 | 1009,2 | 8,53  | 4,26  | 0,08 | 000000 |
| 26,44 | 23,22 | 1010,1 | 1009,4 | 7,88  | 10,56 | 0,24 | 010000 |

Sementara itu nilai-nilai yang terdapat dalam kolom FRSHTT, dipisah berdasarkan karakter-karakter yang terdapat dalam kolom FRSHTT. Dan nilai sekaligus karakter yang mewakili nama *Kabut*, *Salju*, *Hujan Es*, dan *Tornado* dihapus karena nilai-nilai yang mewakili karakter tersebut tidak berpengaruh terhadap kondisi cuaca di kota Surabaya. Selain itu juga ditambahkan kolom *Sunny* yang mengindikasikan cuaca cerah. Sehingga kolom FRSHTT dipecah menjadi Tabel 4.8. Berdasarkan jumlah node output yang ada, output dari prediksi dapat dikategorikan seperti Tabel 4.8 tunjukkan

Tabel 4.8 Contoh FRSHTT yang sudah Dipecah

| RAIN | THUNDER | SUNNY | KONDISI     |
|------|---------|-------|-------------|
| 0    | 0       | 1     | CERAH       |
| 0    | 0       | 1     | CERAH       |
| 1    | 0       | 0     | HUJAN       |
| 1    | 1       | 0     | HUJAN DERAS |
| 1    | 1       | 0     | HUJAN DERAS |
| 1    | 0       | 0     | HUJAN       |
| 1    | 0       | 0     | HUJAN       |

### 4.3. Perancangan Model *Neural Network*

Pada bagian ini dilakukan perancangan pada model *Neural Network* yang akan digunakan dalam prediksi kondisi cuaca kota Surabaya menggunakan tools RStudio.

#### 4.3.1. Pembagian Data

Hasil data yang didapatkan dari website NOAA adalah data mengenai temperatur udara, titik embun, tekanan air laut, tekanan udara, jarak pandang, kecepatan angin, curah hujan, dan kondisi cuaca kota Surabaya di stasiun Perak dengan rentang tahun dari 1 Januari 2010 sampai dengan 31 Desember 2017. Data tersebut dapat dilihat dalam Lampiran A

Kemudian data tersebut dibagi menjadi data *training* dan data *testing* dengan rasio 70%:30%. Jumlah data yang ada adalah sebanyak 2.223 buah, data *training* berisi data cuaca dari tanggal 1 Januari 2010 – 28 April 2014 dengan jumlah data sebanyak 1.556 buah dan data *testing* berisi data cuaca dari tanggal 29 April 2014 – 30 Desember 2017 dengan jumlah data sebanyak 667 buah.

### 4.3.2. Model Neural Network

Pada penelitian tugas akhir ini, uji coba dilakukan terhadap model *neural network* untuk mendapatkan model yang terbaik. Model *neural network* dikatakan terbaik apabila memiliki nilai akurasi terbesar. Untuk memperoleh model yang terbaik, perlu dilakukan perubahan terhadap variable input layer, jumlah node hidden layer, dan beberapa parameter lainnya. Perubahan dilakukan sebanyak tiga kali pada tiap perubahan parameternya.

### 4.3.3. Penetapan Variabel Input Layer

Pada penelitian tugas akhir ini, variabel input layer berisi data mengenai temperatur udara, titik embun, tekanan air laut, tekanan udara, jarak pandang, kecepatan angin, dan curah hujan. Maka dari itu, jumlah variabel input layer pada penelitian tugas akhir ini adalah sebanyak 7 buah. Disamping itu, pada penelitian tugas akhir ini juga menggunakan beberapa periode variabel input layer. Yang mana periode yang dimaksud adalah jumlah periode sebelumnya yang digunakan yang mana tiap periode mengandung 7 node input layer. Periode 1 berarti menggunakan 1 periode sebelumnya dan node input layer berjumlah 7 buah, periode 2 berarti menggunakan 2 periode sebelumnya dan node input layer berjumlah 14 buah, periode 3 berarti menggunakan 3 periode sebelumnya dan node input layer berjumlah 21, dan begitu seterusnya hingga mendapatkan nilai akurasi terbesar.

### 4.3.4. Penetapan Node Hidden Layer

Jumlah node hidden layer yang digunakan akan berpengaruh terhadap performa model yang dihasilkan. Maka dari itu, dalam penelitian tugas akhir ini dilakukan penetapan jumlah node hidden layer yang digunakan. Variasi jumlah node hidden layer yang digunakan adalah sebanyak  $n$  sampai dengan  $n*3$ , dimana  $n$  adalah jumlah node input layer yang digunakan.

#### 4.3.5. Penentuan Parameter

Dalam membuat model *neural network*, ada beberapa parameter yang mempengaruhi performa model. Beberapa parameter yang digunakan dalam penelitian ini yang digunakan untuk mencari nilai akurasi yang paling besar. Parameter yang digunakan dalam penelitian tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

- a) Fungsi Kerugian (*Loss Function*)  
Pada penelitian ini, *loss function* yang digunakan adalah *absolute*.
- b) Fungsi Aktivasi (*Activation Function*)  
Pada penelitian ini, *activation function* yang digunakan adalah *sigmoid*.
- c) Tipe Pengoptimasi (*Type of Optimizer*)  
Pada penelitian ini, *type of optimizer* yang digunakan adalah *sgd (stochastic gradient descent)*.
- d) Fungsi Tingkat Pembelajaran (*Learning Rate Function*)  
Penetapan *learning rate* yang digunakan yaitu menggunakan *trial and error* yaitu dari rentang 0,1 sampai dengan 0,9 dengan interval 0,1.
- e) Fungsi Momentum (*Momentum Function*)  
Penetapan *momentum* yang digunakan yaitu menggunakan *trial and error* yaitu dari rentang 0,1 sampai dengan 0,9 dengan interval 0,1.

Untuk lebih jelasnya dalam penentuan parameter dan jumlah node *hidden layer* yang digunakan dalam penelitian tugas akhir ini dapat dilihat pada Tabel 4.9

Tabel 4.9 Penentuan Parameter dan Node Hidden Layer

| Jenis Parameter                             | Jumlah  | Keterangan                                       |
|---|---------|--|
| Jumlah <i>Node</i> pada <i>Hidden Layer</i> | $n-n*3$ | Dengan $n$ adalah jumlah node <i>input layer</i> |

| Jenis Parameter                                | Jumlah | Keterangan                                  |
|--|--------|---|
| Fungsi Kerugian ( <i>loss function</i> )       | 1      | <i>absolute</i>                             |
| Fungsi Aktivasi ( <i>activation function</i> ) | 1      | <i>sigmoid</i>                              |
| Tipe Pengoptimasi ( <i>type of optimizer</i> ) | 1      | <i>sgd (stochastic gradient descent)</i>    |
| Fungsi Momentum ( <i>momentum function</i> )   | 9      | 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5, 0.6, 0.7, 0.8, 0.9 |
| Fungsi Learnrate ( <i>learnrate function</i> ) | 9      | 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5, 0.6, 0.7, 0.8, 0.9 |

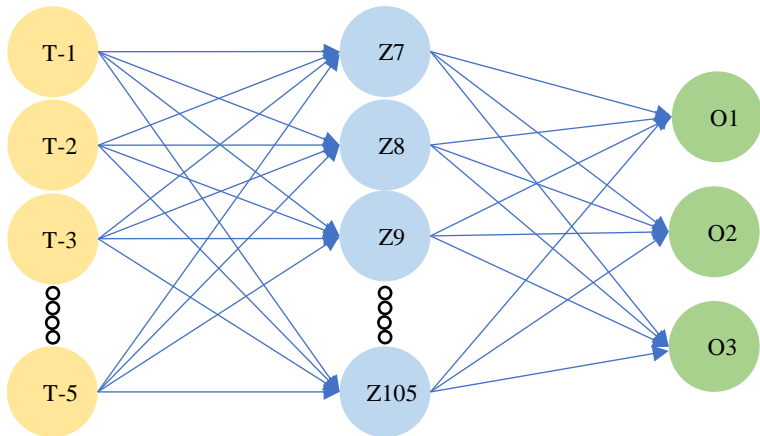


## BAB V IMPLEMENTASI

Pada bab ini akan dijelaskan mengenai implementasi dari model *Artificial Neural Network* terhadap prediksi kondisi cuaca kota Surabaya. Pada bab ini akan dijelaskan pula mengenai pencarian model yang paling optimal dalam melakukan prediksi kondisi cuaca kota Surabaya.

### 5.1. Pembuatan Model Artificial Neural Network

Pada penelitian tugas akhir ini, model *Artificial Neural Network* terdiri dari input layer yang berisi satu set data dari temperatur udara, titik embun, tekanan air laut, tekanan udara, jarak pandang, kecepatan angin, dan curah hujan. Satu hidden layer yang tiap nodenya berfungsi untuk mengaktivasi input dari input layer. Dan 3 node output layer yang berisi kode kondisi cuaca. Model *Artificial Neural Network* yang digunakan dalam penelitian tugas akhir ini dapat dilihat pada Gambar 5.1



Gambar 5.1 Model Artificial Neural Network

Pada data yang telah diolah pada fase praproses data sebelumnya, data tersebut kemudian dibagi menjadi beberapa periode. Dan pada tiap periode tersebut, data dibagi lagi menjadi 2 bagian dengan perbandingan 70% untuk data training

dan 30% untuk data testing. Periode adalah jumlah penggunaan n set data input sebelumnya (t-n) untuk menghasilkan suatu output. Satu periode adalah penggunaan 1 data set input sebelumnya, dua periode adalah penggunaan 2 data set input sebelumnya, begitu pula tiga periode dan seterusnya.

### 5.1.1. Periode 1

Pada Periode 1, data input yang digunakan adalah 1 set data temperatur udara, titik embun, tekanan air laut, tekanan udara, jarak pandang, kecepatan angin, dan curah hujan. Dengan outputnya adalah kode kondisi cuaca. Pembagian data input dan data output dapat dilihat pada Tabel 5.1. Parameter yang digunakan pada periode 1 ini adalah 15 buah node hidden layer (dari 7 sampai dengan 21), 1 *loss function* yaitu *absolute*, 1 *activation function* yaitu *sigmoid*, 1 buah *type of optimizer* yaitu *sgd (stochastic gradient descent)*, 9 buah *learning rate* (dari 0,1 sampai dengan 0,9), 9 buah *momentum* (dari 0,1 sampai dengan 0,9), dan percobaan tiap model dilakukan sebanyak 3 kali perulangan. Sehingga model *Artificial Neural Network* yang terbentuk adalah sebanyak  $15 \times 1 \times 1 \times 1 \times 9 \times 9 \times 3 = 3645$  buah model.

Data input 1 = 1 Januari 2010 – 26 Desember 2017

Data output = 2 Januari 2010 – 30 Desember 2017

Tabel 5.1 Data pada Periode 1

| TP    | DP    | SLP    | STP    | VIS   | WS   | PR   | OUTPUT |     |     |
|-------|-------|--------|--------|-------|------|------|--------|-----|-----|
| 27,72 | 24,33 | 1008,1 | 1007,5 | 9,33  | 3,7  | 0,12 | 0      | 0   | 1   |
| 29,78 | 24,72 | 1009,2 | 1008,5 | 9,65  | 1,48 | 0    | 0      | 0   | 1   |
| 29,50 | 24,72 | 1008,5 | 1007,2 | 10,46 | 2,59 | 0    | 1      | 0   | 0   |
| 28,17 | 24,17 | 1007,9 | 1007,2 | 9,17  | 3,70 | 0,14 | 1      | 1   | 0   |
| ...   | ...   | ...    | ...    | ...   | ...  | ...  | ...    | ... | ... |
| ...   | ...   | ...    | ...    | ...   | ...  | ...  | ...    | ... | ... |
| 29,28 | 23,72 | 1005,9 | 1005,6 | 9,81  | 1,85 | 0    | 0      | 0   | 1   |
| 29,06 | 22,78 | 1005,8 | 1005,5 | 10,3  | 5,0  | 0    | 1      | 0   | 0   |
| 29,83 | 24,89 | 1005,6 | 1005,3 | 9,01  | 8,89 | 0,08 | 0      | 0   | 1   |
| 28,28 | 24,56 | 1007,5 | 1007,1 | 8,69  | 7,96 | 0    | 1      | 0   | 0   |

### 5.1.2. Periode 2

Pada Periode 2, data input yang digunakan adalah 2 set data temperatur udara, titik embun, tekanan air laut, tekanan udara, jarak pandang, kecepatan angin, dan curah hujan. Dengan outputnya adalah kode kondisi cuaca. Pembagian data input dan data output dapat dilihat pada Tabel 5.2. Parameter yang digunakan pada periode 2 ini adalah 29 buah node hidden layer (dari 14 sampai dengan 42), 1 loss function yaitu absolute, 1 activation function yaitu sigmoid, 1 buah type of optimizer yaitu sgd (stochastic gradient descent), 9 buah learning rate (dari 0,1 sampai dengan 0,9), 9 buah momentum (dari 0,1 sampai dengan 0,9), dan percobaan tiap model dilakukan sebanyak 3 kali perulangan. Sehingga model Artificial Neural Network yang terbentuk adalah sebanyak  $29 \times 1 \times 1 \times 1 \times 9 \times 9 \times 3 = 7047$  buah model.

Data input 1 = 1 Januari 2010 – 25 Desember 2017

Data input 2 = 2 Januari 2010 – 26 desember 2017

Data output = 3 Januari 2010 – 30 Desember 2017

*Tabel 5.2 Data pada Periode 2*

| TP1   | TP2   | DP1   | DP2   | ... | PR1  | PR2  | OUTPUT |     |     |
|-------|-------|-------|-------|-----|------|------|--------|-----|-----|
| 27,72 | 29,78 | 24,33 | 25,28 | ... | 0,12 | 0    | 0      | 0   | 1   |
| 29,78 | 29,50 | 25,28 | 24,72 | ... | 0    | 0    | 1      | 0   | 0   |
| 29,50 | 28,17 | 24,72 | 24,72 | ... | 0    | 0,14 | 1      | 1   | 0   |
| 28,17 | 28,94 | 24,72 |       | ... | 0,14 |      |        |     |     |
| ...   | ...   | ...   | ...   | ... | ...  | ...  | ...    | ... | ... |
| 28,33 | 27,11 | 24,33 | 24,06 | ... | 0    | 0,12 | 0      | 0   | 1   |
| 27,11 | 29,28 | 24,06 | 23,72 | ... | 0,12 | 0    | 0      | 0   | 1   |
| 29,28 | 29,06 | 23,72 | 22,78 | ... | 0    | 0    | 1      | 0   | 0   |
| 29,06 | 29,83 | 22,78 | 24,89 | ... | 0    | 0,08 | 0      | 0   | 1   |
| 29,83 | 28,28 | 24,89 | 24,56 | ... | 0,08 | 0    | 1      | 0   | 0   |

### 5.1.3. Periode 3

Pada Periode 3, data input yang digunakan adalah 3 set data temperatur udara, titik embun, tekanan air laut, tekanan udara, jarak pandang, kecepatan angin, dan curah hujan. Dengan outputnya adalah kode kondisi cuaca. Parameter yang

digunakan pada periode 3 ini adalah 42 buah node hidden layer (dari 21 sampai dengan 62), 1 loss function yaitu absolute, 1 activation function yaitu sigmoid, 1 buah type of optimizer yaitu sgd (stochastic gradient descent), 9 buah learning rate (dari 0,1 sampai dengan 0,9), 9 buah momentum (dari 0,1 sampai dengan 0,9), dan percobaan tiap model dilakukan sebanyak 3 kali perulangan. Sehingga model Artificial Neural Network yang terbentuk adalah sebanyak  $43 \times 1 \times 1 \times 1 \times 9 \times 9 \times 3 = 10.449$  buah model.

Data input 1 = 1 Januari 2010 – 24 Desember 2017

Data input 2 = 2 Januari 2010 – 25 Desember 2017

Data input 3 = 3 Januari 2010 – 26 Desember 2017

Data output = 4 Januari 2010 – 30 Desember 2017

#### **5.1.4. Periode 4**

Pada Periode 4, data input yang digunakan adalah 4 set data temperatur udara, titik embun, tekanan air laut, tekanan udara, jarak pandang, kecepatan angin, dan curah hujan. Dengan outputnya adalah kode kondisi cuaca. Parameter yang digunakan pada periode 4 ini adalah 57 buah node hidden layer (dari 28 sampai dengan 84), 1 loss function yaitu absolute, 1 activation function yaitu sigmoid, 1 buah type of optimizer yaitu sgd (stochastic gradient descent), 9 buah learning rate (dari 0,1 sampai dengan 0,9), 9 buah momentum (dari 0,1 sampai dengan 0,9), dan percobaan tiap model dilakukan sebanyak 3 kali perulangan. Sehingga model Artificial Neural Network yang terbentuk adalah sebanyak  $57 \times 1 \times 1 \times 1 \times 9 \times 9 \times 3 = 13.851$  buah model.

Data input 1 = 1 Januari 2010 – 23 Desember 2017

Data input 2 = 2 Januari 2010 – 24 Desember 2017

Data input 3 = 3 Januari 2010 – 25 Desember 2017

Data input 4 = 4 Januari 2010 – 26 Desember 2017

Data output = 5 Januari 2010 – 30 Desember 2017

### 5.1.5. Periode 5

Pada Periode 5, data input yang digunakan adalah 5 set data temperatur udara, titik embun, tekanan air laut, tekanan udara, jarak pandang, kecepatan angin, dan curah hujan. Dengan outputnya adalah kode kondisi cuaca. Parameter yang digunakan pada periode 5 ini adalah 71 buah node hidden layer (dari 35 sampai dengan 105), 1 loss function yaitu absolute, 1 activation function yaitu sigmoid, 1 buah type of optimizer yaitu sgd (stochastic gradient descent), 9 buah learning rate (dari 0,1 sampai dengan 0,9), 9 buah momentum (dari 0,1 sampai dengan 0,9), dan percobaan tiap model dilakukan sebanyak 3 kali perulangan. Sehingga model Artificial Neural Network yang terbentuk adalah sebanyak  $71 \times 1 \times 1 \times 1 \times 9 \times 3 = 17.253$  buah model.

Data input 1 = 1 Januari 2010 – 19 Desember 2017

Data input 2 = 2 Januari 2010 – 23 Desember 2017

Data input 3 = 3 Januari 2010 – 24 Desember 2017

Data input 4 = 4 Januari 2010 – 25 Desember 2017

Data input 5 = 5 Januari 2010 – 26 Desember 2017

Data output = 6 Januari 2010 – 30 Desember 2017

## 5.2. Penerapan Model Artificial Neural Network

Pembuatan model *Artificial Neural Network*, dilakukan dengan membuat *script* dalam Bahasa R. Dengan tujuan untuk mengubah parameter yang telah ditentukan secara otomatis. Sehingga didapatkan model *Artificial Neural Network* yang optimal. *Script* dijalankan dalam perangkat lunak RStudio. Hasilnya akan keluar dalam bentuk ringkasan file yang berekstensi .xlsx. Parameter yang diubah-ubah ditunjukkan pada Script 5.1.

```
#Membuat dataframe kosong
framedata <- data.frame(Model=character(0), Akurasi=double(0))

#Membuat model ANN
#Menginisiasi Parameter
validasi <- c(1:3)
HL <- c(7:21)
LR <- c(0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5, 0.6, 0.7, 0.8, 0.9)
Momentum <- c(0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5, 0.6, 0.7, 0.8, 0.9)
```

Script 5.1 Perubahan Parameter

Penjelasan dari Script 5.1 dapat dilihat pada Tabel 5.3

Tabel 5.3 Penjelasan Script Perubahan Parameter

| Fungsi     | Penjelasan   |
|------------|--|
| Framedata  | Menginisiasi variabel framedata yang bertipe <i>dataframe</i> dan berisi kolom Model dan Akurasi. Variabel ini yang akan digunakan untuk menyimpan hasil akurasi |
| data.frame | Sebuah fungsi yang digunakan untuk membuat <i>dataframe</i>  |
| Model      | Membuat kolom bernama Model untuk menyimpan nama model <i>artificial neural network</i> yang dibuat dengan bertipe <i>character</i>                              |
| Akurasi    | Membuat kolom bernama Akurasi untuk menyimpan hasil akurasi model <i>artificial neural network</i> yang dibuat dengan bertipe <i>double</i>                      |
| validasi   | Menginisiasi variabel validasi dengan vektor yang berisi 1 sampai dengan 3   |
| HL         | Menginisiasi variabel HL ( <i>Hidden Layer</i> ) dengan vektor yang berisi n sampai dengan 3n (n adalah jumlah node input)                                       |

| Fungsi   | Penjelasan  |
|----------|---|
| LR       | Menginisiasi variabel LR ( <i>Learning Rate</i> ) dengan vektor yang berisi 0,1 sampai dengan 0,9 dengan interval 0,1 |
| Momentum | Menginisiasi variabel Momentum dengan vektor yang berisi 0,1 sampai dengan 0,9 dengan interval 0,1                    |

Selanjutnya *script* yang berguna untuk membuat model *Artificial neural Network* dengan parameter yang sudah ditentukan dan melakukan proses training data ditunjukkan dengan dengan Script 5.2

```
#Membuat model
ModelNN <- neuralnetwork(x = exp.var,
  y = dep.var,
  hidden.layers = b,
  regression = TRUE,
  standardize = TRUE,
  loss.type = 'absolute',
  activ.functions = 'sigmoid',
  optim.type = 'sgd',
  learn.rates = c,
  sgd.momentum = d,
  n.epochs = 250,
  verbose = TRUE)
```

Script 5.2 Membuat Model ANN

Penjelasan dari Script 5.2 dapat dilihat pada Tabel 5.4

Tabel 5.4 Penjelasan Script Membuat Model ANN

| Fungsi        | Penjelasan   |
|---------------|--|
| ModelNN       | Membuat variabel yang bernama ModelNN yang berisi model <i>artificial neural network</i> |
| Neuralnetwork | Membentuk model <i>artificial neural network</i>   |

| Fungsi          | Penjelasan  |
|-----------------|---|
| X               | Memanggil dan membaca <i>explanatory variable</i> yang digunakan sebagai node input pada pembentukan model <i>artificial neural network</i> |
| exp.var         | Variabel yang berisi node input   |
| y               | Memanggil dan membaca <i>dependent variable</i> yang digunakan sebagai output pada pembentukan model <i>artificial neural network</i>       |
| dep.var         | Variabel yang berisi node output  |
| hidden.layer    | Menentukan jumlah node hidden layer yang digunakan  |
| regression      | Menentukan apakah model yang dibuat untuk regresi atau klasifikasi  |
| standardize     | Menentukan apakah variabel yang digunakan distandarisasi terlebih dahulu atau tidak sebelum melakukan training                              |
| loss.type       | Menentukan <i>loss function</i> yang digunakan dalam membentuk model <i>artificial neural network</i>                                       |
| activ.functions | Menentukan <i>activation function</i> yang digunakan di hidden layer  |
| optim.type      | Menentukan <i>type of optimization</i> yang digunakan untuk mengupdate parameter  |
| learn.rate      | Menentukan besarnya langkah-langkah yang harus dibuat dalam <i>gradient descent</i>   |
| sgd.momentum    | Menentukan seberapa besar momentum yang digunakan   |



| Fungsi  | Penjelasan  |
|---------|---|
| n.epoch | Menentukan total epoch yang akan digunakan pada model <i>neural network</i>   |
| verbose | Menentukan apakah informasi tambahan dalam melakukan pembentukan dan pelatihan model harus diperlihatkan atau tidak |

Berikutnya adalah membuat *script* yang berguna untuk memprediksi data testing dengan menggunakan model *artificial neural network* yang telah dibuat. Dan juga membuat tabel perbandingan yang digunakan untuk menghitung akurasi. Algoritma tersebut ditulis dalam Script 5.3.

```
#Memprediksi data testing menggunakan model yang sudah dibuat
CuacaPredict <- predict(ModelNN, newdata = exp.var.test)

#Membuat tabel perbandingan dan menghitung akurasi
hasil <- data.frame(actual = dep.var.test,
                    prediction = round(CuacaPredict$prediction))
acc <- mean(hasil$actual.Rain == hasil$prediction.Rain &
            hasil$actual.Thunder == hasil$prediction.Thunder &
            hasil$actual.Sunny == hasil$prediction.Sunny) * 100
```

Script 5.3 Prediksi Menggunakan Model ANN

Penjelasan Script 5.3 dapat dilihat dalam Tabel 5.5

Tabel 5.5 Penjelasan Script Prediksi Menggunakan ANN

| Fungsi       | Penjelasan  |
|--------------|---|
| CuacaPredict | Menginisiasi variabel CuacaPredict yang berisi prediksi dari data testing                                   |
| predict      | Memanggil dan memprediksi data testing menggunakan model <i>artificial neural network</i> yang telah dibuat |

| Fungsi                          | Penjelasan   |
|---------------------------------|--|
| ModelINN                        | Model <i>artificial neural network</i> yang digunakan dalam memprediksi data testing                             |
| newdata                         | Memanggil dan menginisiasi data testing yang akan digunakan dalam prediksi                                       |
| exp.var.test                    | Data testing yang digunakan  |
| hasil                           | Menginisiasi variabel hasil yang berbentuk <i>dataframe</i> dan berisi kolom <i>actual</i> dan <i>prediction</i> |
| data.frame                      | Sebuah fungsi yang digunakan untuk membuat <i>dataframe</i>  |
| actual                          | Kolom yang berisi output data aktual   |
| dep.var.test                    | Nilai-nilai output data yang aktual  |
| prediction                      | Kolom yang berisi output data prediksi   |
| round(CuacaPredict\$prediction) | Nilai-nilai output data yang prediksi yang telah dibulatkan  |
| acc                             | Menginisiasi variabel acc yang berisi akurasi dari model <i>artificial neural network</i> yang telah dibuat      |
| mean                            | Sebuah fungsi yang memangkas ( <i>trim</i> ) nilai   |

| Fungsi | Penjelasan   |
|--------|--|
|        | yang bernilai true lalu membaginya dengan banyaknya nilai yang digunakan |

Langkah selanjutnya adalah mengubah output yang ada ke dalam kelas kondisi cuaca kota Surabaya. Lalu menghitung *precision* dan *recall* dari masing-masing model terbaik menurut periodenya. Proses ini diterapkan dalam Script 5.4.

```
DataF1 <- data.frame(Aktual=character(0))
DataF2 <- data.frame(Prediksi=character(0))
row <- c(1:nrow(hasil))

for (r in row) {
  ifelse(hasil$actual.Sunny[r]==1,
    DataF1 <- rbind(DataF1, data.frame(Aktual="Cerah")),
    ifelse(
      (hasil$actual.Rain[r]==1) & (hasil$actual.Thunder[r]==1),
      DataF1 <- rbind(DataF1, data.frame(Aktual="Hujan Deras")),
      DataF1 <- rbind(DataF1, data.frame(Aktual="Hujan"))
    ))
}

for (r in row) {
  ifelse(hasil$prediction.Sunny[r]==1,
    DataF2 <- rbind(DataF2, data.frame(Prediksi="Cerah")),
    ifelse(
      (hasil$prediction.Rain[r]==1) & (hasil$prediction.Thunder[r]==1),
      DataF2 <- rbind(DataF2, data.frame(Prediksi="Hujan Deras")),
      DataF2 <- rbind(DataF2, data.frame(Prediksi="Hujan"))
    ))
}

confusionMatrix(DataF2$Prediksi, DataF1$Aktual,
  dnn = c("Prediksi", "Aktual"),
  mode = "prec_recall")
```

*Script 5.4 Perhitungan Precision dan Recall*

Penjelasan mengenai Script 5.4 dapat dilihat pada Tabel 5.6

*Tabel 5.6 Penjelasan Script Precision dan recall*

| Fungsi | Penjelasan   |
|--------|--|
| DataF1 | Menginisiasi variabel DataF1 yang berbentuk <i>dataframe</i> dan berisi kolom Aktual yang bertipe <i>character</i> |

| Fungsi           | Penjelasan   |
|------------------|--|
| DataF2           | Menginisiasi variabel DataF2 yang berbentuk <i>dataframe</i> dan berisi kolom Prediksi yang bertipe <i>character</i>                 |
| data.frame       | Sebuah fungsi yang digunakan untuk membuat <i>dataframe</i>  |
| row              | Menginisiasi variabel bernama row yang bertipe vektor dan berisi angka 1 sampai dengan jumlah baris dari tabel hasil                 |
| for              | Fungsi yang melakukan iterasi dari variabel row  |
| ifelse           | Fungsi yang mengubah output mentah menjadi kelas “Cerah”, “Hujan”, atau “Hujan Deras”  |
| rbind(DataF1)    | Fungsi yang bertugas menyisipkan satu kolom ke dalam tabel DataF1 yang berisi output aktual  |
| rbind(DataF2)    | Fungsi yang bertugas menyisipkan satu kolom ke dalam tabel DataF2 yang berisi output prediksi  |
| confusionMatrix  | Fungsi yang membuat tabel <i>confusion matrix</i> dari tabel DataF1 yang berisi output aktual dan DataF2 yang berisi output prediksi |
| DataF2\$Prediksi | Memanggil kolom Prediksi pada tabel DataF2   |
| DataF1\$Aktual   | Memanggil kolom Aktual pada tabel DataF1   |
| dnn              | Sebuah vektor yang berisi <i>dimname</i> untuk tabel <i>confusion matrix</i>   |
| mode             | Fungsi yang menghitung luaran dari tabel <i>confusion matrix</i>   |

Selain itu ada script untuk menjalankan program tersebut dengan fungsi sebagai *nested looping*, yang bertujuan untuk membuat otomasi pada seluruh iterasi. Masing-masing parameter dan variabel sudah dijelaskan pada Script 5.5.

```
#Pergantian validasi
for (a in validasi) {
  #Pergantian jumlah node hidden layer
  for (b in HL) {
    #Pergantian learning rate
    for (c in LR) {
      #Pergantian momentum
      for (d in Momentum) {
```

Script 5.5 Otomasi Iterasi

Penjelasan mengenai Script 5.5 dapat dilihat pada Tabel 5.7.

Tabel 5.7 Penjelasan Script Otomasi Iterasi

| Fungsi        | Penjelasan  |
|---------------|---|
| a in validasi | Menjalankan iterasi sebanyak jumlah validasi yang ditetapkan (3 kali)   |
| b in HL       | Menjalankan iterasi sebanyak jumlah node hidden layer yang ditetapkan   |
| c in LR       | Menjalankan iterasi sebanyak <i>learning rate</i> yang ditetapkan (0,1 sampai dengan 0,9 dengan interval sebesar 0,1) |
| d in Momentum | Menjalankan iterasi sebanyak <i>momentum</i> yang ditetapkan (0,1 sampai dengan 0,9 dengan interval sebesar 0,1)      |

Tahap terakhir adalah menyimpan hasil akurasi dari model *artificial neural network* yang dibentuk kedalam tabel dan

meng-*export* nya menjadi file .xlsx. proses ini diterapkan pada Script 5.6.

```
#Memasukkan hasil model dan akurasi ke dalam dataframe
framedata <- rbind(framedata,
                   data.frame(Model=paste(a, b, c, d, sep = "_"),
                              Akurasi=acc))

write.xlsx2(framedata,
            file = "E:/NRD/ITS/Tugas Akhir/ANN/Periode 2.xlsx",
            sheetName = "sheet1")
```

Script 5.6 Mengexport File

Penjelasan mengenai Script 5.6 dapat dilihat pada Tabel 5.8

Tabel 5.8 Penjelasan Script Mengexport File

| Fungsi      | Penjelasan   |
|-------------|--|
| framedata   | Meng- <i>update</i> tabel framedata dengan menyisipkan baris baru yang berisi nama Model dan hasil Akurasi model <i>artificial neural network</i>  |
| rbind       | Fungsi yang bertugas menyisipkan baris baru ke dalam tabel framedata yang berisi nama Model dan hasil Akurasi model <i>artificial neural network</i>                                       |
| paste       | Fungsi yang berisi menulis nama Model sesuai dengan urutan iterasi model (a untuk validasi, b untuk jumlah node hidden layer, c untuk <i>learning rate</i> , dan d untuk <i>momentum</i> ) |
| write.xlsx2 | Fungsi yang bertugas meng- <i>export</i> tabel ke dalam file yang berekstensi .xlsx  |
| framedata   | Tabel yang akan di- <i>export</i>  |
| file        | <i>Path</i> atau lokasi dimana file akan di- <i>export</i>   |

| Fungsi    | Penjelasan                            |
|-----------|---------------------------------------|
| sheetname | Nama <i>sheet</i> yang akan digunakan |

*Halaman ini sengaja dikosongkan*



## BAB VI HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini akan dijelaskan mengenai hasil dan pembahasan yang didapat setelah melakukan penelitian terhadap pencarian model *Artificial Neural Network* untuk memprediksi kondisi cuaca kota Surabaya.

### 6.1. Lingkungan Kerja Penelitian

Pada bagian ini akan dijelaskan mengenai lingkungan kerja yang digunakan dalam penelitian tugas akhir ini, baik perangkat keras maupun perangkat lunak. Adapun perangkat keras yang digunakan adalah laptop dan computer dengan spesifikasi yang dijelaskan dalam Tabel 6.1. Sedangkan perangkat lunak yang digunakan beserta fungsinya dapat dilihat pada Tabel 6.2.

*Tabel 6.1 Perangkat Keras Penelitian*

| Perangkat Keras | Spesifikasi                               |
|-----------------|---|
| Jenis           | Laptop; PC                                |
| Processor       | Intel Core i3-3217U; Intel Core Duo E7500 |
| RAM             | 8 GB; 2GB                                 |
| VGA             | Nvidia GeForcce 740M; Intel HD Graphic    |
| Harddisk Drive  | 500 GB; 500GB                             |

*Tabel 6.2 Perangkat Lunak Penelitian*

| Perangkat Lunak            | Fungsi   |
|----------------------------|--|
| Windows 10                 | Sistem Operasi (OS)  |
| RStudio V1.1.463           | Menjalankan script, melakukan processing data, dan menghasilkan model <i>artificial neural network</i> |
| Microsoft Office Word 2016 | Menyusun buku laporan penelitian tugas akhir   |

| Perangkat Lunak             | Fungsi                    |
|-----------------------------|---------------------------|
| Microsoft Office Excel 2016 | Melakukan pra-proses data |
| Google Chrome               | Mencari informasi         |

## 6.2. Percobaan Model

Pada bagian ini akan dijelaskan mengenai proses dan hasil dari percobaan model yang dilakukan pada penelitian tugas akhir ini. Node input layer yang digunakan adalah dari 1 sampai dengan 5. Dengan tiap node berisi 7 variabel independent yang berbeda. Jika node input 1, maka variabel yang digunakan adalah sebanyak 7 variabel independent. Jika node input 2, maka variabel yang digunakan adalah sebanyak 14 variabel independent, dan begitu seterusnya sampai node input 5. Sedangkan untuk output layernya adalah sebanyak 3 buah untuk semua node input. Untuk mengetahui model yang terbaik, langkah pertama yang dilakukan adalah mencari akurasi terbesar dan mengetahui kombinasi parameter manakah yang menghasilkan tingkat akurasi tersebut. Lalu setelah itu, dilakukan perhitungan *precision* dan *recall* terhadap model tersebut. Jika ternyata memiliki *precision* dan *recall* yang nol maka model terbaik akan turun ke tingkat akurasi yang lebih kecil. Begitu seterusnya hingga menemukan tingkat akurasi terbesar dengan nilai *precision* dan *recall* yang tidak sama dengan nol.

### 6.2.1. Model dengan Periode 1

Pada periode 1, model *artificial neural network* yang terbentuk adalah sebanyak 3645 buah model. Dengan banyaknya variabel independent sebanyak 7 buah, sehingga node input layer sebanyak 7 buah. Hasil pada percobaan ini adalah tabel yang berisi tingkat akurasi dari masing-masing model yang dihasilkan. Tingkat akurasi pada Periode 1 yang sudah diurutkan dari yang terbesar dapat dilihat pada Tabel 6.3. Pada

Tabel 6.3, model dengan tingkat akurasi terbesar adalah model 2\_10\_0.3\_0.5 dengan tingkat akurasi sebesar 67.85%. Kode pada model tersebut mewakili parameter yang digunakan yaitu **a\_b\_c\_d**. Penjelasan mengenai kode pada model yang telah dibangun dijelaskan pada Tabel 6.4.

*Tabel 6.3 Model Terbaik Periode 1*

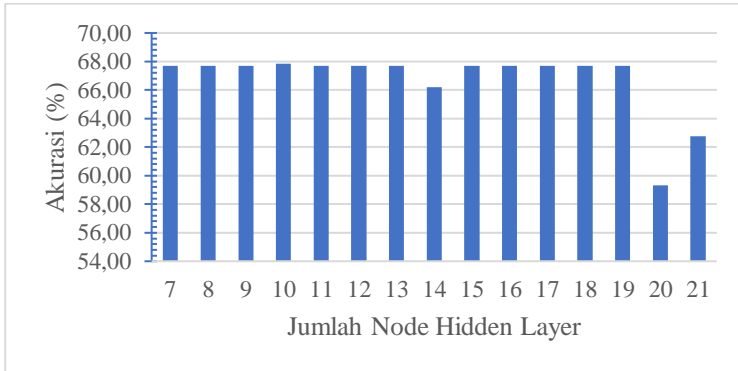
| Kode Model   | Tingkat Akurasi |
|--------------|-----------------|
| 2_10_0.3_0.5 | 67,85117852     |
| 1_12_0.3_0.3 | 67,70125349     |
| 2_7_0.3_0.1  | 67,55132845     |
| 2_14_0.2_0.7 | 66,20200311     |
| 2_17_0.1_0.1 | 65,45237792     |
| ...          | ...             |

*Tabel 6.4 Pengertian Kode Model*

| Kode Model | Pengertian                 | Nilai                                 |
|------------|----------------------------|---------------------------------------|
| a          | Iterasi validasi ke berapa | 1 sampai dengan 3                     |
| b          | Jumlah node hidden layer   | Sesuai dengan angka node hidden layer |
| c          | <i>learning rate</i>       | 0,1 sampai dengan 0,9                 |
| d          | <i>momentum</i>            | 0,1 sampai dengan 0,9                 |

Dengan adanya kode model tersebut, maka dapat dijadikan kombinasi dan dicari model yang terbaik. Kode model dengan akurasi terbesar adalah 2\_10\_0.3\_0.5 dengan tingkat akurasi sebesar 67,85% . Kode 2\_10\_0.3\_0.5 memiliki arti bahwa model berada pada iterasi validasi ke 2, dengan jumlah node hidden layer yang digunakan sebanyak 10 buah, dengan *learning rate* yang digunakan sebesar 0,3, dan dengan

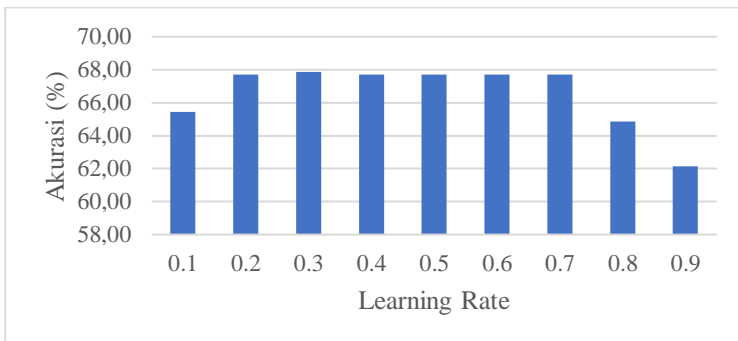
*momentum* yang digunakan sebesar 0,5. Pada Gambar 6.1 ditunjukkan perbandingan tingkat akurasi terbesar pada masing-masing jumlah node hidden layer.



Gambar 6.1 Perbandingan Tingkat Akurasi Periode 1 Berdasarkan Node Hidden Layer

Pada Gambar 6.1, dapat dilihat bahwa tingkat akurasi terbesar berada pada jumlah node hidden layer 10 dengan tingkat akurasi sebesar 77,85%. Sedangkan tingkat akurasi terkecil berada pada jumlah node hidden layer 20 sebesar 59,31%.

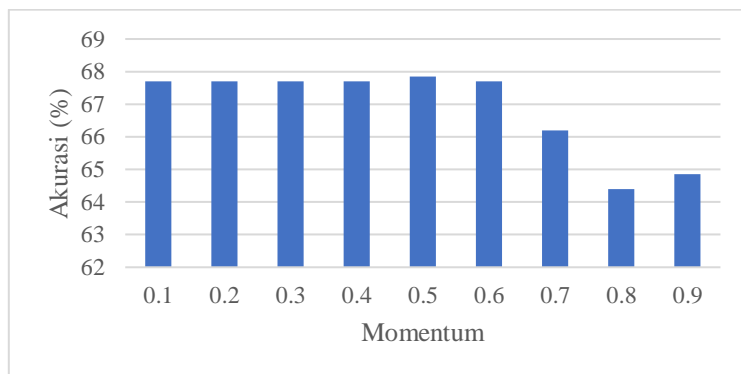
Kemudian pada Gambar 6.2 ditunjukkan perbandingan tingkat akurasi terbesar pada masing-masing model berdasarkan *learning rate* yang digunakan.



Gambar 6.2 Perbandingan Tingkat Akurasi Periode 1 Berdasarkan Learning Rate

Pada Gambar 6.2, dapat dilihat bahwa tingkat akurasi terbesar berada pada *learning rate* yang digunakan 0.3 dengan tingkat akurasi sebesar 67,85%. Sedangkan tingkat akurasi terkecil berada pada *learning rate* yang digunakan 0.9 dengan tingkat akurasi sebesar 62,15%.

Setelah itu pada Gambar 6.3, dijelaskan perbandingan tingkat akurasi terbesar pada masing-masing model berdasarkan *momentum* yang digunakan.



Gambar 6.3 Perbandingan Tingkat Akurasi Periode 1 Berdasarkan Momentum

Pada Gambar 6.3, dapat dilihat bahwa tingkat akurasi terbesar berada pada *momentum* yang digunakan 0.5 dengan tingkat akurasi sebesar 67,85%. Sedangkan tingkat akurasi terkecil berada pada *momentum* yang digunakan 0.8 dengan tingkat akurasi sebesar 64,40%.

### 6.2.2. Model dengan Periode 2

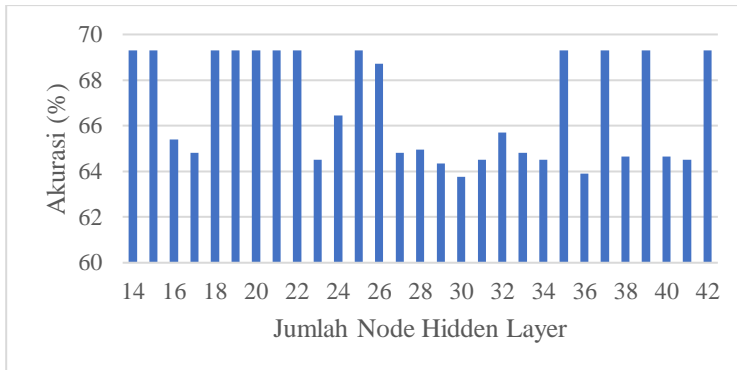
Pada periode 2, banyaknya variabel independen yang digunakan adalah sebanyak 14 buah. Maka dari itu, model *artificial neural network* yang terbentuk adalah sebanyak 7047 buah model. Sama seperti model dengan periode 1, hasil pada percobaan ini adalah tabel yang berisi tingkat akurasi dari masing-masing model yang dihasilkan. Tingkat akurasi yang

dihasilkan oleh model dengan periode 2 yang telah diurutkan dari yang terbesar dapat dilihat pada Tabel 6.5.

*Tabel 6.5 Model Terbaik Periode 2*

| Kode Model   | Tingkat Akurasi |
|--------------|-----------------|
| 1_20_0.2_0.3 | 69,3107259      |
| 3_26_0.1_0.1 | 68,7101253      |
| 3_26_0.1_0.2 | 67,6590743      |
| 1_25_0.1_0.2 | 66,9083235      |
| 1_24_0.1_0.2 | 66,4578731      |
| ...          | ...             |

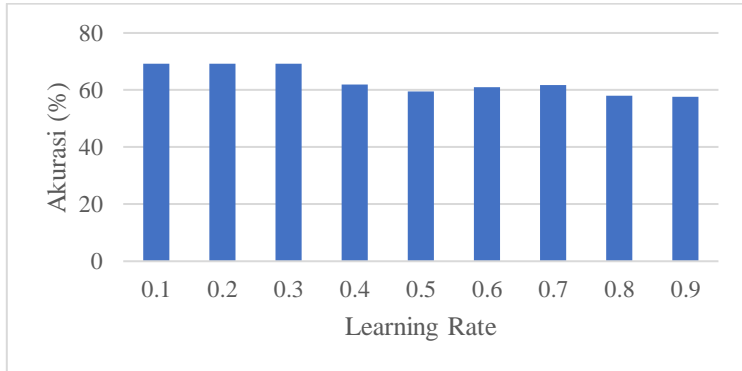
Dari Tabel 6.5, kode model yang memiliki tingkat akurasi terbesar adalah 1\_20\_0.2\_0.3 dengan tingkat akurasi sebesar 69,31%. Selanjutnya pada Gambar 6.4, ditunjukkan perbandingan tingkat akurasi terbesar pada masing-masing jumlah node hidden layer.



*Gambar 6.4 Perbandingan Tingkat Akurasi Periode 2 Berdasarkan Node Hidden Layer*

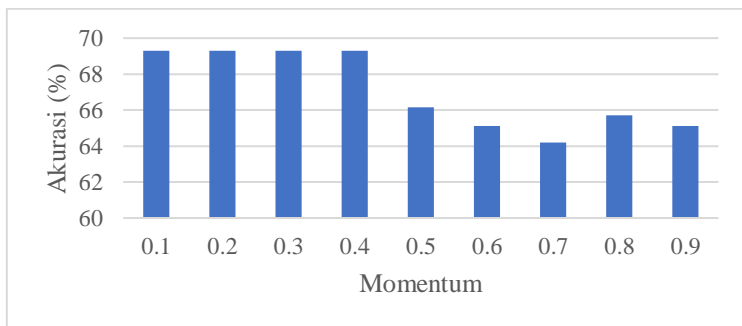
Pada Gambar 6.4, dapat dilihat bahwa tingkat akurasi terbesar berada pada jumlah node hidden layer 14, 15, 18, 19, 20, 21, 22, 25, 35, 37, 39, dan 42 dengan tingkat akurasi sebesar 69,31%. Sedangkan tingkat akurasi terkecil berada pada jumlah node hidden layer 30 dengan tingkat akurasi sebesar 63,75%.

Kemudian pada Gambar 6.5 ditunjukkan perbandingan tingkat akurasi terbesar pada masing-masing model berdasarkan *learning rate* yang digunakan.



Gambar 6.5 Perbandingan Tingkat Akurasi Periode 2 Berdasarkan *Learning Rate*

Pada Gambar 6.5, dapat dilihat bahwa tingkat akurasi terbesar berada pada *learning rate* yang digunakan 0,1, 0,2, dan 0,3 dengan tingkat akurasi sebesar 69.31%. Sedangkan tingkat akurasi terkecil berada pada *learning rate* yang digunakan 0,9 dengan tingkat akurasi sebesar 57.60%. Setelah itu pada Gambar 6.6, dijelaskan perbandingan tingkat akurasi terbesar pada masing-masing model berdasarkan *momentum* yang digunakan.



Gambar 6.6 Perbandingan Tingkat Akurasi Periode 2 Berdasarkan *Momentum*

Pada Gambar 6.6, dapat dilihat bahwa tingkat akurasi terbesar berada pada *momentum* yang digunakan 0.1, 0.2, 0.3, dan 0.4 dengan tingkat akurasi sebesar 69.31%. Sedangkan tingkat akurasi terkecil berada pada *momentum* yang digunakan 0.7 dengan tingkat akurasi sebesar 64.21%.

### 6.2.3. Model dengan Periode 3

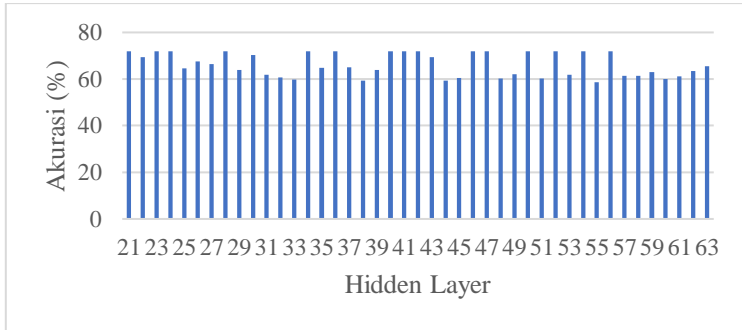
Pada periode 3, banyaknya variabel independen yang digunakan adalah sebanyak 21 buah. Maka dari itu, model *artificial neural network* yang terbentuk adalah sebanyak 10.449 buah model. Sama seperti periode sebelumnya, hasil pada percobaan ini adalah tabel yang berisi tingkat akurasi dari masing-masing model yang dihasilkan. Tingkat akurasi yang dihasilkan oleh model dengan periode 3 yang telah diurutkan dari yang terbesar dapat dilihat pada Tabel 6.6.

*Tabel 6.6 Model Terbaik Periode 3*

| Kode Model   | Tingkat Akurasi |
|--------------|-----------------|
| 1_21_0.2_0.2 | 71,85344359     |
| 2_30_0.1_0.2 | 70,20179194     |
| 1_22_0.1_0.2 | 69,30089104     |
| 1_26_0.1_0.1 | 67,64923939     |
| 2_22_0.1_0.1 | 67,49908924     |
| ...          | ...             |

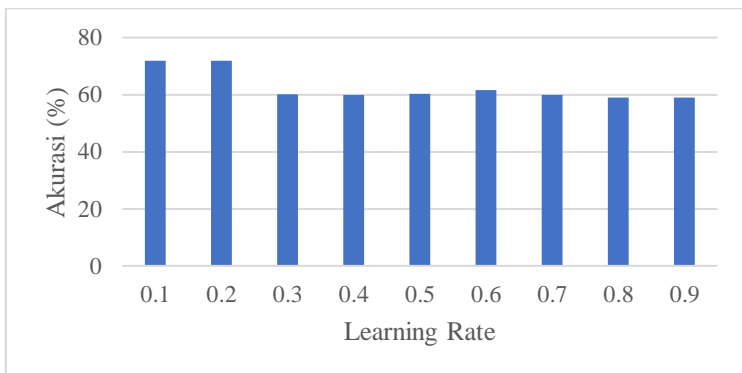
Dari Tabel 6.6, kode model yang memiliki tingkat akurasi terbesar adalah 1\_21\_0.2\_0.2 dengan tingkat akurasi sebesar 71,85%. Selanjutnya pada Gambar 6.7, ditunjukkan perbandingan tingkat akurasi terbesar pada masing-masing jumlah node hidden layer.





Gambar 6.7 Perbandingan Tingkat Akurasi Periode 3 Berdasarkan Node Hidden Layer

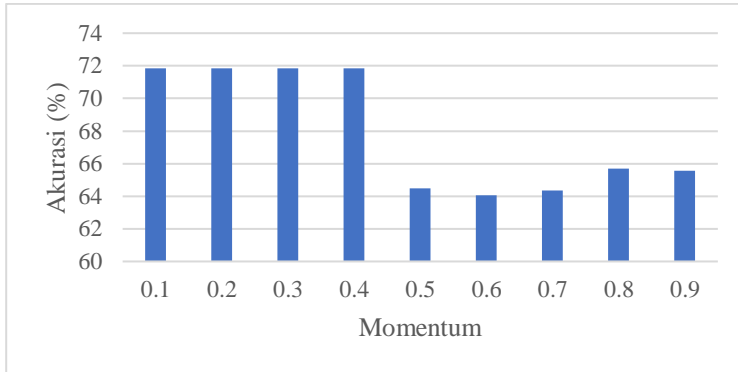
Pada Gambar 6.7, dapat dilihat bahwa tingkat akurasi terbesar berada pada jumlah node hidden layer 21, 23, 24, 28, 34, 36, 40, 41, 42, 46, 47, 50, 53, 54, dan 56 dengan tingkat akurasi sebesar 71,85%. Sedangkan tingkat akurasi terkecil berada pada jumlah node hidden layer 55 dengan tingkat akurasi sebesar 58,64%. Kemudian pada Gambar 6.8 ditunjukkan perbandingan tingkat akurasi terbesar pada masing-masing model berdasarkan *learning rate* yang digunakan.



Gambar 6.8 Perbandingan Tingkat Akurasi Periode 3 Berdasarkan Learning Rate

Pada Gambar 6.8, dapat dilihat bahwa tingkat akurasi terbesar berada pada *learning rate* yang digunakan 0.1 dan 0.2, dengan

tingkat akurasi sebesar 71,85%. Sedangkan tingkat akurasi terkecil berada pada *learning rate* yang digunakan 0,8 dan 0,9 dengan tingkat akurasi sebesar 58,94%. Setelah itu pada Gambar 6.9, dijelaskan perbandingan tingkat akurasi terbesar pada masing-masing model berdasarkan *momentum* yang digunakan.



Gambar 6.9 Perbandingan Tingkat Akurasi Periode 3 Berdasarkan Momentum

Pada Gambar 6.9, dapat dilihat bahwa tingkat akurasi terbesar berada pada *momentum* yang digunakan 0,1, 0,2, 0,3, dan 0,4 dengan tingkat akurasi sebesar 71,85%. Sedangkan tingkat akurasi terkecil berada pada *momentum* yang digunakan 0,6 dengan tingkat akurasi sebesar 64,04%.

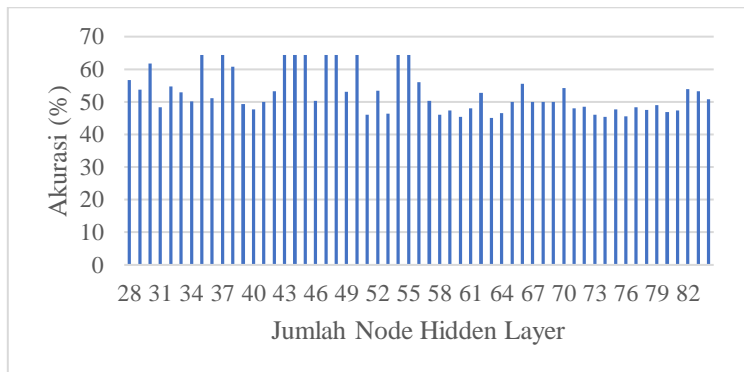
#### 6.2.4. Model dengan Periode 4

Pada model dengan periode 4, banyaknya variabel independen yang digunakan adalah sebanyak 28 buah. Maka dari itu, model *artificial neural network* yang terbentuk adalah sebanyak 13.851 buah model. Sama seperti periode sebelumnya, hasil pada percobaan ini adalah tabel yang berisi tingkat akurasi dari masing-masing model yang dihasilkan. Tingkat akurasi yang dihasilkan oleh model dengan periode 4 yang telah diurutkan dari yang terbesar dapat dilihat pada Tabel 6.7.

Tabel 6.7 Model Terbaik Periode 4

| Kode Model   | Tingkat Akurasi |
|--------------|-----------------|
| 1_47_0.1_0.3 | 64,31906838     |
| 2_30_0.1_0.1 | 61,76651583     |
| 2_38_0.1_0.2 | 60,71546478     |
| 3_28_0.1_0.1 | 56,66141073     |
| 3_28_0.1_0.3 | 56,36111043     |
| ...          | ...             |

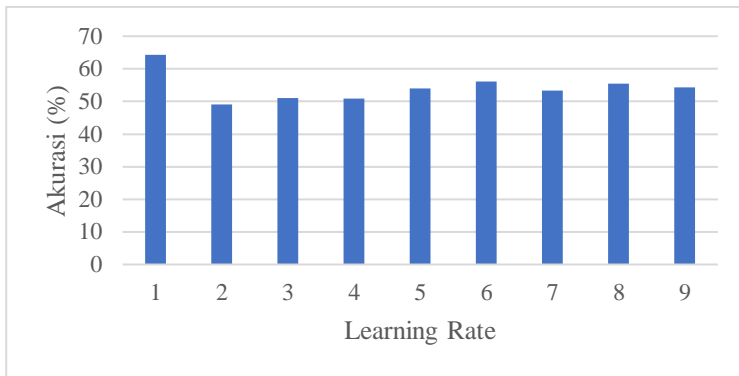
Dari Tabel 6.7, kode model yang memiliki tingkat akurasi terbesar adalah 1\_47\_0.1\_0.3 dengan tingkat akurasi sebesar 64,32%. Selanjutnya pada Gambar 6.10, ditunjukkan perbandingan tingkat akurasi terbesar pada masing-masing jumlah node hidden layer.



Gambar 6.10 Perbandingan Tingkat Akurasi Periode 4 Berdasarkan Node Hidden Layer

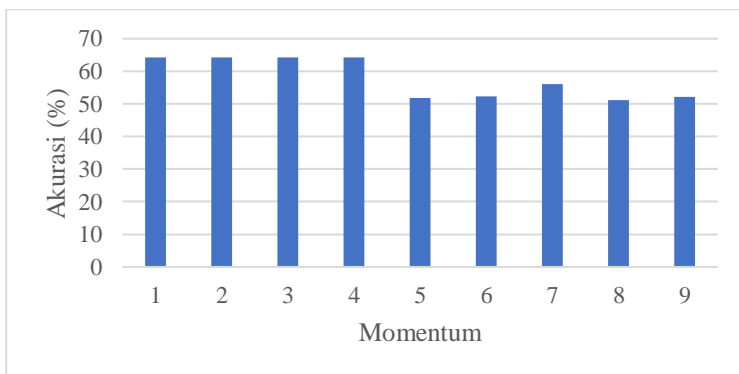
Pada Gambar 6.10, dapat dilihat bahwa tingkat akurasi terbesar berada pada jumlah node hidden layer 35, 37, 43, 44, 45, 47, 48, 50, 54, dan 55 dengan tingkat akurasi sebesar 64,32%. Sedangkan tingkat akurasi terkecil berada pada jumlah node hidden layer 63 dengan tingkat akurasi sebesar 45,09%. Kemudian pada Gambar 6.11 ditunjukkan perbandingan tingkat

akurasi terbesar pada masing-masing model berdasarkan *learning rate* yang digunakan.



Gambar 6.11 Perbandingan Tingkat Akurasi Periode 4 Berdasarkan *Learning Rate*

Pada Gambar 6.11, dapat dilihat bahwa tingkat akurasi terbesar berada pada *learning rate* yang digunakan 0.1, dengan tingkat akurasi sebesar 64,32%. Sedangkan tingkat akurasi terkecil berada pada *learning rate* yang digunakan 0.2 dengan tingkat akurasi sebesar 49,15%. Setelah itu pada Gambar 6.12, dijelaskan perbandingan tingkat akurasi terbesar pada masing-masing model berdasarkan *momentum* yang digunakan.



Gambar 6.12 Perbandingan Tingkat Akurasi Periode 4 Berdasarkan *Momentum*

Pada Gambar 6.12, dapat dilihat bahwa tingkat akurasi terbesar berada pada *momentum* yang digunakan 0.1, 0.2, 0.3, dan 0.4 dengan tingkat akurasi sebesar 64,32%. Sedangkan tingkat akurasi terkecil berada pada *momentum* yang digunakan 0.8 dengan tingkat akurasi sebesar 51,11%.

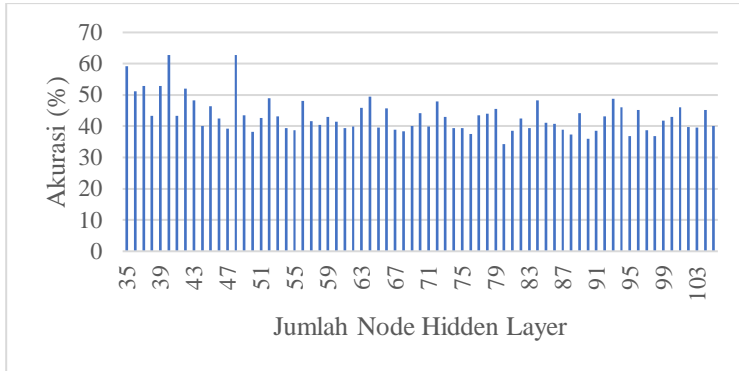
### 6.2.5. Model dengan Periode 5

Pada model dengan periode 5, banyaknya variabel independen yang digunakan adalah sebanyak 35 buah. Maka dari itu, model *artificial neural network* yang terbentuk adalah sebanyak 17.253 buah model. Sama seperti periode sebelumnya, hasil pada percobaan ini adalah tabel yang berisi tingkat akurasi dari masing-masing model yang dihasilkan. Tingkat akurasi yang dihasilkan oleh model dengan periode 5 yang telah diurutkan dari yang terbesar dapat dilihat pada Tabel 6.8.

Tabel 6.8 Model Terbaik Periode 5

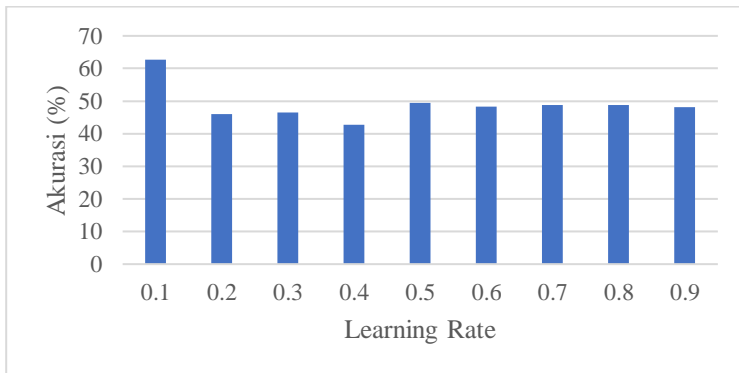
| Kode Model   | Tingkat Akurasi |
|--------------|-----------------|
| 1_40_0.1_0.2 | 62,71527915     |
| 1_35_0.1_0.1 | 59,25663254     |
| 1_37_0.1_0.5 | 52,79046712     |
| 3_39_0.1_0.3 | 52,29046712     |
| 1_42_0.1_0.3 | 52,03858742     |
| ...          | ...             |

Dari Tabel 6.8, kode model yang memiliki tingkat akurasi terbesar adalah 1\_40\_0.1\_0.2 dengan tingkat akurasi sebesar 62,72%. Selanjutnya pada Gambar 6.13, ditunjukkan perbandingan tingkat akurasi terbesar pada masing-masing jumlah node hidden layer.



Gambar 6.13 Perbandingan Tingkat Akurasi Periode 5 Berdasarkan Node Hidden Layer

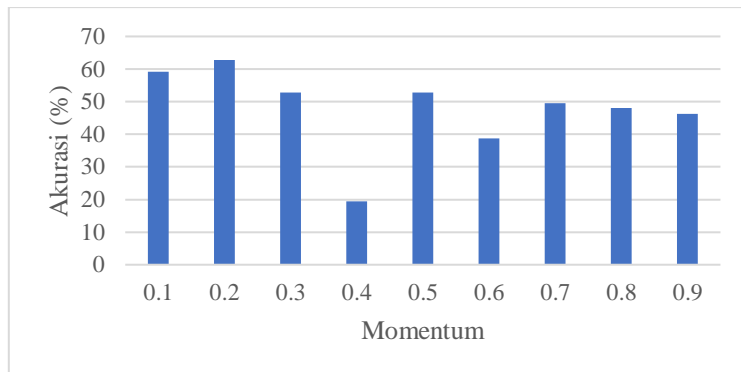
Pada Gambar 6.13, dapat dilihat bahwa tingkat akurasi terbesar berada pada jumlah node hidden layer 40 dan 48 dengan tingkat akurasi sebesar 62,72%. Sedangkan tingkat akurasi terkecil berada pada jumlah node hidden layer 80 dengan tingkat akurasi sebesar 34,29%. Kemudian pada Gambar 6.14 ditunjukkan perbandingan tingkat akurasi terbesar pada masing-masing model berdasarkan *learning rate* yang digunakan.



Gambar 6.14 Perbandingan Tingkat Akurasi Periode 5 Berdasarkan Learning Rate

Pada Gambar 6.14, dapat dilihat bahwa tingkat akurasi terbesar berada pada *learning rate* yang digunakan 0.1, dengan tingkat

akurasi sebesar 62,72%. Sedangkan tingkat akurasi terkecil berada pada *learning rate* yang digunakan 0.4 dengan tingkat akurasi sebesar 42,72%. Setelah itu pada Gambar 6.15, dijelaskan perbandingan tingkat akurasi terbesar pada masing-masing model berdasarkan *momentum* yang digunakan.



Gambar 6.15 Perbandingan Tingkat Akurasi Periode 5 Berdasarkan Momentum

Pada Gambar 6.15, dapat dilihat bahwa tingkat akurasi terbesar berada pada *momentum* yang digunakan 0.2 dengan tingkat akurasi sebesar 62,72%. Sedangkan tingkat akurasi terkecil berada pada *momentum* yang digunakan 0.4 dengan tingkat akurasi sebesar 19,41%.

### 6.3. Kesimpulan Hasil Percobaan

Dari seluruh percobaan yang telah dilakukan, kemudian dilakukan analisis terhadap masing-masing model untuk ditentukan menjadi model yang terbaik. Kriteria penilaian performa *classifier* bukanlah hanya diukur dari nilai akurasinya saja, akan tetapi melibatkan nilai *precision* dan *recall* dari masing-masing model. Untuk memudahkan mencari model yang terbaik, maka langkah pertama yang harus dilakukan adalah mengurutkan model yang terbaik berdasarkan nilai akurasi yang dihasilkan. Lalu setelah itu menghitung nilai *precision* dan *recall* dari masing-masing model sehingga

nantinya akan ditarik kesimpulan sebagai model yang terbaik (optimal) Hasil dari percobaan model yang memiliki nilai akurasi tertinggi dapat dilihat pada Tabel 6.9.

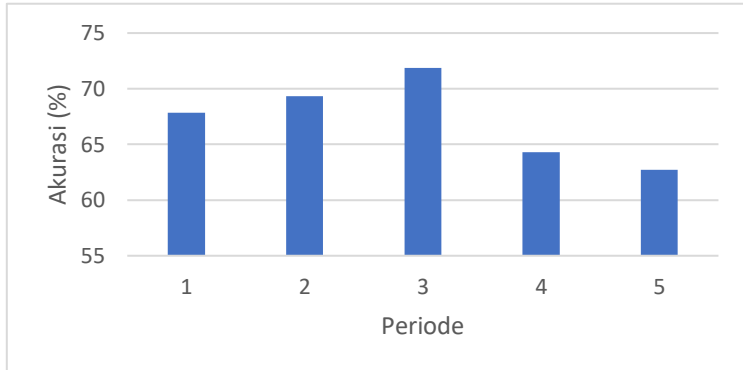
Tabel 6.9 Perbandingan Precision dan Recall

| P | Tingkat Akurasi (%) | Precision |      |      | Recall |      |      |
|---|---------------------|-----------|------|------|--------|------|------|
|   |                     | C         | H    | HD   | C      | H    | HD   |
| 3 | 71,85               | 0         | 0    | 0,07 | 0      | 0    | 1    |
| 3 | 70,20               | 0,62      | 0,1  | 1    | 0,6    | 0,15 | 0,01 |
| 2 | 69,31               | 0         | 0    | 0,07 | 0      | 0    | 1    |
| 3 | 69,30               | 0,93      | 0,27 | 0,15 | 0,49   | 0,40 | 0,61 |
| 2 | 68,71               | 0,71      | 0,47 | 0,22 | 0,98   | 0,05 | 0,04 |
| 1 | 67,85               | 0,81      | 0,35 | 0,25 | 0,79   | 0,49 | 0,02 |
| 1 | 67,70               | 0         | 0,2  | 0    | 0      | 1    | 0    |
| 2 | 67,66               | 0,71      | 0,17 | 0    | 0,99   | 0,01 | 0    |
| 3 | 67,65               | 0,95      | 0,29 | 0,23 | 0,45   | 0,89 | 0,06 |
| 1 | 67,55               | 0,56      | 0,05 | 0    | 0,49   | 0,1  | 0    |

Pada Tabel 6.9, dapat dilihat bahwa model 2\_30\_0.1\_0.2 dengan tingkat akurasi sebesar 70,20% menempati model dengan ukuran terbaik. Hal itu dibuktikan dengan nilai *precision* dan *recall* yang tidak mengandung nilai 0 untuk setiap kelas yang dihasilkan. Hal ini membuktikan bahwa model mampu memprediksi semua kondisi cuaca yang ada. Maka dengan ini dapat disimpulkan bahwa model *artificial neural network* terbaik berada pada Periode 3 dengan nilai parameter jumlah node *hidden layer* sebanyak 30, *learning rate* pada 0.1, dan *momentum* pada 0.2. Secara umum, perbandingan nilai akurasi terbesar pada masing-masing periode dapat dilihat pada Gambar 6.16



Pada Gambar 6.16, ditunjukkan bahwa nilai akurasi terbesar berada pada model dengan Periode 3, sedangkan nilai akurasi terkecil berada pada Periode 5.



Gambar 6.16 Perbandingan Tingkat Akurasi pada tiap Periode

Nilai *learning rate* yang sering menjadi nilai akurasi terbesar berada pada 0.1, sedangkan nilai *learning rate* yang sering menjadi nilai akurasi terkecil berada pada 0.9. Nilai *momentum* yang sering menjadi nilai akurasi terbesar berada pada 0.2, sedangkan nilai *momentum* yang sering menjadi nilai akurasi terkecil berada pada 0.8.

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## **BAB VII**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

Dalam bab ini akan dijelaskan mengenai kesimpulan yang didapatkan setelah melakukan penelitian dan juga saran yang dapat diberikan agar dapat mengembangkan penelitian dengan lebih baik.

#### **7.1. Kesimpulan**

Berdasarkan hasil penelitian pada tugas akhir ini, maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Metode *Artificial Neural Network* dapat digunakan untuk memprediksi kondisi cuaca kota Surabaya, sehingga dapat membantu pihak-pihak yang membutuhkan informasi mengenai prediksi cuaca kota Surabaya. Hasil prediksi model *Artificial Neural Network* ini juga dapat digunakan untuk membantu masyarakat kota Surabaya melakukan kegiatan sehari-hari.
2. Model *Artificial Neural Network* yang mempunyai performa terbaik memiliki tingkat akurasi sebesar 70,20%.

#### **7.2. Saran**

Saran yang dapat diberikan untuk mengembangkan serta meningkatkan kualitas penelitian selanjutnya adalah sebagai berikut:

1. Data yang digunakan pada penelitian tugas akhir ini terbatas pada stasiun Perak dengan rentang tahun 1 Januari sampai dengan 31 Desember 2017. Dengan menambah periode sehingga data yang digunakan akan lebih bervariasi dan lebih panjang.
2. Data yang digunakan pada penelitian selanjutnya lebih detail lagi seperti data tiap jam.

3. Variabel yang digunakan sebagai input model lebih bervariasi.
4. Menambah metode pengerjaan seperti SVM (Support Vector Machine), PSO (Particle Swarm Optimization), ARIMAX, dan metode-metode lainnya sebagai pembandingan agar mengetahui metode mana yang cocok untuk data yang dimiliki.
5. Menggunakan software selain RStudio untuk mengetahui perbedaan yang dihasilkan, contohnya adalah Matlab.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] D. Nur Endah Sari, “Prediksi cuaca berbasis logika fuzzy untuk rekomendasi penerbangan di bandar udara raja haji fisabilillah,” *Technol. Inf.*, no. Data Mining, pp. 1–15, 2011.
- [2] P. Meilanitasari and S. Arifin, “Prediksi Cuaca Menggunakan Logika Fuzzy Untuk Kelayakan Pelayaran Di Pelabuhan Tanjung Perak Surabaya,” no. C, 2009.
- [3] C. Dewi, D. P. Kartikasari, and Y. T. Mursityo, “Prediksi Cuaca Pada Data Time Series Menggunakan Adaptive Neuro Fuzzy Inference System (ANFIS),” *J. Teknol. Inf. dan Ilmu Komput.*, vol. 1, no. 1, pp. 18–24, 2014.
- [4] G. Zhang, B. E. Patuwo, and M. Y. Hu, “Forecasting with Artificial Neural Networks: The State of the Art,” *Int. J. Forecast.*, vol. 14, pp. 35–62, 1998.
- [5] A. Abraham, “Artificial neural networks,” *Handb. Meas. Syst. Des.*, 2005.
- [6] A. Yadav and K. Sahu, “Wind Forecasting Using Artificial Neural Networks: a Survey and Taxonomy,” *Int. J. Res. Sci. Eng.*, no. April, pp. 148–155, 2017.
- [7] Badan Pengembangan dan Pembinaan Bahasa Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan, “Arti kata cuaca - Kamus Besar Bahasa Indonesia (KBBI) Online,” <https://www.kbbi.web.id>, 2018. [Online]. Available: <https://www.kbbi.web.id/cuaca>. [Accessed: 16-Oct-2018].
- [8] Merriam-Webster, “Weather | Definition of Weather by Merriam-Webster,” <https://www.merriam-webster.com>, 2018. [Online]. Available: <https://www.merriam-webster.com/dictionary/weather>. [Accessed: 16-Oct-2018].
- [9] American Meteorological Society, “Climate - AMS Glossary,” <http://glossary.ametsoc.org>, 2018. [Online]. Available: <http://glossary.ametsoc.org/wiki/Climate>. [Accessed: 16-Oct-2018].
- [10] E. S. Puspita and L. Yulianti, “Perancangan Sistem

- Peramalam Cuaca Berbasis Logika Fuzzy,” *Media Infotama*, vol. 12, no. 1, pp. 1–10, 2016.
- [11] Research Optimus, “What is Time Series analysis?,” *reseachoptimus.com*, 2018. [Online]. Available: <https://www.researchoptimus.com/article/what-is-time-series-analysis.php>. [Accessed: 28-Sep-2018].
- [12] Muhammad Imdad Ullah, “Time Series Analysis and Forecasting,” <http://itfeature.com>, 2013. [Online]. Available: <http://itfeature.com/time-series-analysis-and-forecasting/time-series-analysis-forecasting>. [Accessed: 28-Sep-2018].
- [13] S. Makridakis and S. C. Wheelwright, *Metode dan Aplikasi Peramalan*. Jakarta: Binarupa Aksara, 1999.
- [14] D. Pyle, *Data Preparation for Data Mining*. Los Altos: Morgan Kaufmann Publishers, 1999.
- [15] D. Chicco, “Ten quick tips for machine learning in computational biology,” *BioData Min.*, vol. 10, no. 1, pp. 1–17, 2017.
- [16] S. Kotsiantis, D. Kanellopoulos, and P. Pintelas, “Data Preprocessing for Supervised Learning,” *Int. J. Comput. Sci.*, vol. 1, no. 2, pp. 111–117, 2006.
- [17] S. Wu, “A review on coarse warranty data and analysis,” *Reliab. Eng. Syst. Saf.*, vol. 114, pp. 1–11, Jun. 2013.
- [18] Statistics Canada, “Statistics: Power from Data! Data editing,” <http://www.statcan.gc.ca>, 2013. [Online]. Available: <http://www.statcan.gc.ca/edu/power-pouvoir/ch3/editing-edition/5214781-eng.htm>. [Accessed: 28-Sep-2018].
- [19] A. Zell, *Simulation of Neural Networks*, 1st ed. Germany: Addison-Wesley, 1994.
- [20] M. F. Abbod, J. W. F. Catto, D. A. Linkens, and F. C. Hamdy, “Application of Artificial Intelligence to the Management of Urological Cancer,” *J. Urol.*, vol. 178, no. 4, pp. 1150–1156, Oct. 2007.
- [21] C. W. Dawson and R. Wilby, “An artificial neural network approach to rainfall-runoff modelling,” *Hydrol. Sci. J.*, vol. 43, no. 1, pp. 47–66, 1998.

- [22] J. E. Ball and A. Sharma, "An Application of Artificial Neural Networks for Rainfall Forecasting," vol. 33, 2001.
- [23] S. V. Stehman, "Selecting and interpreting measures of thematic classification accuracy," *Remote Sens. Environ.*, vol. 62, no. 1, pp. 77–89, Oct. 1997.
- [24] D. M. W. Powers, "Evaluation: From Precision, Recall and F-Measure to ROC, Informedness, Markedness & Correlation," *J. Mach. Learn. Technol.*, vol. 2, no. 1, pp. 37–63, 2011.
- [25] T. Fawcett, "An Introduction to ROC Analysis," *Pattern Recognit. Lett.*, vol. 27, no. 8, pp. 861–874, 2006.
- [26] The MathWorks, "Detector Performance Analysis Using ROC Curves - MATLAB," <http://www.mathworks.com>, 2018. [Online]. Available: <http://www.mathworks.com/help/phased/examples/detector-performance-analysis-using-roc-curves.html>. [Accessed: 01-Oct-2018].
- [27] JGCM, "JCGM 200 : 2008 International vocabulary of metrology — Basic and general concepts and associated terms ( VIM )," no. VIM, 2008.

*Halaman ini sengaja dikosongkan*



## **BIODATA PENULIS**



Penulis yang akrab disapa “Oman” mempunyai nama lengkap Nur Rochman Darmawan. Penulis lahir di Serang, pada tanggal 12 Nopember 1996. Penulis merupakan anak pertama dari 3 bersaudara.

Riwayat pendidikan penulis yaitu dimulai dari SDN Unyur Serang selama 6 tahun pada tahun 2002-2008. Kemudian melanjutkan ke SMPN 4 Kota Serang selama 3 tahun pada tahun 2008-2011. Setelah itu melanjutkan lagi ke tingkat SMA dan berhasil di terima di SMAN 1 Kota Serang selama 3 tahun pada tahun 2011-2014. Hingga pada akhirnya menjadi salah satu mahasiswa Sistem Informasi angkatan 2014 dengan NRP 05211440000193. Selama kuliah, penulis aktif berorganisasi di Unit Kegiatan Mahasiswa (UKM) KSR PMI ITS selama kurang lebih 4 tahun. Penulis mampu menjabat sebagai Komandan pada tahun 2016-2017 selama berkegiatan di UKM KSR PMI ITS. Selain itu, penulis juga aktif berkegiatan sosial di lingkup Kota Surabaya.

Di akhir masa kuliah, penulis mengambil minat bidang Rekayasa Data dan Inteligencia Bisnis (RDIB) di Departemen Sistem Informasi. Penulis dapat dihubungi melalui alamat email [rochmandarmawan12@gmail.com](mailto:rochmandarmawan12@gmail.com)

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## LAMPIRAN A

Data Cuaca Harian Surabaya pada stasiun Perak dengan rentang tahun 1 Januari 2010 sampai dengan 31 Desember 2017 dari website NOAA. Data yang digunakan adalah temperatur udara, titik embun, tekanan air laut, tekanan udara, jarak pandang, kecepatan angin, dan curah hujan.

| DATE     | TEMP  | DP    | SLP    | STP    | VIS   | WS    | PR   | FRSHTT |
|----------|-------|-------|--------|--------|-------|-------|------|--------|
| 20100101 | 27.72 | 24.33 | 1008.1 | 1007.5 | 9.33  | 3.70  | 0.12 | 010000 |
| 20100102 | 29.78 | 24.72 | 1009.2 | 1008.5 | 9.65  | 1.48  | 0    | 000000 |
| 20100103 | 29.50 | 24.72 | 1008.5 | 1007.8 | 10.46 | 2.59  | 0    | 000000 |
| 20100104 | 28.17 | 24.17 | 1007.9 | 1007.2 | 9.17  | 3.70  | 0.14 | 010000 |
| 20100105 | 27.94 | 24.17 | 1008.8 | 1008.2 | 8.69  | 2.41  | 1.81 | 010010 |
| 20100106 | 27.50 | 23.56 | 1008.8 | 1008.3 | 7.56  | 5.19  | 1.22 | 010010 |
| 20100107 | 26.94 | 23.83 | 1009.1 | 1008.5 | 8.53  | 7.04  | 0    | 010000 |
| 20100108 | 27.44 | 23.72 | 1009.9 | 1009.2 | 8.53  | 4.26  | 0.08 | 000000 |
| 20100109 | 26.44 | 23.22 | 1010.1 | 1009.4 | 7.88  | 10.56 | 0.24 | 010000 |
| 20100110 | 27.11 | 23.67 | 1010.3 | 1009.6 | 9.98  | 5.56  | 0.08 | 010010 |
| 20100111 | 27.44 | 23.72 | 1009.7 | 1009.1 | 7.88  | 18.15 | 0.35 | 010010 |
| 20100112 | 27.33 | 23.50 | 1009.3 | 1008.6 | 8.53  | 11.67 | 0.55 | 010000 |
| 20100113 | 28.00 | 23.39 | 1009.6 | 1008.9 | 10.14 | 18.15 | 0    | 000000 |
| 20100114 | 27.44 | 23.50 | 1011.2 | 1010.6 | 8.21  | 20.37 | 0.16 | 010000 |
| 20100115 | 26.89 | 23.28 | 1010.9 | 1010.2 | 9.81  | 16.48 | 0    | 010000 |
| 20100116 | 27.44 | 23.44 | 1010.6 | 1009.9 | 9.81  | 16.67 | 0.04 | 010000 |
| 20100117 | 28.17 | 23.67 | 1011   | 1010.5 | 9.17  | 17.59 | 0    | 000000 |
| 20100118 | 28.61 | 23.89 | 1010.8 | 1010.1 | 9.49  | 10.56 | 0.02 | 000000 |
| 20100119 | 27.67 | 23.83 | 1011   | 1010.4 | 7.88  | 11.11 | 1.26 | 010010 |
| 20100120 | 26.78 | 24.00 | 1012.2 | 1011.6 | 8.21  | 7.59  | 1.34 | 010010 |
| 20100121 | 26.44 | 24.06 | 1011.7 | 1011   | 7.56  | 8.70  | 1.28 | 010010 |
| 20100122 | 28.11 | 24.06 | 1012.2 | 1011.5 | 9.98  | 8.52  | 0    | 000000 |
| 20100123 | 27.44 | 23.67 | 1011.7 | 1011   | 7.56  | 8.89  | 1.93 | 010010 |

|          |       |       |        |        |       |       |      |        |
|----------|-------|-------|--------|--------|-------|-------|------|--------|
| 20100124 | 27.17 | 23.89 | 1010.9 | 1010.2 | 9.01  | 7.04  | 0.56 | 010010 |
| 20100125 | 27.61 | 24.11 | 1011   | 1010.3 | 9.17  | 7.04  | 0.12 | 010000 |
| 20100126 | 27.33 | 23.78 | 1011.5 | 1010.8 | 8.85  | 9.63  | 0.02 | 010000 |
| 20100127 | 26.89 | 23.72 | 1011.2 | 1010.5 | 7.24  | 13.70 | 0.32 | 010010 |
| 20100128 | 28.67 | 24.44 | 1010.5 | 1009.8 | 10.14 | 9.07  | 0    | 000010 |
| 20100129 | 28.11 | 24.06 | 1010.8 | 1010.2 | 9.33  | 6.67  | 0.24 | 010000 |
| 20100130 | 28.50 | 23.44 | 1010.7 | 1010   | 9.98  | 5.93  | 0    | 000000 |
| 20100131 | 28.56 | 24.17 | 1010.9 | 1010.2 | 7.56  | 10.37 | 0.04 | 010000 |
| 20100201 | 28.67 | 24.22 | 1010.4 | 1009.5 | 9.33  | 4.26  | 0    | 010000 |
| 20100202 | 27.56 | 23.72 | 1009.7 | 1009   | 6.92  | 12.04 | 3.07 | 010010 |
| 20100203 | 28.33 | 24.33 | 1010.4 | 1009.7 | 8.21  | 8.52  | 0.35 | 010010 |
| 20100204 | 28.28 | 24.50 | 1010.2 | 1009.5 | 8.69  | 10.19 | 0.16 | 010000 |
| 20100205 | 28.56 | 24.50 | 1010.7 | 1010   | 8.37  | 6.30  | 0.75 | 010010 |
| 20100206 | 26.56 | 24.00 | 1012.5 | 1012.1 | 8.69  | 11.67 | 0.43 | 010000 |
| 20100207 | 28.33 | 24.78 | 1011.6 | 1010.9 | 7.72  | 7.41  | 0.06 | 010010 |
| 20100208 | 28.22 | 24.39 | 1011.9 | 1011.2 | 9.49  | 5.56  | 0    | 000000 |
| 20100209 | 29.00 | 24.22 | 1011.2 | 1010.5 | 8.69  | 9.63  | 0    | 000010 |
| 20100210 | 30.28 | 24.67 | 1010.4 | 1009.7 | 9.17  | 12.59 | 0.2  | 010000 |
| 20100211 | 29.83 | 24.94 | 1011.4 | 1010.7 | 9.49  | 6.85  | 0    | 000010 |
| 20100212 | 28.28 | 23.94 | 1010.8 | 1010.2 | 9.81  | 10.19 | 0    | 010000 |
| 20100213 | 28.78 | 24.00 | 1010   | 1009.3 | 8.21  | 11.11 | 0.2  | 010000 |
| 20100214 | 27.89 | 24.33 | 1010.4 | 1009.7 | 8.69  | 5.56  | 0.55 | 010010 |
| 20100215 | 30.22 | 24.11 | 1010.2 | 1009.5 | 9.33  | 11.11 | 0    | 000000 |
| 20100216 | 28.11 | 24.67 | 1011.1 | 1010.4 | 9.49  | 5.56  | 0.08 | 010000 |
| 20100217 | 29.22 | 24.44 | 1010.1 | 1009.4 | 9.17  | 5.56  | 1.46 | 010000 |
| 20100218 | 28.39 | 24.78 | 1010.9 | 1010.2 | 7.40  | 4.07  | 0.31 | 010010 |
| 20100219 | 26.06 | 23.61 | 1011.5 | 1010.9 | 6.60  | 10.74 | 3.87 | 010110 |
| 20100220 | 27.17 | 23.78 | 1011.6 | 1010.9 | 9.17  | 7.59  | 0.16 | 010010 |
| 20100221 | 28.39 | 24.33 | 1010.8 | 1010.1 | 9.01  | 11.11 | 0    | 000000 |
| 20100222 | 28.67 | 24.67 | 1011.2 | 1010.5 | 7.56  | 7.78  | 0.16 | 010010 |

|          |       |       |        |        |      |       |      |        |
|----------|-------|-------|--------|--------|------|-------|------|--------|
| 20100223 | 28.00 | 25.17 | 1010.5 | 1009.8 | 9.17 | 4.26  | 0.16 | 010010 |
| 20100224 | 28.72 | 24.83 | 1009.3 | 1008.6 | 9.17 | 7.96  | 0    | 000000 |
| 20100225 | 28.28 | 24.83 | 1011.2 | 1010.5 | 9.17 | 9.26  | 0.35 | 000000 |
| 20100226 | 29.22 | 24.50 | 1009.5 | 1008.8 | 9.65 | 5.93  | 0.04 | 010000 |
| 20100227 | 29.11 | 25.00 | 1009.2 | 1008.5 | 9.65 | 6.48  | 0.47 | 010010 |
| 20100228 | 28.17 | 24.33 | 1010.5 | 1009.8 | 8.53 | 11.11 | 1.06 | 010010 |
| 20100301 | 27.50 | 24.67 | 1010.2 | 1009.5 | 8.05 | 2.41  | 1.14 | 010010 |
| 20100302 | 28.83 | 24.94 | 1010.3 | 1009.6 | 8.69 | 5.56  | 0.28 | 010000 |
| 20100303 | 28.72 | 25.22 | 1010.1 | 1009.4 | 7.08 | 7.04  | 2.44 | 010010 |
| 20100304 | 27.83 | 25.22 | 1009.6 | 1009   | 8.53 | 5.74  | 0.35 | 010010 |
| 20100305 | 28.94 | 25.61 | 1010.7 | 1010.1 | 7.88 | 8.33  | 0.24 | 010000 |
| 20100306 | 28.89 | 25.00 | 1011.4 | 1010.7 | 8.69 | 12.96 | 0.79 | 010010 |
| 20100307 | 29.67 | 24.67 | 1010.6 | 1009.9 | 9.49 | 7.96  | 0    | 010010 |
| 20100308 | 29.61 | 24.83 | 1011.1 | 1010.4 | 9.17 | 9.45  | 0.2  | 010000 |
| 20100309 | 28.78 | 24.67 | 1011.5 | 1010.8 | 7.40 | 10.00 | 1.02 | 010010 |
| 20100310 | 28.56 | 24.61 | 1012.8 | 1012.1 | 9.98 | 5.19  | 0    | 000000 |
| 20100311 | 28.17 | 24.33 | 1014.3 | 1013.6 | 9.17 | 4.26  | 0    | 000000 |
| 20100312 | 28.83 | 23.94 | 1014   | 1013.3 | 9.81 | 9.07  | 0    | 000000 |
| 20100313 | 29.61 | 24.72 | 1011.9 | 1011   | 9.98 | 9.07  | 0    | 000000 |
| 20100314 | 29.56 | 24.72 | 1009.8 | 1009.1 | 9.65 | 6.85  | 0    | 000000 |
| 20100315 | 28.83 | 23.72 | 1010.2 | 1009.5 | 8.53 | 10.56 | 0.02 | 010010 |
| 20100316 | 29.78 | 24.67 | 1009.7 | 1009.1 | 9.49 | 6.48  | 0.53 | 010000 |
| 20100317 | 28.83 | 24.50 | 1011.8 | 1011.1 | 9.17 | 7.78  | 0    | 000010 |
| 20100318 | 28.00 | 24.61 | 1011.5 | 1011   | 9.17 | 8.33  | 0.61 | 010000 |
| 20100319 | 28.00 | 24.94 | 1009.8 | 1009.1 | 9.65 | 3.15  | 0    | 000000 |
| 20100320 | 29.72 | 24.56 | 1008.9 | 1008.2 | 8.53 | 8.52  | 0.53 | 010010 |
| 20100321 | 29.00 | 25.33 | 1008.5 | 1007.8 | 9.81 | 3.89  | 0.02 | 010000 |
| 20100322 | 29.11 | 24.33 | 1008.1 | 1007.4 | 9.98 | 6.48  | 0    | 000000 |
| 20100323 | 29.39 | 25.00 | 1007   | 1006.3 | 8.21 | 9.26  | 0.28 | 010000 |
| 20100324 | 28.28 | 25.00 | 1007.8 | 1007.2 | 8.69 | 8.89  | 1.06 | 010010 |

|          |       |       |        |        |       |       |      |        |
|----------|-------|-------|--------|--------|-------|-------|------|--------|
| 20100325 | 27.83 | 25.22 | 1008.1 | 1007.5 | 9.17  | 6.30  | 0.01 | 010000 |
| 20100326 | 27.72 | 25.33 | 1009.7 | 1009   | 9.01  | 4.63  | 0.35 | 010010 |
| 20100327 | 27.61 | 24.39 | 1009.8 | 1009.2 | 8.37  | 7.41  | 0.47 | 010010 |
| 20100328 | 28.61 | 25.39 | 1009.7 | 1009   | 9.65  | 8.15  | 0    | 000000 |
| 20100329 | 28.67 | 24.83 | 1009.9 | 1009.2 | 9.33  | 7.78  | 0.06 | 010000 |
| 20100330 | 27.28 | 24.56 | 1010.9 | 1010.2 | 8.05  | 6.85  | 0.2  | 010010 |
| 20100331 | 26.61 | 24.39 | 1011.2 | 1010.5 | 8.21  | 3.52  | 0.32 | 010010 |
| 20100401 | 27.72 | 24.83 | 1010   | 1009.3 | 8.69  | 10.56 | 2.4  | 010010 |
| 20100402 | 29.06 | 24.83 | 1009.5 | 1008.9 | 9.33  | 5.37  | 0    | 000000 |
| 20100403 | 28.56 | 24.83 | 1009.7 | 1009.1 | 9.65  | 6.11  | 0.08 | 010000 |
| 20100404 | 28.89 | 25.00 | 1009.8 | 1009.1 | 9.17  | 5.00  | 0    | 000000 |
| 20100405 | 28.78 | 24.83 | 1009   | 1008.3 | 9.01  | 5.74  | 0.43 | 010000 |
| 20100406 | 28.89 | 25.50 | 1009.6 | 1009   | 9.01  | 4.63  | 0.04 | 010010 |
| 20100407 | 28.39 | 24.94 | 1010.3 | 1009.7 | 8.69  | 5.19  | 0    | 010010 |
| 20100408 | 28.56 | 25.11 | 1010.3 | 1009.7 | 7.56  | 7.41  | 0.31 | 010010 |
| 20100409 | 28.94 | 25.44 | 1009.1 | 1008.4 | 9.49  | 3.70  | 0    | 000000 |
| 20100410 | 29.11 | 25.11 | 1008.4 | 1007.7 | 9.98  | 6.48  | 0    | 000010 |
| ...      | ...   | ...   | ...    | ...    | ...   | ...   | ...  | ...    |
| 20170715 | 29.89 | 21.56 | 1010.9 | 1010.6 | 9.98  | 17.59 | 0    | 000000 |
| 20170718 | 30.39 | 22.61 | 1012.5 | 1012.2 | 9.81  | 12.96 | 0.02 | 000000 |
| 20170720 | 29.56 | 22.94 | 1010.5 | 1010.2 | 9.65  | 9.63  | 0    | 000000 |
| 20170721 | 29.00 | 23.67 | 1012.2 | 1011.8 | 8.69  | 9.63  | 0    | 010000 |
| 20170722 | 29.72 | 23.06 | 1011.9 | 1011.6 | 9.98  | 14.26 | 0    | 000000 |
| 20170723 | 28.11 | 21.56 | 1011.8 | 1011.4 | 10.46 | 8.89  | 0    | 000000 |
| 20170724 | 27.61 | 19.67 | 1011   | 1010.7 | 9.01  | 16.11 | 0    | 000000 |
| 20170725 | 26.78 | 19.83 | 1010.7 | 1010.3 | 9.98  | 5.56  | 0    | 000000 |
| 20170726 | 27.83 | 21.78 | 1009.9 | 1009.6 | 9.49  | 6.48  | 0.53 | 010000 |
| 20170727 | 26.28 | 23.72 | 1011.3 | 1011   | 5.95  | 4.44  | 0.35 | 010000 |
| 20170728 | 27.39 | 24.33 | 1012.1 | 1011.7 | 7.72  | 9.63  | 0.53 | 010000 |
| 20170729 | 28.56 | 23.11 | 1012.4 | 1012.1 | 9.98  | 12.59 | 0    | 000000 |

|          |       |       |        |        |       |       |      |        |
|----------|-------|-------|--------|--------|-------|-------|------|--------|
| 20170730 | 27.61 | 22.61 | 1010.5 | 1010.1 | 9.98  | 8.52  | 0    | 000000 |
| 20170802 | 30.11 | 22.17 | 1011.7 | 1011.3 | 10.94 | 11.85 | 0    | 000000 |
| 20170803 | 27.83 | 21.89 | 1010.9 | 1010.6 | 9.81  | 5.00  | 0    | 000000 |
| 20170807 | 28.78 | 22.67 | 1011.3 | 1011   | 9.98  | 5.56  | 0    | 000000 |
| 20170808 | 28.89 | 21.89 | 1011.4 | 1011.1 | 10.46 | 7.41  | 0    | 000000 |
| 20170810 | 28.72 | 21.28 | 1010.9 | 1010.6 | 10.46 | 4.07  | 0    | 000000 |
| 20170811 | 28.06 | 21.28 | 1010.9 | 1010.6 | 9.81  | 5.56  | 0    | 000000 |
| 20170814 | 29.83 | 21.11 | 1012.2 | 1011.8 | 10.62 | 11.11 | 0    | 000000 |
| 20170818 | 27.44 | 22.44 | 1012.4 | 1012.1 | 9.01  | 4.07  | 0    | 000000 |
| 20170819 | 28.17 | 21.83 | 1011.1 | 1010.8 | 10.30 | 5.19  | 0    | 000000 |
| 20170820 | 26.89 | 22.33 | 1010.3 | 1010   | 9.98  | 7.41  | 0    | 000000 |
| 20170821 | 29.33 | 19.61 | 1009.4 | 1009.1 | 10.30 | 9.63  | 0    | 000000 |
| 20170822 | 28.83 | 21.11 | 1010.7 | 1010.3 | 9.98  | 5.93  | 0    | 000000 |
| 20170823 | 29.00 | 19.89 | 1010.5 | 1010.2 | 10.30 | 6.85  | 0    | 000000 |
| 20170824 | 28.89 | 21.33 | 1011.1 | 1010.7 | 9.33  | 7.22  | 0    | 000000 |
| 20170825 | 28.39 | 20.44 | 1010.8 | 1010.5 | 9.98  | 7.59  | 0    | 000000 |
| 20170829 | 28.39 | 20.22 | 1010.7 | 1010.4 | 9.49  | 5.56  | 0    | 000000 |
| 20170901 | 28.17 | 20.17 | 1011.7 | 1011.4 | 9.49  | 7.78  | 0    | 000000 |
| 20170903 | 30.22 | 20.78 | 1011.1 | 1010.7 | 9.33  | 11.48 | 0    | 000000 |
| 20170912 | 28.06 | 20.33 | 1011.3 | 1011   | 8.53  | 4.44  | 0    | 000000 |
| 20170913 | 32.00 | 21.00 | 1010.4 | 1010.1 | 10.94 | 12.78 | 0    | 000000 |
| 20170917 | 29.89 | 21.50 | 1012.9 | 1012.6 | 9.98  | 6.30  | 0    | 000000 |
| 20170921 | 29.39 | 21.44 | 1010.6 | 1010.2 | 9.98  | 8.15  | 0    | 000000 |
| 20170922 | 32.33 | 21.61 | 1010.2 | 1009.9 | 10.30 | 7.41  | 0    | 000000 |
| 20170925 | 28.06 | 23.78 | 1009.9 | 1009.5 | 10.14 | 3.33  | 0.28 | 010000 |
| 20170926 | 29.00 | 23.83 | 1010.5 | 1010.1 | 9.01  | 7.41  | 0    | 000000 |
| 20170928 | 28.56 | 23.89 | 1011.2 | 1010.9 | 9.01  | 1.30  | 0    | 000000 |
| 20171001 | 29.44 | 23.39 | 1010.1 | 1009.8 | 9.65  | 2.59  | 0    | 000000 |
| 20171002 | 28.94 | 22.78 | 1009.3 | 1009   | 9.49  | 2.22  | 0    | 000000 |
| 20171003 | 30.94 | 22.89 | 1010.1 | 1009.8 | 9.17  | 6.67  | 0    | 000000 |

|          |       |       |        |        |       |      |      |        |
|----------|-------|-------|--------|--------|-------|------|------|--------|
| 20171004 | 30.39 | 23.11 | 1010.4 | 1010   | 9.01  | 7.41 | 0    | 000000 |
| 20171005 | 32.17 | 23.33 | 1009.5 | 1009.2 | 10.78 | 5.56 | 0    | 000000 |
| 20171007 | 30.89 | 23.44 | 1008   | 1007.6 | 10.78 | 7.22 | 0    | 000000 |
| 20171008 | 30.61 | 22.89 | 1008.1 | 1007.8 | 10.30 | 7.41 | 0    | 000000 |
| 20171009 | 28.89 | 24.61 | 1007.8 | 1007.4 | 8.21  | 2.22 | 0    | 000000 |
| 20171011 | 30.50 | 22.61 | 1008.4 | 1008.1 | 9.17  | 6.48 | 0    | 000000 |
| 20171012 | 31.33 | 23.28 | 1008.2 | 1007.9 | 9.98  | 5.56 | 0    | 000000 |
| 20171015 | 31.56 | 23.11 | 1008.3 | 1008   | 9.17  | 7.41 | 0    | 000000 |
| 20171016 | 30.56 | 24.00 | 1009.3 | 1009   | 9.81  | 4.63 | 0    | 000000 |
| 20171019 | 29.83 | 23.83 | 1011.1 | 1010.7 | 10.30 | 2.41 | 0    | 000000 |
| 20171021 | 29.00 | 21.94 | 1012   | 1011.6 | 8.53  | 5.56 | 0    | 000000 |
| 20171022 | 29.61 | 22.94 | 1011   | 1010.7 | 9.01  | 3.15 | 0    | 000000 |
| 20171023 | 30.89 | 23.56 | 1010.5 | 1010.2 | 9.81  | 7.04 | 0.55 | 010000 |
| 20171025 | 29.78 | 24.78 | 1011.3 | 1011   | 9.17  | 4.63 | 0    | 000000 |
| 20171027 | 28.78 | 23.94 | 1008.7 | 1008.3 | 8.53  | 2.59 | 0    | 000010 |
| 20171030 | 32.06 | 22.67 | 1008.9 | 1008.6 | 10.78 | 5.93 | 0    | 000000 |
| 20171101 | 30.44 | 22.94 | 1008.2 | 1007.9 | 9.98  | 4.63 | 0    | 000000 |
| 20171102 | 30.44 | 23.61 | 1006.9 | 1006.5 | 9.33  | 3.33 | 0    | 000000 |
| 20171106 | 29.72 | 25.11 | 1008.4 | 1008.1 | 10.30 | 2.41 | 0    | 000000 |
| 20171107 | 30.06 | 24.67 | 1008.2 | 1007.9 | 9.81  | 4.26 | 0    | 000000 |
| 20171108 | 29.56 | 23.89 | 1007.6 | 1007.3 | 9.33  | 2.22 | 0    | 000000 |
| 20171109 | 31.78 | 23.72 | 1007.9 | 1007.5 | 10.46 | 4.07 | 0    | 000000 |
| 20171112 | 28.17 | 24.39 | 1007.5 | 1007.2 | 8.37  | 2.22 | 0    | 000010 |
| 20171113 | 25.78 | 24.00 | 1009.2 | 1009   | 6.92  | 2.78 | 1.3  | 010000 |
| 20171117 | 26.39 | 24.11 | 1007.7 | 1007.3 | 7.56  | 2.59 | 2.52 | 010010 |
| 20171118 | 28.44 | 24.28 | 1007.7 | 1007.3 | 10.46 | 2.78 | 0    | 000000 |
| 20171119 | 27.56 | 24.44 | 1008.1 | 1007.8 | 9.01  | 3.70 | 0    | 000000 |
| 20171120 | 27.50 | 24.56 | 1008.2 | 1007.9 | 8.53  | 2.78 | 0.28 | 010000 |
| 20171123 | 27.33 | 25.44 | 1005.8 | 1005.4 | 7.72  | 2.22 | 0.53 | 010000 |
| 20171124 | 25.33 | 24.44 | 1007.5 | 1007.3 | 9.01  | 0.00 | 0.53 | 010000 |



|          |       |       |        |        |       |       |      |        |
|----------|-------|-------|--------|--------|-------|-------|------|--------|
| 20171125 | 27.94 | 24.72 | 1007.1 | 1006.9 | 9.01  | 4.07  | 0.12 | 010000 |
| 20171126 | 28.83 | 25.06 | 1006.4 | 1006.1 | 9.17  | 5.93  | 0    | 000000 |
| 20171127 | 26.83 | 24.83 | 1006.1 | 1005.7 | 8.37  | 1.48  | 0.31 | 010000 |
| 20171128 | 27.11 | 24.33 | 1006.3 | 1005.8 | 8.05  | 0.00  | 0.31 | 010000 |
| 20171129 | 28.00 | 24.39 | 1006.8 | 1006.5 | 8.37  | 7.78  | 0.53 | 010010 |
| 20171130 | 27.39 | 24.78 | 1006.1 | 1005.7 | 9.01  | 3.70  | 0.04 | 000000 |
| 20171201 | 26.72 | 25.00 | 1006.6 | 1006.2 | 8.53  | 0.93  | 0.04 | 010010 |
| 20171202 | 29.72 | 25.61 | 1006.4 | 1006   | 9.01  | 7.96  | 0.31 | 010000 |
| 20171203 | 28.72 | 24.33 | 1007.4 | 1007.1 | 9.17  | 5.19  | 0.35 | 000000 |
| 20171204 | 28.56 | 25.28 | 1006.9 | 1006.6 | 9.01  | 5.56  | 0.12 | 010000 |
| 20171205 | 29.33 | 24.72 | 1007.7 | 1007.4 | 10.30 | 2.78  | 0    | 000000 |
| 20171206 | 28.39 | 24.72 | 1008.3 | 1007.9 | 8.21  | 2.59  | 0.28 | 010010 |
| 20171207 | 28.94 | 25.22 | 1009   | 1008.7 | 8.69  | 4.07  | 0.12 | 010010 |
| 20171208 | 27.44 | 24.67 | 1009.9 | 1009.5 | 9.01  | 2.78  | 0.2  | 010000 |
| 20171209 | 28.67 | 24.89 | 1009.2 | 1008.8 | 9.01  | 4.44  | 0.43 | 000010 |
| 20171210 | 26.44 | 25.11 | 1010.1 | 1009.8 | 7.72  | 0.93  | 0.2  | 010000 |
| 20171212 | 27.33 | 24.56 | 1009.6 | 1009.3 | 9.01  | 3.33  | 0.08 | 010000 |
| 20171213 | 29.11 | 24.67 | 1009.8 | 1009.5 | 9.17  | 3.70  | 0    | 000000 |
| 20171214 | 27.61 | 24.50 | 1010.1 | 1009.8 | 8.85  | 5.19  | 0.28 | 010010 |
| 20171215 | 27.44 | 24.17 | 1010.6 | 1010.2 | 8.21  | 4.63  | 0    | 000000 |
| 20171216 | 28.78 | 24.28 | 1010.4 | 1010   | 9.81  | 6.48  | 0    | 000000 |
| 20171217 | 28.33 | 24.33 | 1010.2 | 1009.8 | 8.69  | 5.93  | 0    | 000000 |
| 20171219 | 27.11 | 24.06 | 1009.4 | 1009.1 | 8.69  | 13.52 | 0.12 | 010000 |
| 20171223 | 29.28 | 23.72 | 1005.9 | 1005.6 | 9.81  | 1.85  | 0    | 000000 |
| 20171224 | 29.06 | 22.78 | 1005.8 | 1005.5 | 10.30 | 5.00  | 0    | 000000 |
| 20171225 | 29.83 | 24.89 | 1005.6 | 1005.3 | 9.01  | 8.89  | 0.08 | 010000 |
| 20171226 | 28.28 | 24.56 | 1007.5 | 1007.1 | 8.69  | 7.96  | 0    | 000000 |
| 20171230 | 26.67 | 24.72 | 1008   | 1007.7 | 8.21  | 0.00  | 0.53 | 010000 |