APLIKASI JARINGAN SYARAF TIRUAN BACKPROPAGATION UNTUK MEMPREDIKSI KORBAN JIWA PADA KEJADIAN TORNADO DI AMERIKA SERIKAT

(Studi Kasus: Data Tornado Di Amerika Serikat Tahun 2016)

TUGAS AKHIR

Disusun Oleh:

Nadya Amalia

14611148

JURUSAN STATISTIKA

FAKULTAS MATEMATIKAN DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

YOGYAKARTA

2018

APLIKASI JARINGAN SYARAF TIRUAN BACKPROPAGATION UNTUK MEMPREDIKSI KORBAN JIWA PADA KEJADIAN TORNADO DI AMERIKA SERIKAT

(Studi Kasus: Data Tornado Di Amerika Serikat Tahun 2016)

TUGAS AKHIR

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana

Program Studi Statistika

Disusun Oleh:

Nadya Amalia

14611148

JURUSAN STATISTIKA

FAKULTAS MATEMATIKAN DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

YOGYAKARTA

2018

HALAMAN PERSETUJUAN PEMBIMBING
TUGAS AKHIR

Judul : Aplikasi Jaringan Syaraf Tiruan Backpropagation Untuk Memprediksi Korban Jiwa Pada Kejadian Tornado Di Amerika Serikat

(Studi Kasus: Data Tornado Di Amerika Serikat Tahun 2016)

Nama Mahasiswa : Nadya Amalia

Nomor Mahasiswa : 14611148

TUGAS AKHIR INI TELAH DIPERIKSA DAN DISETUJUI

UNTUK DIUJIKAN

Pembimbing

(Tuti Purwaningsih, S.Stat., M.Si)

HALAMAN PENGESAHAN

APLIKASI JARINGAN SYARAF TIRUAN BACKPROPAGATION UNTUK MEMPREDIKSI KORBAN JIWA PADA KEJADIAN TORNADO DI AMERIKA SERIKAT

(Studi Kasus: Data Tornado Di Amerika Serikat Tahun 2016)

Nama Mahasiswa : Nadya Amalia

Nomor Mahasiswa : 14611148

TUGAS AKHIR INI TELAH DI UJIKAN

PADA TANGGAL 16 MEI 2018

Nama Penguji	**Tanda Tangan**
1. Annisa Uswatun Khasanah, ST, M. Sc	: .....
2. Dr. Raden Bagus Fajriya Hakim, M. Si	: .....
3. Tuti Purwaningsih, S.Stat., M.Si	: .....

Mengetahui,

Dekan Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam

Drs. Allwar, M.Sc., Ph.D

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Warahmatullaahi Wabarakaatuh

Alhamdulillaahirabbil'aalamiin, puji syukur kehadirat Allah SWT, yang tiada henti melimpahkan nikmat, taufiq, hidayah, dan senantiasa melimpahkan rahmat kepada hamba-Nya. Berkat anugrah dan ridho-Nya, penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini. Shalawat dan salam teruntuk Baginda Nabi Muhammad saw, panutan paling hak di bumi ini, serta kelurga dan para sahabatnya.

Tugas akhir ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana jurusan statistika di Universitas Islam Indonesia. Tugas akhir yang berjudul "Aplikasi Jaringan Syaraf Tiruan Backpropagation Untuk Memprediksi Korban Jiwa Pada Kejadian Tornado Di Amerika Serikat" ini selain disusun guna memenuhi persyaratan untuk menyelesaikan tudi jenjang strata satu di Jurusan Statistika Universitas Islam Indonesia, juga untuk memberikan wawasan dan mengenalkan penerapan ilmu statistika dalam hal pengumpulan dan pengolahan data.

Perlu disadari bahwa pelaksanaan penyusunan tugas akhir ini tidak lepas dari bimbingan, dorongan dan bantuan baik materi maupun non materi dari berbagai pihak. Oleh karena itu perkenankanlah penyusunan menghanturkan ucapan terima kasih kepada:

1. Allah SWT dan Rasulullah SAW yang telah memberikan nikmat Iman dan Islam serta karunia-Nya kepada penulis sehingga dilancarkan dalam pelaksanaan tugas akhir.
2. Kedua orang tua tercinta, Bapak Abdul Gani dan Ibu Umi Laeli yang telah mencurahkan kasih sayangnya, memberikan doa, bantuan moril maupun materil, serta kedua kakak, Fikri Amaludin dan Fauzi Firmansyah yang selalu memberikan doa dan motivasi, sehingga dapat memberikan semangat.

3. Bapak Drs. Allwar, M.Sc, Ph.D selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta beserta seluruh jajarannya.
4. Bapak Dr. RB. Fajriya Hakim, M.Si. selaku Ketua Jurusan Statistika FMIPA UII beserta jajarannya.
5. Ibu Tuti Purwaningsih, S.Stat., M.Si selaku dosen pembimbing yang sangat sabar dan berjasa membimbing dalam penyelesaian tugas akhir ini.
6. Dosen-dosen Statistika Universitas Islam Indonesia yang telah mendidik dan memberikan ilmunya kepada penulis serta selalu menginspirasi.
7. Ikrimah Afifah dan Herlina Catur, teman seperjuangan yang selalu memberi nasihat, masukan, saran, dan dukungan untuk semangat melalui statistika.
8. Sahabat penulis yang jauh, Indri, Lucy, Ulfah, Dessy, Triana, Icha, Amel, Aviny, Vinna, Rizka, Ravin, Irfan, dan Amsor yang memberi semangat dan doa.
9. Teman-teman berpergian dan bercerita, Triana, Bunga, Ananda, dan Fadila yang selalu memberikan hiburan dan doa.
10. Keluarga besar Softball Unisi, terimakasih atas naungan sebagai tempat berorganisasi dan berkarya.
11. KKN Unit 73 Kutoarjo, Selva, Aisyah, Ana, Nila, Brian, Surya, Heru, dan Iqbal yang telah memberikan doa.
12. Semua pihak yang telah mendukung dan ikut membantu penulis, terima kasih.

Penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih jauh dari sempurna, oleh karena itu segala kritik dan saran yang bersifat membangun selalu penulis harapkan. Semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi penulis khususnya dan bagi semua yang membutuhkan. Akhir kata, semoga Allah SWT selalu melimpahkan rahmat serta hidayah-Nya kepada kita semua, Aamiin aamiin ya robbal'alamin.

Wassalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakaatuh

Yogyakarta, 1 Mei 2018

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN DEPAN i
HALAMAN PERSETUJUAN PEMBIMBING .....**Error! Bookmark not defined.**
HALAMAN PENGESAHAN.....**Error! Bookmark not defined.**
KATA PENGANTAR.....iii
DAFTAR ISI.....vi
DAFTAR TABEL.....ix
DAFTAR GAMBAR x
DAFTAR LAMPIRAN.....xi
PERNYATAAN.....**Error! Bookmark not defined.**
INTISARI..... xiii
ABSTRACK.....xiv
BAB I PENDAHULUAN 1
1.1 Latar Belakang..... 1
1.2 Rumusan Masalah 4
1.3 Batasan Masalah..... 4
1.4 Tujuan Penelitian..... 4
1.5 Manfaat Penelitian..... 5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA..... 6
BAB III LANDASAN TEORI..... 11
3.1 Bencana Alam 11
3.2 Klasifikasi Bencana alam 12

3.3 Angin Tornado 12
3.4 Analisis Deskriptif 14
3.5 Definisi Jaringan Syaraf Tiruan 15
3.6 Komponen Jaringan Syaraf Tiruan 17
3.7 Arsitektur Jaringan Syaraf Tiruan 18
3.8 Fungsi Aktivasi 21
3.9 Algoritma Pembelajaran 23
3.9 Jaringan Syaraf Tiruan Propagation Balik (Backpropagation) 26
3.10 Nilai MSE 31
BAB IV METODOLOGI PENELITIAN 32
4.1 Populasi dan Sampel Penelitian 32
4.2 Teknik Pengumpulan Data 32
4.4 Variabel dan Definisi Operasional Variabel 34
4.5 Metode Analisis Data 35
BAB V ANALISIS DAN PEMBAHASAN 37
5.1 Analisisi Deskriptif 37
5.2 Analisis Korelasi 39
5.2 Prediksi Data Menggunakan Algoritma Backpropagation 40
5.2.1 Normalisasi Data 40
5.2.2 Data Training dan Data Testing 41
5.2.3 Proses Pelatihan Backpropagation 42
5.3 Analisis Hasil Peramalan 42
5.3.1 Analisis Hasil Pelatihan 43

5.3.2 Inisialisasi Bobot 45
5.3.3 Analisis Hasil Pengujian 47
5.4 Analisis Regresi Linear Berganda 49
5.5 Hasil Validasi 51
5.6 Analisis Pemetaan Wilayah Tornado 51
5.6.1 Pemetaan Wilayah Berdasarkan Lebar Tornado 51
5.6.2 Pemetaan Wilayah Berdasarkan Panjang Tornado 53
BAB VI PENUTUP 54
6.1 Kesimpulan 54
6.2 Saran 55
DAFTAR PUSTAKA 56

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Perbandingan penelitian sebelumnya dengan penelitian yang penulis lakukan 8
Tabel 4.1 Definisi Operasional Variabel 34
Tabel 5.1 Analisis Korelasi 39
Tabel 5.2 Data Normalisasi 41
Tabel 5.3 Pelatihan data 43
Tabel 5.4 Bobot Awal Hidden layer 1 45
Tabel 5.5 Bobot Awal Hidden layer 2 46
Tabel 5.6 Bobot Awal Hidden layer ke Output 46
Tabel 5.7 Bobot Akhir Hidden layer 1 46
Tabel 5.8 Bobot Akhir Hidden layer 2 47
Tabel 5.9 Bobot Akhir Hidden layer 2 ke Output 47
Tabel 5.10 Keputusan Uji Parsial 50
Tabel 5.11 Perbandingan Analisis 51

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1 Susunan Syaraf Manusia (Hermawan, 2006) 16
Gambar 3.2 Jaringan Syaraf Tiruan Sederhana (Siang, 2009) 17
Gambar 3.3 Jaringan Syaraf Tiruan Dengan Bobot (Siang, 2009) 18
Gambar 3.4 Jaringan Layar Tunggal (Puspitaningrum, 2006) 19
Gambar 3.5 Jaringan Layer Jamak (Puspitaningrum, 2006) 20
Gambar 3.6 Jaringan Recurent (Puspitaningrum, 2006) 21
Gambar 3.7 Fungsi Sigmoid Bipolar (Siang, 2009) 21
Gambar 3.8 Fungsi Linear (Siang, 2009) 22
Gambar 3.7 Arsitektur Jaringan Syaraf Tiruan Propagasi Balik (Fausett, 1994) 27
Gambar 4.1 Diagram Alur Penelitian 36
Gambar 5.1 Grafik Total Injuries 37
Gambar 5.6 Grafik Total Waktu 38
Gambar 5.6 Arsitektur jaringan Syaraf Tiruan 44
Gambar 5.7 Hasil MSE data *testing* 48
Gambar 5.8 Output Regresi Linear 49
Gambar 5.9 Pemetaan Wilayah Berdasarkan Lebar Tornado 52
Gambar 5.10 Pemetaan Wilayah Berdasarkan Tinggi Tornado 53

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Data Tornado Amerika Serikat Tahun 2016 59
Lampiran 2. *Script* R *Neural Network* 61
Lampiran 3. *Output* Bobot Awal 63
Lampiran 4. *Output* Bobot Akhir 64
Lampiran 5. Arsitektur Jaringan Syaraf Tiruan 64

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam Tugas Akhir ini tidak terdapat karya yang sebelumnya pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang diacu dalam naskah ini dan disebutkan daftar pustaka.

Yogyakarta, 1 Mei 2018

Nadya Amalia

APLIKASI JARINGAN SYARAF TIRUAN BACKPROPAGATION UNTUK MEMPREDIKSI KORBAN JIWA PADA KEJADIAN TORNADO DI AMERIKA SERIKAT

(Studi Kasus: Data Tornado Di Amerika Serikat Tahun 2016)

Nadya Amalia

Program Studi Statistika Fakultas MIPA

Universitas Islam Indonesia

INTISARI

Bencana alam dapat terjadi secara tiba-tiba maupun melalui proses yang berlangsung secara perlahan. Seperti yang terjadi pada tornado yang umumnya terjadi di wilayah Amerika serikat, peristiwa tersebut dapat mengancam dan menggangu kehidupan dan penghidupan masyarakat yang sehingga mengakibatkan timbulya korban jiwa, kerusakan lahan, kerusakan lingkungan, dan kerugian harta benda. Salah satu metode mengimplementasikan untuk memprediksi korban jiwa bencana alam dengan nilai Mean Square Error (MSE) adalah algoritma Backpropagation. Pengolahan data dilakukan dengan beberapa tahapan, yaitu data tornado Amerika Serikat tahun 2016 dijadikan sebagai data latih dan data uji, untuk pembentukan model diperlakukan banyak percobaan menetapkan jumlah *hidden layer*, menentukan jumlah neuron, dalam *hidden layer*, penentuan besarnya *learning rate*, serta menerapkan teknik pembelajaran pada jaringan yang direncanakan. Kemudian model terbaik yang didapatkan terdiri dari 2 lapisan neuron yaitu lapisan pertama 5 neuron dan lapisan kedua yaitu 2 neuron menggunakan data latih dan mendapatkan nilai error sebesar 0,062336 pada iterasi ke- 17957 lalu di lanjutkan dengan menggunakan data uji didapatkan nilai MSE sebesar 3,0536762.

Kata Kunci : Tornado, Backpropagation, Error, Iterasi, Mean Square Error

APPLICATIONS OF BACKPROPAGATION NEURAL NETWORKS TO PREDICT INJURIES AT THE SCENE TORNADOES EVENTS IN UNITED STATES

(Case Study: Data Tornadoes In United States 2016)

Nadya Amalia

Statistics Faculty of Mathematics and Natural Sciences

Islamic University of Indonesia

ABSTRACK

Natural disasters can occur suddenly or through a process which takes place slowly.Like the tornado that occurs in generally occur in regions of the United States, such events may threaten and affect the lives and livelihoods of the communities resulting in the rise of casualties, land damage, environmental damage, and loss of property.One of the methods implemented to predict injuries at natural disasters with the value of the Mean Square Error (MSE) is the Backpropagation algorithm, Processing of data is carried out by several stages, namely United States tornado data year 2016 as part of a training data and test data, for the establishment of model treated many experiments set the number of hidden layer, determine the number of neurons in the hidden layer, the determination of the magnitude of the learning rate, as well as applying learning techniques on the network planned. Best obtained models then consisting of 2 layers of neurons that is first layer 5 neurons and a second layer that is two neurons using training data, and get the value of the error of 0.062336 on iteration 17957 then continue using the test data obtained values of MSE 3.0536762.

Keywords *: Tornadoes, Backpropagation, Error, Iteration, Mean Square Error*

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pada tahun 2000 sampai saat ini, sejumlah bencana di suatu daerah terjadi disebabkan oleh cuaca ekstrim. Cuaca ekstrim di sejumlah daerah terjadi karena suhu permukaan air laut meningkat sehingga mempercepat terjadinya penguapan yang membentuk awan hujan. Penyebab utama cuaca ekstrim adalah adanya ekspansi vertical awan, curah hujan yang meningkat dan berpeluang menyebabkan badai dan putting beliung. Cuaca ekstrim terjadi karena siklus basah dan kering yang terlalu cepat akibat La Nina dan pemanasan global. Setidaknya terdapat tiga macam bencana alam yang sering terjadi akibat langsung dari cuaca ekstrim yaitu badai tornado, angin puting beliung, serta banjir. Bencana lainnya adalah tanah longsor akibat curah hujan yang tinggi pada daerah rawan tanah longsor seperti perbukitan atau lahan yang gundul. Angin kencang seperti angin puting beliung serta badai tornado merupakan salah satu kejadian alam diantara kejadian alam lainnya akibat cuaca ekstrim yang paling berbahaya (Rangga, 2013) .

Salah satu fenomena yang sering terjadi akibat cuaca ekstrim adalah badai tornado. Tornado adalah kolom udara yang berputar kencang yang membentuk hubungan antara awan cumulonimbus atau dalam kejadian langka dari dasar awan cumulus dengan permukaan tanah. Tornado muncul dalam banyak ukuran namun umumnya berbentuk corong kondensasi yang terlihat jelas yang ujungnya yang menyentuh bumi menyempit dan sering dikelilingi oleh awan yang membawa puing-puing.

Umumnya tornado memiliki kecepatan angin 177 km/jam atau lebih dengan rata-rata jangkauan 75 m dan menempuh beberapa kilometer sebelum menghilang. Beberapa tornado yang mencapai kecepatan angin lebih dari 300–480 km/jam memiliki lebar lebih dari satu mil (1.6 km) dan dapat bertahan di permukaan dengan lebih dari 100 km. Meskipun tornado telah diamati di tiap benua kecuali Antartika, tornado lebih sering terjadi di Amerika Serikat. Tornado juga umumnya terjadi di Kanada bagian selatan, selatan-tengah dan timur Asia, timur-tengah Amerika Latin, Afrika Selatan, barat laut dan tengah Eropa, Italia, barat dan selatan Australia, dan Selandia Baru (Wikipedia, 2017).

Dampak yang terjadi dari tornado dapat menyebabkan luka parah dan menyebabkan hilangnya nyawa. Secara statistik, tornado menyebabkan 1.500 cedera atau korban jiwa setiap tahun. Rata-rata, 80 kematian akibat tornado yang menghancurkan dicatat setiap tahun. Angka-angka ini menunjukkan fakta bahwa tornado adalah fenomena yang mengancam jiwa yang harus diperlakukan sebagai bencana nasional. Meskipun tornado masih mengorbankan nyawa, para ilmuwan bekerja keras untuk mengembangkan teknologi canggih yang mencakup sistem deteksi dan peringatan kepada penduduk agar mereka dapat mengosongkan sebelum mereka menyerang (Madaan, 2016).

Faktor-faktor yang mempengaruhi terjadinya korban jiwa pada tornado diantaranya yaitu hari, waktu, garis bujur, lintang, panjang, dan lebar tornado. Faktor-faktor ini berinteraksi satu sama lain dengan cara yang sangat kompleks. Dengan demikian pada umumnya cukup sulit untuk memprediksi jumlah korban jiwa. Sehingga dibutuhkan suatu metodeatau suatu cara untuk memprediksi jumlah korban jiwa tersebut.

Saat ini banyak teknik data yang dapat dilakukan untuk prediksi, guna mengantisipasi penyimpangan. Prediksi korban jiwa dengan korban jiwa aktual yang

terjadi terdapat perbedaan yang di sebut penyimpangan (kesalahan prediksi). Untuk itu maka diperlukan adanya suatu sistem yang dapat membantu dalam pengambilan keputusan, ada beberapa metode prediksi yang dapat digunakan dalam pengambilan keputusan. Beberapa metode prediksi yang selama ini paling sering digunakan dalam melakukan prediksi antara lain metode ARIMA (*Autoregressive Integrated Moving Average*), Bayes, Multivariate, Smoothing, dan Regression.

Metode prediksi yang selama ini digunakan memiliki keterbatasan dalam menyelesaikan masalah prediksi yang tidak terstukrur, sulit dimodelkan, kompleks dan sulit di definisikan. Dalam pemecahan permasalahan sebuah sistem yang menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan dilatih terlebih dahulu untuk mengenali pola-pola data yang ada pada permasalahan kemudian sistem menghasilkan bobot-bobot dan dapat menentukan hasil prediksi pola data selanjutnya (Suci, 2009).

JST merupakan sistem pemrosesan informasi yang mempunyai penampilan karakteristik menyerupai jaringan syaraf biologi (Fausett, 1994). *Backpropagation* merupakan salah satu dari metode pelatihan pada jaringan syaraf, dimana ciri dari metode ini adalah meminimalkan *error* pada *output* yang dihasilkan oleh jaringan (Puspita dan Eunike, 2007). JST adalah salah satu alternatif pemecahan masalah dan banyak diminati oleh para peneliti pada saat ini. Hal ini adalah karena keluwesan yang dimiliki oleh JST, baik dalam perancangan maupun penggunaannya.

Algoritma propagasi balik (*backpropagation*) adalah salah satu algoritma yang terdapat pada metode jaringan saraf tiruan (JST) dimana algoritma ini memiliki kecenderungan untuk menyimpan pengetahuan yang bersifat pengalaman dan membuatnya siap untuk digunakan (Alexander dan Morton, 1994). Algoritma propagasi balik dapat digunakan untuk menyelesaikan berbagai masalah, seperti klasifikasi, optimasi, estimasi, evaluasi, kompresi, peramalan, sistem kontrol, sistem pendeteksian kecurangan, dan sebagainya (Suyanto, 2011).

Konsep dari JST digunakan untuk memprediksi korban jiwa pada bencana alam tornado dengan cara pola data tornado dengan menggunakan variabel kontinu yaitu hari, waktu, korban jiwa, lintang, garis bujur, panjang tornado, dan lebar tornado menggunakan jaringan saraf tiruan (JST) metode *Backpropagation*.

1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana mengimplementasikan algoritma *backpropagation* untuk memprediksi korban jiwa pada bencana alam tornado?
2. Berapa akurat prediksi dengan nilai *Mean Square Error* (MSE) yang baik?
3. Bagaimana pemetaan wilayah tornado berdasarkan tinggi dan panjang tornado?

1.3 Batasan Masalah

1. Bencana alam yang diteliti adalah tornado di Amerika Serikat 2016 dari website www.kaggle.com.
2. Penulisan menggunakan bantuan *software Microsoft Excel* 2013, R 3.3.3, dan Quantum GIS 2.14.12 untuk melakukan proses analisis data.
3. Penelitian menggunakan metode jaringan syaraf tiruan dengan algoritma *Backpropagation* dengan memasukan data pengenalan pola dan prediksi korban jiwa tornado.

1.4 Tujuan Penelitian

1. Mengimplementasikan algoritma *backpropagation* untuk memprediksi korban jiwa pada bencana alam tornado di Amerika Serikat.
2. Mengukur seberapa akurat hasil prediksi dengan nilai *Mean Square Error* (MSE) menggunakan metode propagasi balik.
3. Memetakan wilayah tornado berdasarkan tinggi dan lebar tornado.

1.5 Manfaat Penelitian

1. Mengetahui gambaran umum data tentang korban jiwa bencana alam tornado di Amerika Serikat.
2. Memberikan gambaran metode Jaringan Syaraf Tiruan *Backpropagation* terhadap prediksi korban jiwa pada bencana alam tornado menggunakan nilai *Mean Square Error* (MSE).
3. Mengetahui peta wilayah tornado berdasarkan tinggi dan lebar tornado.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

Berbagai penelitian telah dilakukan oleh peneliti terdahulu dengan menggunakan berbagai macam metode yang ada untuk memprediksi data. Baik menggunakan algoritma jaringan syaraf tiruan *backpropagation* ataupun dengan menggunakan algoritma lainnya. Berikut ini adalah beberapa peneliti terdahulu yang melakukan penelitian tentang prediksi, antara lain :

Aftiful Hendri (2010) dengan judul penelitian "Penerapan *Backpropagation Neural Network* Untuk Peramalan Penjualan Produk Susu" Dalam penelitian ini dilakukan penerapan peramalan menggunakan JST dalam bidang industri yaitu meramalkan penjualan produk susu cup rasa pada KPBS, Pangalengan Bandung. JST yang berupa susunan data-data penjualan produk susu tahun Januari 2008-Juni 2010 dilatih berdasarkan prinsip kerja otak manusia. Model jaringan syaraf yang digunakan adalah JST tipe *backpropagation neural network* dengan dua *hidden layer* dan satu *output*. Setelah dilakukan pelatihan dan pengujian, dilakukan validasi untuk melihat kemampuan kinerja JST dalam mengenali pola data aktual dan diperoleh hasil bahwa 4 data (67%) sesuai dengan target (data aktual) dan 2 data (33%) tidak sesuai dengan target. Hasil ini menunjukkan tingkat kesalahan (*error*) proses pengujian yang dilakukan dihasilkan nilai yang kecil.

Nur'Afifah (2011) dengan judul penelitian "Analisis Metode *Backpropagation* Untuk Memprediksi Indeks Harga Saham Pada Kelompok Indeks Bisnis-27" permasalahan yang dibahas dalam penelitian ini adalah bagaiman mengetahui pola-pola pada indikator teknikal yang mempengaruhi penurunan atau kenaikan indeks saham, dengan melihat data-data saham sebelumnya. Sehingga dapat diprediksi pergerakan harga saham di masa yang akan datang menggunakan algoritma

feedforward backpropagation, penelitian ini mendapatkan hasil peramalan harga saham untuk hari berikutnya adalah 322,20 lebih rendah dari harga saham sebelumnya yaitu 322,29 dengan selisih 0,99 dan nilai *Mean Square Error* (MSE) yang dihasilkan mencapai tujuan yaitu 0,00476 pada iterasi 20848.

Ayu Prabhawaningrum (2013) dengan judul penelitian "Perbandingan Algoritma Levenberg-Marquardt Dengan *Backpropagation* Untuk Mendiagnosa Jenis Penyakit Kandungan" penelitian ini membahas mengenai perbandingan algoritma LM dan BP untuk mendiagnosa jenis penyakit kandungan berdasarkan 18 gejala klinis dan dikategorikan menjadi empat jenis penyakit kandungan yaitu radang panggul, mioma uteri, kanker serviks dan kanker ovarium. Hasil penelitian menunjukan bahwa algoritma Lm memiliki iterasi lebih kecil dengan rata-rata 39 iterasi dan 81% dibandingkan dengan algoritma BP yang memiliki rata-rata 381 iterasi dengan tingkat akurasi 71%.

Monica Amadea (2015) dengan judul penelitian " Prediksi Produksi Debit Air Minum Per Bulan dengan Metode Jaringan Syaraf Tiruan *Backpropagation* (Studi Kasus: PDAM Tirta Moedal Semarang)" Dari penelitian ini bertujuan dapat membantu PDAM Tirta Moedal Semarang dalam menyeimbangkan produksi air dengan permintaan konsumen. Metode yang akan digunakan yaitu dengan menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan *Backpropagation*. Data yang digunakan dalam penelitian kali ini fokus pada data rekapitulasi penggunaan air oleh customer setiap bulan. Analisa data dilakukan dengan metode Jaringan Syaraf Tiruan menggunakan *software* Matlab 8.1.0. Arsitektur jaringan terbaik yang dihasilkan oleh pelatihan jaringan adalah percobaan 2 dengan nilai *Mean Squared Error* (MSE) terkecil adalah 3531665.852 dan persentase *error* 0.023%.

Penelitian yang dilakukan oleh Saiful anwar (2017) dengan judul penelitian "Implementasi Metode Jaringan Syaraf Tiruan *Backpropagation* Untuk Prediksi Penyakit Glaukoma Di Kota Pati" dalam tugas akhirnya penelitian ini membahas tentang penyakit mata glukoma yang dapat menyebabkan kebuataan namun di anggap oleh masyarakat adalah penyakit yang sepele dan mudah disembuhkan, oleh karena itu

penelitian ini bertujuan untuk memprediksi penyakit mata glukoma dengan penerapan dari jaringan syaraf tiruan memakai metode *backpropagation*. Pengolahan data dilakukan dengan beberapa tahapan, yaitu data pasien penyakit glaukoma dijadikan sebagai data latih dan data uji, kemudian arsitektur jaringan ditentukan dengan cara *trial and error* sehingga diperoleh nilai MSE terkecil dan tingkat akurasi yang optimal.

Penelitian yang akan dilakukan adalah mengimplementasikan algoritma *backpropagation* untuk memprediksi bencana alam tornado di Amerika Serikat pada tahun 2016 untuk kemudian di analisis mengukur seberapa akurat hasil prediksi dengan *Mean Square Error* atau nilai *error* yang didapatkan. Pada **Tabel 2.1** menjadi perbandingan penelitian sebelumnya dan penelitian yang akan dilakukan oleh penulis.

Tabel 2.1 Perbandingan penelitian sebelumnya dengan penelitian yang penulis lakukan

Judul Penelitian	**Peneliti, tahun**	**Metode**	**Tujuan**
Penerapan Backpropagation Neural Network Untuk Peramalan Penjualan Produk Susu	Hendri, A, 2010	*Feedforward Backpropagation Neural Network*	Menyusun model kuantitatif peramalan berbasis jaringan syaraf propagasi balik (JSPB) untuk meramalkan penjualan produk susu
Analisis Metode Backpropagation Untuk Memprediksi Indeks Harga Saham Pada Kelompok Indeks Bisnis-27	Nur'Afifah, 2011	*Backpropagation Neural Network*	Untuk menganalisis metode Backpropagation dalam memprediksi harga saham

Perbandingan Algoritma Levenberg-Marquardt Dengan Backpropagation Untuk Mendiagnosa Jenis Penyakit Kandungan	Prabhawaningrum, A, 2013	Algoritma *Levenberg-marquardt* (LM) dan Algoritma *Backpropagation Gradient Descent* (BP)	Menggunakan algoritma *levenberg-marquardt* dan algoritma *backpropagation* pada pembelajaran jaringan syaraf tiruan dalam mendiagnosa penyakit kandungan
Prediksi Produksi Debit Air Minum Per Bulan dengan Metode Jaringan Syaraf Tiruan Backpropagation	Amadea, M, 2015	*Backpropagation Neural Network*	Menghitung tingkat keakuratan prediksi produksi air minum setiap bulan pada PDAM tirta moedal semarang dengan melihat dari nilai MSE terkecil
Implementasi Metode Jaringan Syaraf Tiruan Backpropagation Untuk Prediksi Penyakit Glaukoma Di Kota Pati	Anwar, S, 2017	*Backpropagation Neural Network*	Membangun suatu system yang bisa melakukan deteksi pada penyakit mata glaukoma dengan jaringan syaraf tiruan *backpropagation*
Analisis Neural Network Pada	Amalia, N, 2018	*Backpropagation Neural Network*	Mengimplementasikan algoritma

Kejadian Tornado Di Amerika Serikat			*backpropagation* untuk memprediksi bencana alam tornado di Amerika Serikat. Dan mengukur seberapa akurat hasil prediksi dengan nilai *Mean Square Error* (MSE).

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Bencana Alam

Bencana adalah peristiwa atau rangkaian peristiwa yang mengancam dan menggangu kehidupan dan penghidupan masyarakat yang sehingga mengakibatkan timbulnya korban jiwa manusia, kerusakan lingkungan, kerugian harta benda dan dampak psikologis (Sarwidi, 2010).

Dalam Undang-Undang No 24 Tahun 2007 tentang Penanggulangan Bencana, dikenal pengertian dan beberapa istilah terkait dengan bencana.

1. Bencana adalah peristiwa atau rangkaian peristiwa yang mengancam dan mengganggu kehidupan dan penghidupan masyarakat yang disebabkan, baik oleh faktor alam dan/atau faktor nonalam maupun faktor manusia sehingga mengakibatkan timbulnya korban jiwa manusia, kerusakan lingkungan, kerugian harta benda, dan dampak psikologis.
2. Bencana alam adalah bencana yang diakibatkan oleh peristiwa atau serangkaian peristiwa yang disebabkan oleh alam antara lain berupa gempa bumi, tsunami, gunung meletus, banjir, kekeringan, angin topan, dan tanah longsor.
3. Bencana nonalam adalah bencana yang diakibatkan oleh peristiwa atau rangkaian peristiwa nonalam yang antara lain berupa gagal teknologi, gagal modernisasi, epidemi, dan wabah penyakit.
4. Bencana sosial adalah bencana yang diakibatkan oleh peristiwa atau serangkaian peristiwa yang diakibatkan oleh manusia yang meliputi konflik sosial antar kelompok atau antar komunitas masyarakat, dan teror.

3.2 Klasifikasi Bencana alam

Menurut Nurjannah dkk (2011) klasifikasi bencana alam berdasarkan penyebabnya dibedakan menjadi tiga jenis, yaitu :

1. Bencana alam geologis

   Bencana alam ini disebabkan oleh gaya-gaya yang berasal dari dalam bumi (gaya endogen). Yang termasuk dalam bencana alam geologis adalah gempa bumi, letusan gunung berapi, dan tsunami.

2. Bencana alam klimatologis

   Bencana alam klimatologis merupakan bencana alam yang disebabkan oleh faktor angin dan hujan. Contoh bencana alam klimatologis adalah banjir, badai, banjir bandang, angin puting beliung, kekeringan, dan kebakaran alami hutan (bukan oleh manusia).

   Gerakan tanah (longsor) termasuk juga bencana alam, walaupun pemicu utamanya adalah faktor klimatologis (hujan), tetapi gejala awalnya dimulai dari kondisi geologis (jenis dan karakteristik tanah serta batuan dan sebagainya).

3. Bencana alam ekstra-teres*trial*

   Bencana alam Ekstra-Teres*trial* adalah bencana alam yang terjadi di luar angkasa, contoh : hantaman/impact meteor. Bila hantaman benda-benda langit mengenai permukaan bumi maka akan menimbulkan bencana alam yang dahsyat bagi penduduk bumi.

3.3 Angin Tornado

Angin tornado merupakan kumpulan udara yang berputar membentuk hubungan antara awan cumulonimbus dengan permukaan tanah. Kecepatan dari angin tornado dapat mencapai 177 km/jam. Angin tornado memiliki jangkauan jarak rata-rata 75 meter dan dapat menempuh jarak beberapa kilometer. Bahkan tornado pernah terjadi mencapai kecepatan angin 300-480 km/jam dan mempunyai lebar jangkauan lebih dari satu mil atau setara 1,6 km dan bisa bertahan di permukaan tanah lebih dari 100 km. Tornado sering terjadi di wilayah Amerika Serikat, Kanada, Amerika Latin,

Eropa, Afrika Selatan, Australia dan Selandia Baru. Di Indonesia terdapat fenomena angin puting beliung (Ilmugeografi.com, 2017).

Secara etimologi, kata tornado berasal dari kata dari bahasa Spanyol yaitu *tronada* yang memiliki makna badai petir. Kata tornado juga berasal dari bahasa latin yaitu *tonare* yang mempunyai arti gemuruh. Angin tornado secara umum dikenal oleh masyarakat sebagai *twister*. Angin Tornado terbentuk dalam berbagai jenis ukuran, namun bentuk angin tornado secara umum berbentuk corong kondensasi dengan ujungnya yang menyempit menyentuh serta dikelilingi oleh awan-awan yang biasanya membawa puing-puing. Angin tornado biasanya terjadi pada siang atau sore hari ketika musim pancaroba. Angin jenis ini dapat menghancurkan segala sesuatu yang dilaluinya, karena benda yang dilewati oleh angin tornado akan terangkat pada pusaran angin lalu terlempar.

Angin Tornado biasanya terjadi ketika musim pancaroba pada waktu siang atau sore hari dengan suhu udara panas, pengap dan awan di langit akan menghitam. Hal ini merupakan akibat dari radiasi sinar matahari di siang hari yang menyebabkan tumbuhnya awan secara vertikal. Lalu terjadi pergolakan arus udara naik di awan hitam tersebut dan turun ke permukaan tanah dengan kecepatan yang tinggi secara tiba-tiba dan bergerak secara acak. Proses terjadinya sebuah angin tornado berkaitan dengan proses terjadinya awan Cumola Nimbus. Berikut ini adalah fase-fase terkait proses terjadinya angin tornado:

1. Fase Tumbuh

   Pada fase tumbuh ini terjadi arus udara yang naik ke atas di awan yang terjadi dengan kuat. Pada fasei ini diperkirakan hujan belum turun ke permukaan bumi, karena titik-titik air dan kristal es akan tertahan oleh arus udara yang naik ke atas puncak awan.

2. Fase Dewasa

Pada fase dewasa titik-titik air di awan tidak bisa tertahan lagi oleh udara yang naik ke arah puncak awan, sehingga menimbulkan hujan turun dan menyebabkan gesekan diantara arus udara yang naik dan arus udara yang turun. Suhu pada massa udara yang turun akan lebih dingin dari suhu udara di sekitarnya. Arus udara yang naik dan arus udara yang turun akan menimbulkan arus yang memutar sehingga membentuk pusaran. Arus udara ini akan berputar semakin kencang dan menyerupai sebuah siklon yang mendekati bumi. Pada fase dewasa biasanya disertai dengan hujan deras yang membentuk sebuah pancaran air.

3. Fase Punah

Pada fase punah ini massa udara yang naik akan menghilang, sehingga massa udara yang turun akan meluas ke seluruh bagian awan. Biasanya hujan akan berhenti dan massa udara yang turun akan melemah, sehingga pada fase punah ini menjadi fase berakhir tumbuhnya awan Cumola Nimbus.

3.4 Analisis Deskriptif

Pratiwi (2016) dalam tugas akhirnya menyebutkan bahwa menurut jenjang keilmuan, statistika dibedakan menjadi dua, yaitu statistika deskriptif dan statistika inferensial. Statistika deskriptif sering disebut sebagai statistika deduktif yang membahas tentang bagaimana merangkum sekumpulan data dalam bentuk yang mudah dibaca dan cepat memberikan informasi, yang disajikan dalam bentuk tabel, grafik, nilai pemusatan dan nilai penyebaran. Statistika deskriptif merupakan bagian dari statistika yang mempelajari, alat, teknik, atau prosedur yang digunakan untuk menggambarkan atau mendeskripsikan kumpulan data atau hasil pengamatan.

Analisis deskriptif adalah suatu cara menggambarkan persoalan yang berdasarkan data yang dimiliki yakni dengan cara menata data tersebut sedemikian

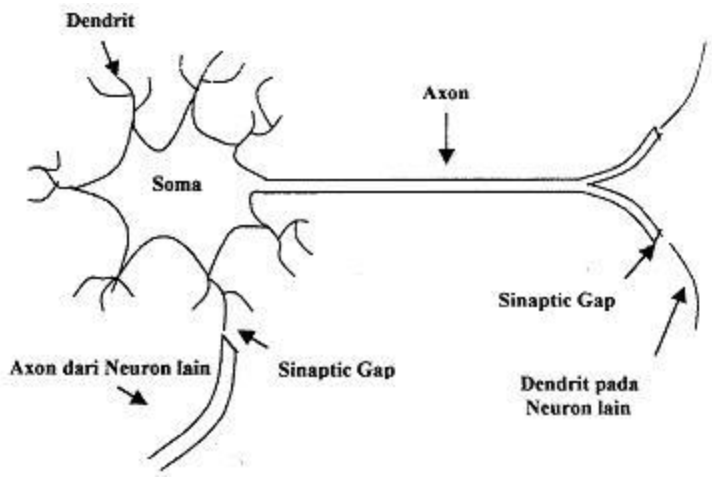
rupa sehingga dengan mudah dapat dipahami tentang karakteristik data, dijelaskan dan berguna untuk keperluan selanjutnya. Jadi dalam hal ini terdapat aktivitas atau proses pengumpulan data dan pengolahan data berdasarkan tujuannya.

Menurut Sugiyono (2004), analisis deskriptif adalah statistik yang digunakan untuk menganalisa data dengan cara mendeskripsikan atau menggambarkan data yang telah terkumpul sebagaimana adanya tanpa bermaksud membuat kesimpulan yang berlaku untuk umum atau generalisasi.

Hasan (2002) menjelaskan bahwa statistik deskriptif adalah bagian dari statistika yang mempelajari cara pengumpulan data dan penyajian data sehingga mudah dipahami. Statistika deskriptif hanya berhubungan dengan hal menguraikan atau memberikan keterangan-keterangan mengenai suatu data atau keadaan. Dengan kata statistika deskriptif berfungsi menerangkan keadaan, gejala, atau persoalan. Penarikan kesimpulan pada statistika deskriptif (jika ada) hanya ditujukan pada kumpulan data yang ada.

3.5 Definisi Jaringan Syaraf Tiruan

Menurut Fausett (1994) JST adalah suatu sistem pemrosesan informasi yang memiliki karakteristik-karakteristik menyerupai jaringan syaraf biologi. Jaringan syaraf manusia terdiri atas sel-sel yang disebut *neuron*. Ada tiga komponen utama *neuron* yang fungsinya dapat dianalogikan dengan yang terjadi pada NN, yaitu *dendrit*, *soma*, dan *akson*. *Dendrit* akan menerima sinyal-sinyal dari *neuro* lain. Sinyal tersebut merupakan impuls listrik yang ditransmisikan melalui *synaptic gap* melalui proses kimia. Sedangkan *soma* atau badan sel akan menjumlahkan sinyal-sinyal input yang masuk. Jika ada input yang masuk, sel akan aktif dan mentransmisikan sinyal ke sel lain melalui *akson* dan *synaptic gap*.



Gambar 3.1 Susunan Syaraf Manusia (Hermawan, 2006)

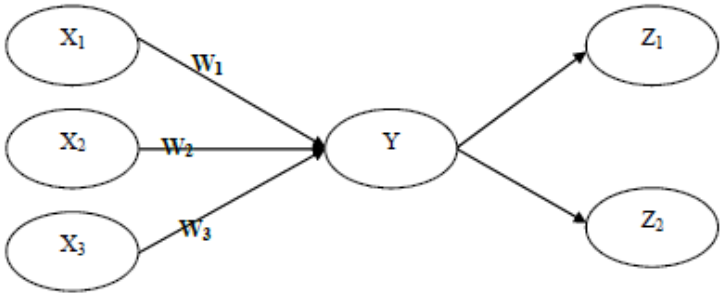
Pada JST istilah *neuron* sering disebut dengan unit, sel, atau node. Setiap node terhubung dengan node-node lain melalui *layer* dengan bobot (*weight*) tertentu. Bobot disini melambangkan informasi yang digunakan oleh jaringan untuk menyelesaikan persoalan, dan dapat dianalogikan dengan aksi pada proses kimia yang terjadi pada *synaptic gap*. *Layer* adalah suatu tempat dimana node-node tersusun. Jika suatu node berada dalam *layer* yang sama dengan node lain, biasanya akan memiliki sifat yang sama. Setiap node memiliki *internal state* yang disebut aktivasi, yaitu fungsi dari input yang diterima.

JST dapat juga didefinisikan sebagai kerangka kerja fleksibel untuk pemodelan komputasi berbagai masalah nonlinier (Wong dkk, 2000). Salah satu keuntungan yang signifikan dari model JST atas kelas model nonlinier lain adalah bahwa JST adalah *approximators universal* yang dapat memperkirakan kelas besar dari fungsi dengan tingkat akurasi yang tinggi (Chen dkk, 2003). Kekuatannya berasal dari pengolahan paralel informasi dari data. Tidak ada asumsi sebelumnya bentuk model diperlukan dalam proses pembentukan model. Sebaliknya, model jaringan sangat ditentukan oleh karakteristik dari data. Layar tunggal tersembunyi jaringan *feedforward* adalah bentuk model yang paling banyak digunakan untuk pemodelan seri waktu dan peramalan

(Zhang dan Hu, 2004). Model ini dicirikan oleh jaringan tiga lapis unit pengolahan sederhana yang dihubungkan dengan hubungan asiklik.

Jaringan syaraf tiruan memiliki karakteristik sebagai berikut:

1. Pola hubungan antar *neuron* yang disebut arsitektur
2. Metode penentuan bobot pada hubungan yang disebut pelatihan (*training*) atau pembelajaran (*learning*) atau *algoritme*.
3. Fungsi aktivasi yang dijalankan masing-masing *neuron* pada *input* jaringan untuk menentukan *output*



Gambar 3.2 Jaringan Syaraf Tiruan Sederhana (Siang, 2009)

Sebuah jaringan dalam JST merupakan kombinasi dari beberapa neuron. Jaringan tersebut terdiri dari sebuah lapisan input (*input layer*), sebuah lapisan *output* (*output layer*) dan kemungkinan satu atau lebih lapisan atau sering disebut sebagai lapisan tersembunyi (*hidden layer*). Setiap *layer* terdiri dari beberapa neuron dan neuron-neuron ini terhubungkan dengan neuron-neuron lain pada *layer* terdekat. Arsitektur jaringan syaraf sederhana ditunjukkan pada Gambar 3.2.

3.6 Komponen Jaringan Syaraf Tiruan

Jaringan syaraf tiruan awalnya hanya mempunya 2 lapisan saja, yaitu *input* dan *output* layer. Seiring berkembangnya waktu, jaringan syaraf tiruan dikembangkan ada yang menambah 1 lapisan lagi yaitu *hidden layer* yang letaknya antara *input* dan *output layer* (Hermawan, 2006). Di bawah ini adalah penjelasannya.

1. *Input Layer*

Berisi neuron yang mempunyai nilai masukan masing - masing. Neuron tergantung dari banyaknya input pada suatu pola.

2. *Hidden layer*

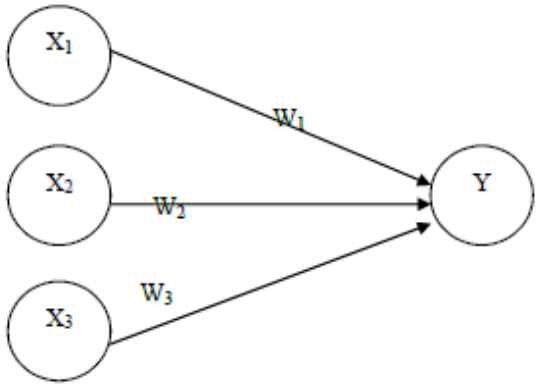
   Lapisan yang tersembunyi namun semua proses pada fase pelatihan dan fase pengenalan dijalankan di lapisan ini. Umumnya hanya terdiri dari satu *hidden layer* saja namun juga tergantung dari arsitektur yang akan dirancang.

3. *Output Layer*

   Nilai keluaran dari hasil perhitungan keseluruhan.

3.7 Arsitektur Jaringan Syaraf Tiruan

Menurut Puspitaningrum (2006) model dari JST ditentukan oleh 2 hal yaitu arsitektur jaringan dan algoritma pelatihan. Tugas arsitektur yaitu untuk memperjelas arah perjalanan yang ada dalam sebuah jaringan, Sedangkan algoritma pelatihan berfungsi untuk melatih bobot koneksi dan harus diubah jika diperlukan supaya target keluaran tercapai. Terdapat berbagai cara untuk melakukan suatu perubahan nilai bobot, tergantung jenis algoritma pelatihan yang dipakai. Perubahan bobot ini dilakukan supaya kerja jaringan dalam hal mempelajari banyak pola akan menghasilkan target keluaran yang meningkat, sebagai contoh pada gambar di bawah ini.



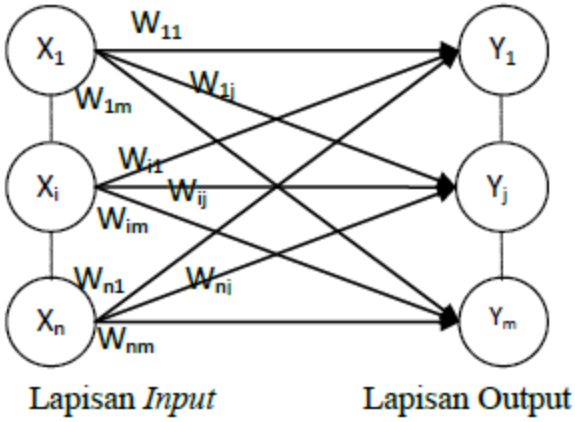
Gambar 3.3 Jaringan Syaraf Tiruan Dengan Bobot (Siang, 2009)

Gambar diatas merupakan contoh gambar sel syaraf tiruan dengan simpul Y menerima masukan $x1$, $x2$, dan $x3$ dengan nilai bobot masing-masing $w1$, $w2$, dan $w3$. Lalu ketiga sinyal simpul tersebut dijumlahkan $net = x1w1 + x2w2 + x3w3$. Besarnya sinyal yang diterima oleh Y tergantung fungsi aktivasinya $y = (net)$. Untuk melakukan perubahan bobot digunakan nilai fungsi aktivasi

Terdapat 3 jenis model dari arsitektur jaringan syaraf tiruan yaitu :

1. Jaringan Layer Tunggal

   Dalam jaringan ini, sekumpulan neuron input dihubungkan langsung dengan *output*nya, seperti gambar …



Gambar 3.4 Jaringan Layar Tunggal (Puspitaningrum, 2006)

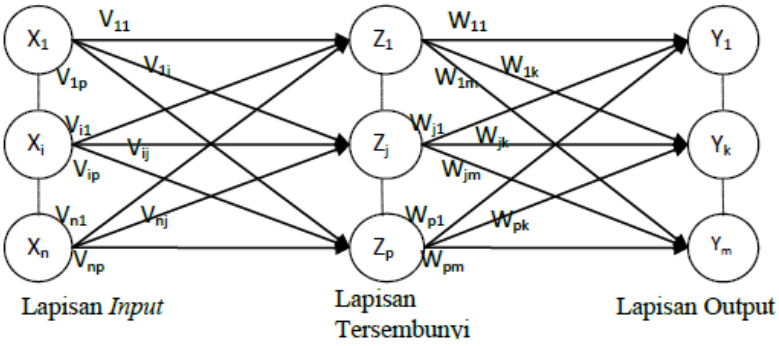
Keterangan:

x1, xi, : *input*

$y1$, , ym : *output*

Gambar tersebut termasuk jenis arsitektur jaringan layer tunggal dengan n buah masukan dan m buah keluaran.

2. Jaringan Layer Jamak



Gambar 3.5 Jaringan Layer Jamak (Puspitaningrum, 2006)

Keterangan:

$x1, xi,$: *input*

$z1,$, zp : *hidden layer*

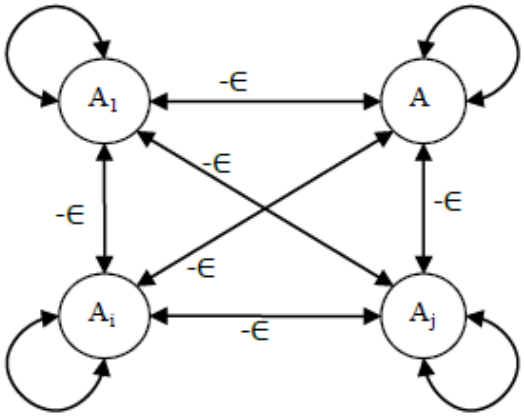
$y1, yk,$: *output*

$vi,$: Bobot

Gambar tersebut merupakan jaringan dengan n buah unit masukan, sebuah *hidden layer*, dan m buah unit keluaran. Dengan menggunakan jaringan layer jamak masalah yang kompleks dapat mudah terselesaikan dibanding jika memakai layer tunggal, meskipun proses pelatihannya kadang lebih lama.

3. Jaringan Reccurent

Model jaringan ini mirip dengan jaringan layer tunggal ataupun ganda. Bedanya, ada feedback loop yaitu unit *input* diberikan sinyal oleh neuron *output*. Artinya, sinyal mengalir dua arah, yaitu maju dan mundur.

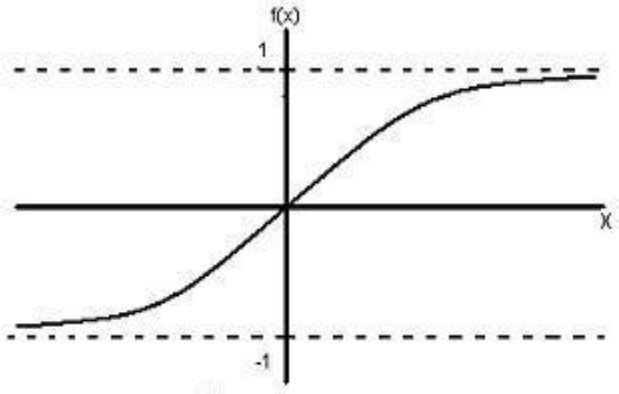


Gambar 3.6 Jaringan Recurent (Puspitaningrum, 2006)

3.8 Fungsi Aktivasi

Fungsi aktivasi pada jaringan syaraf digunakan untuk memformulasikan *output* dari setiap neuron. Pada jaringan syaraf terdapat tiga macam fungsi aktivasi, yaitu fungsi aktivasi *sigmoid* atau *logistik*, fungsi aktivasi *tangen hiperbola*, dan fungsi aktivasi *linier*. Fungsi aktivasi *sigmoid* atau fungsi *logistik* merupakan fungsi aktivasi yang paling umum dipakai. Hal yang penting dari fungsi ini adalah sebesar apapun nilai x (positif atau negatif) *output* dari fungsi ini tidak pernah mencapai 0.0 atau 1.0. Hasil dari fungsi ini bernilai antara 1 dan 0 (Siang, 2009). Formula dari fungsi *sigmoid* adalah

$$f_1(x) = \frac{1}{1+e^{-x}} \tag{3.1}$$



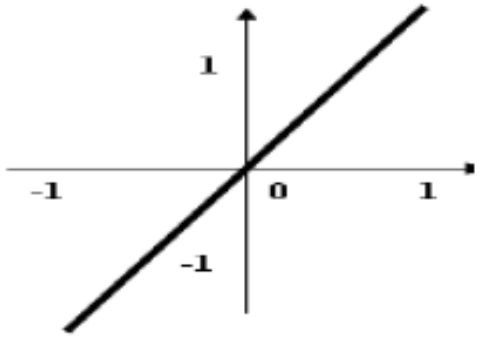
Gambar 3.7 Fungsi Sigmoid Bipolar (Siang, 2009)

Fungsi aktivasi *tangen hiperbola* kadang-kadang digunakan dan dikatakan dapat mempercepat *training*. Akan tetapi secara umum fungsi *sigmoid* paling banyak digunakan dan lebih dapat digunakan dalam berbagai macam aplikasi. Berikut adalah formula dari fungsi *tangen hiperbola* :

$$f(x) = \frac{(e^{x} - e^{-x})}{(e^{x} + e^{-x})} \tag{3.2}$$

Fungsi aktivasi lainnya yang umumnya dipakai adalah fungsi aktivasi linier. *Output* dari neuron yang memakai fungsi ini sama dengan inputan dari neuron tersebut, dengan kata lain merupakan penjumlahan dari hasil kali antara input neuron dan bobotnya dengan hasil kali antara bias dengan bobotnya. Formula untuk fungsi linier adalah :

$$f(x) = x \tag{3.3}$$



Gambar 3.8 Fungsi Linear (Siang, 2009)

Fungsi aktivasi linier umumnya digunakan pada neuron *output*. Hal ini menyebabkan *output* dari neuron yang menggunakan fungsi aktivasi linier merupakan interval antara 0 dan +1. Hal yang perlu diperhatikan adalah neuron-neuron tersembunyi wajib menggunakan fungsi aktivasi nonlinier, misalnya fungsi sigmoid atau fungsi tangen hiperbola, jika tidak maka keluaran dari neuron akan berinterval antara 0 dan +1.

3.9 Algoritma Pembelajaran

Pada otak manusia, informasi yang dilewatkan dari satu neuron ke neuron yang lainnya berbentuk rangsangan listrik melalui dendrit. Tentu saja sulit dalam memahami bagaimana otak manusia bisa belajar. Selama proses pembelajaran, terjadi perubahan yang cukup berarti pada bobot-bobot yang menghubungkan antar neuron. Apabila ada rangsangan yang sama dengan rangsangan yang telah diterima oleh neuron, maka neuron akan memberikan reaksi dengan cepat. Namun apabila kelak ada rangsangan yang berbeda dengan apa yang telah diterima oleh neuron, maka neuron akan segera beradaptasi untuk memberikan reaksi yang sesuai (Restuwardi, 2008).

Jaringan syaraf akan mencoba untuk mensimulasikan kemampuan otak manusia untuk belajar. JST juga tersusun atas neuron-neuron dendrit. Tidak seperti model biologis, jaringan syaraf memiliki struktur yang tidak dapat diubah, dibangun oleh sejumlah neuron, dan memiliki nilai tertentu yang menunjukan seberapa besar koneksi antara neuron (dikenal bobot). Nilai bobot akan bertambah jika informasi yang diberikan oleh neuron yang bersangkutan tersampaikan, sebaliknya jika informasi tidak disampaikan oleh suatu neuron ke neuron lain, maka nilai bobot yang menghubungkan keduanya akan dikurangi. Pada saat pembelajaran dilakukan pada input yang berbeda, maka nilai bobot akan diubah secara dinamis hingga mencapai suatu nilai yang cukup seimbang. Apabila nilai ini telah tercapai mengindikasikan bahwa tiap-tiap input telah berhubungan dengan *output* yang diharapkan. Pada dasarnya terdapat dua metode pembelajaran yaitu:

a. ***Supervised Learning***

Metode pembelajaran pada jaringan syaraf disebut terawasi jika *output* yang diharapkan telah diketahui sebelumnya. Pada proses pembelajaran, satu pola *input* akan diberikan ke satu neuron pada lapisan *input*. Pola ini akan dirambatkan di sepanjang jaringan syaraf hingga sampai ke neuron pada lapisan *output*. Lapisan *output* ini akan membangkitkan pola *output* yang nantinya akan dicocokkan pada pola *output* targetnya. Apabila terjadi perbedaan antara pola *output* hasil pembelajaran dengan pola

target, maka disini akan muncul *error*. Apabila nilai *error* ini masih cukup besar, mengindikasikan bahwa masih perlu dilakukan lebih banyak pembelajaran lagi.

b. ***Unsupervised Learning***

Tujuan dari pembelajaran ini adalah mengelompokkan input yang serupa. Metode pembelajaran ini tidak memerlukan target *output*. Jaringan ini mengubah nilai bobot sehingga nilai input yang serupa akan dikategorikan sebagai *output* yang sama. Pada metode ini, tidak dapat ditentukan hasil yang seperti apakah yang diharapkan selama proses pembelajaran. Pembelajaran ini biasanya sangat cocok untuk pengelompokan (klasifikasi) pola.

Secara umum proses pemodelan JST terbagi menjadi dua bagian yaitu proses *training* dan *testing*. Proses *training* merupakan proses pembelajaran dari sistem NN yang mengatur *input-input* serta bagaimana pemetaannya pada *output* sampai diperoleh model yang sesuai. Proses *training* terjadi pada saat pengaturan *weight* (bobot) dan bias. Sedangkan proses *testing* adalah proses pengujian ketelitian dari model yang telah diperoleh dari proses *training*. Dalam kajian secara statistik, proses *training* dan *testing* dapat disetarakan dengan proses estimasi dan *crossvalidation*.

Proses *learning* terjadi pada saat pengaturan *weight* dan bias. *Backpropagation* merupakan salah satu metode yang paling umum digunakan untuk proses *learning*. Dalam metode ini, bobot-bobot tersebut diatur untuk meminimalisasi nilai kuadrat beda antara *output* model dan *output* taksiran, atau secara umum disebut sebagai SSE (*sum of square errors*). Proses pengaturan *weight* biasanya berdasarkan pada algoritma sederhana *steepest descent* yang didasarkan pada turunan pertama dari fungsi *cost*.

Pada dasarnya sebuah sistem syaraf tiruan berbentuk sebuah *graph* berarah (*directed graph*). *Graph* berarah adalah sebuah obyek geometris yang terdiri dari sekumpulan titik yang disebut simpul (*node*) dan sekumpulan segmen garis terarah yang disebut sambungan (*link*) yang menghubungkan simpul-simpul tersebut. *Artificial Neural Network* adalah suatu struktur pemrosesan informasi yang paralel dan terdistribusi dalam bentuk *graph* terarah dengan definisi–definisi sebagai berikut :

a. Simpul dari *graph* disebut dengan elemen pemroses (*processing element*) atau satuan pemroses (*processing unit*) atau kadang-kadang disebut satuan (unit) saja.
b. Sambungan pada *graph* tersebut disebut hubungan (*connection*). Setiap hubungan berfungsi sebagai sebuah jalur konduksi satu arah yang melewatkan sinyal tanpa penundaan.
c. Setiap satuan pemroses dapat menerima banyak hubungan ke dalam yang disebut juga dengan hubungan masukan.
d. Setiap satuan pemroses dapat mempunyai banyak hubungan keluar, tetapi sinyal–sinyal dalam hubungan–hubungan tersebut haruslah sinyal yang sama. Sebagai akibatnya, setiap satuan pemroses mempunyai sebuah hubungan keluar tunggal yang bercabang menjadi banyak hubungan keluar yang masing–masing membawa salinan dari sinyal yang dibawa hubungan keluar tunggal tadi.
e. Satuan pemroses dapat mempunyai memori setempat (*local memory*).
f. Setiap satuan pemroses mempunyai sebuah fungsi *transfer* yang dapat memakai dan mengubah isi memori setempat, memakai sinyal masukan dan memproduksi sinyal keluaran dari satuan pemroses tersebut. Dengan kata lain, masukan dari fungsi *transfer* yang diperbolehkan adalah nilai yang tersimpan pada memori setempat dan sinyal masukan satuan pemroses pada waktu perhitungan fungsi *transfer* dilakukan. Keluaran fungsi *transfer* yang diperbolehkan adalah nilai yang akan disimpan dalam memori setempat dan sinyal keluaran dari satuan pemroses. Fungsi *transfer* dapat beroperasi secara terus–menerus (*continuosly*) atau episodis (*episodically*). Jika beroperasi secara episodis, maka harus ada satu masukan yang disebut "aktifkan" (*activate*), yang akan menyebabkan fungsi *transfer* beroperasi dengan perhitungan yang melibatkan sinyal masukan pada waktu itu dan nilai pada memori setempat, dan memproduksi sinyal keluaran yang telah diperbaharui (*updated*) serta dapat juga mengubah isi memori setempat. Sinyal "aktifkan" tersebut datang dari hubungan antara satuan pemroses penjadwal yang merupakan bagian dari keseluruhan jaringan. Satuan pemroses dengan fungsi *transfer* yang bersifat malar selalu beroperasi.

g. Sinyal masukan dari luar sistem syaraf tiruan yang menuju sistem tersebut datang dari hubungan–hubungan yang berasal dari luar sistem. Sinyal keluaran dari sistem ke luar sistem merupakan hubungan-hubungan yang meninggalkan system.

3.9 Jaringan Syaraf Tiruan Propagation Balik (Backpropagation)

Jaringan syaraf tiruan propagasi balik (*Backpropagation*) pertama kali diperkenalkan oleh Rumelhart, Hinton dan William pada tahun 1986, kemudian Rumehart dan Mc Clelland mengembangkan pada tahun 1988. Jaringan syaraf tiruan ini tersusun atas sekumpulan elemen pemroses (neuron) atau simpul atau sel yang terinterkoneksi dan terorganisasi dalam lapisan lapisan. Setiap sel memproses sinyal dengan fungsi aktivasinya yaitu fungsi logistik :

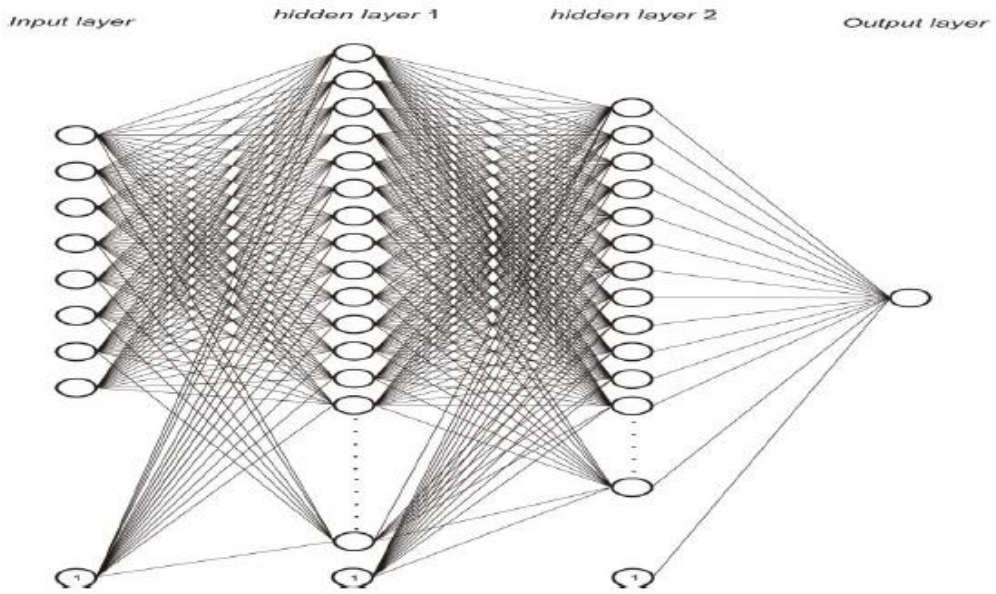
$$f(x) = \frac{1}{(1+exp^2)} \tag{3.4}$$

Pemilihan fungsi logistik ini karena memenuhi beberapa kriteria diantaranya kontinyu, dapat diturunkan, dan monoton naik. Karena bentuknya yang mempunyai huruf “s” maka fungsi ini sering disebut fungsi sigmoid (Rich dan Kevin, 1991).

Arsitektur JST propagasi balik merupakan jaringan perseptron lapis jamak (*multiplayer*). JST ini terdiri dari lapisan masukan (*input layer*), lapisan tersembunyi (*hidden layer*) dan lapisan keluaran (*output layer*). Tiap-tiap unit pada suatu lapisan terhubung ke depan dengan unit-unit pada lapisan selanjutnya. Adanya lapisan tersembunyi pada JST propagasi balik memungkinkan melakukan representasi data yang kompleks.

JST propagasi balik melakukan serangkaian proses untuk mendapatkan hasil sesuai dengan kriteria yang telah ditentukan. Untuk mampu melakukan itu, disediakan serangkaian pelatihan hingga diperoleh kombinasi bobot dan bias yang diinginkan pada tiap neuron. Pada pelatihan ini, JST propagasi balik akan berhenti melakukan pemrosesan dalam beberapa kondisi yaitu derajat *error* telah mencapai batas toleransi, banyaknya perulangan jumlah proses penyesuaian bobot (*epoch size*) telah terlampaui.

Pelatihan algoritma propagasi balik meliputi tiga tahapan. Tahap pertama adalah *feedforward* dari *input* pelatihan. Tahap kedua adalah penghitungan dan propagasi balik dari *galat* yang berhubungan. Kemudian tahap ketiga adalah penyesuaian dari bobot yang bersangkutan hingga mencapai *galat* yang minimum. Bila hasil keluaran tidak sesuai dengan target, maka bobot diperbaharui hingga tercapai penyimpangan minimum. Pada saat pengujian jaringan syaraf tiruan ini hanya meliputi komputasi dari tahap *feedforward* saja. *Multilayer net* (dengan satu atau lebih *hidden layer*) dapat mempelajari pemetaan yang rumit dengan akurasi yang cukup. Lebih dari satu *hidden layer* akan berguna untuk beberapa aplikasi, tetapi satu *hidden layer* sudah mencukupi metode pembelajaran. Arsitektur jaringan syaraf tiruan propagasi balik ditunjukkan pada Gambar 3.7.



Gambar 3.7 Arsitektur Jaringan Syaraf Tiruan Propagasi Balik (Fausett, 1994)

Urutan tahapan pembelajaran pada JST propagasi balik adalah sebagai berikut. Pertama diinisialisasi bobot dan bias serta ditetapkan *epoch size*, laju pembelajaran (*learning rate*) dan batas toleransi *error*. Kemudian dilakukan perhitungan nilai *output* dengan mempropagasikan *input* ke tiap lapisan *output*. Rangkaian tahapan ini dinamakan panjar maju (*feedforward*). Selanjutnya, masing-masing neuron *output*

melakukan perhitungan *error* dengan cara membandingkan *output* dengan target yang bersesuaian. Jika selisih *error* masih di atas toleransi, maka nilai bobot dan bias pada neuron bersangkutan akan diperbaharui (*update*). Hal yang sama dilakukan oleh neuron pada lapisan di atasnya. Proses dilakukan secara berurutan ke belakang oleh semua neuron pada lapisan tersembunyi dan juga lapisan *input*. Proses propagasi *error* ke lapisan sebelumnya ini dinamakan propagasi balik (*backpropagation*). Proses panjarmaju dan propagasi balik ini dilakukan secara terurut berulang kali sampai syarat berhenti tercapai (Rich dan Kevin, 1991).

Algoritma Backpropagation untuk melakukan training terhadap suatu jaringan terdiri dari tiga tahap, yaitu feedforward dari pola input training, backpropagation dari *error* yang terkait, dan penyesuaian bobot. Langkah-langkah dalam algoritma backpropagation oleh Fausett (1994) adalah sebagai berikut:

Langkah 0: Inisialisasi bobot (set bobot pada nilai random yang kecil).

Langkah 1: Ketika pada kondisi berhenti salah, lakukan langkah 2 – 9.

Langkah 2: Untuk setiap pasangan training, lakukan langkah 3 – 8.

Feedforward

Langkah 3: Setiap unit input (Xi, i =1,. . . , n) menerima sinyal input Xi dan memancarkan sinyal ini kepada semua unit pada lapisan diatasnya (hidden unit)

Langkah 4: Setiap hidden unit (Zj ,j=1,. . . ,p) menjumlahkan bobot sinyal input.

$$z_net_j = V_{0j} + \sum_{i=1}^{n} X_i V_{ij} \quad (3.5)$$

Keterangan:

Z_net_j = nilai keluaran untuk unit Z_j

V_{0j} = bobot bias antara input layer dengan hidden layer

X_i = nilai input layer ke-i

V_{ij} = bobot antara layer dengan hidden layer

mengaplikasikan fungsi aktivasi untuk menghitung sinyal *output*

$$z_j = f(z_net_j) = \frac{1}{1+exp^{(-znet\,j)}} \quad (3.6)$$

Keterangan:

z_j = nilai aktifasi dari unit Z_j

dan mengirim sinyal ke semua unit di lapisan di atasnya (*output* unit).

Langkah 5: Setiap unit *output* (Yk, k = 1, . . . , m) menjumlahkan bobot sinyal input.

$$y_net_j = W_{0j} + \sum_{j=1}^{p} Z_j W_{jk} \quad (3.7)$$

Keterangan:

Y_net_k = masukan untuk unit Y_k

W_{0j} = nilai penimbang sambungan pada bias untuk unit Y_k

W_{jk} = nilai penimbang sambungan dari Zij ke unit Y_k

dan mengaplikasikan fungsi aktivasinya untuk menghitung sinyal *output*.

$$y_k = f(y_net_k) \; \frac{1}{1+exp^{(-ynetj)}} \quad (3.8)$$

Keterangan:

y_k = nilai output

Backpropagation

Langkah 6: Setiap unit *output* (Yk, k = 1, . .. , m) menerima pola target sesuai dengan pola training input, menghitung informasi *error*.

$$\delta_k = (t_k - y_k) f'(y_net_k) \quad (3.9)$$

Keterangan:

δ_k = nilai aktivasi kesalahan pada output layer

tk = nilai target data

menghitung koreksi bobotnya (digunakan untuk memperbaharui wjk)

$$\Delta w_{jk} = \alpha \delta_k z_j \quad (3.10)$$

Keterangan:

ΔW_{jk} = selisih antara $W_{kj}(t)$ dengan $W_{kj}(t+1)$

α = nilai *learning rate*

z_j = nilai aktivasi dari unit zj

menghitung koreksi bias (digunakan untuk memperbaharui w_0k)

$$\Delta w_{0k} = \alpha \delta_k \quad (3.11)$$

Keterangan:

ΔW_{0k} = koreksi nilai bias

mengirim ke unit lapisan sebelumnya.

Langkah 7: Setiap hidden unit (Zj , j = 1, . . . , p) menjumlahkan delta input (dari unit di lapisan atas).

$$\delta_net_j = \sum_{k=1}^{m} \delta_k W_{jk} \quad (3.12)$$

Keterangan:

δ_net_j = nilai untuk menghitung kesalahan hidden layer

w_{kj} = bobot dari z_{ij} ke yk

dikalikan dengan turunan dari fungsi aktivasi untuk menghitung informasi *error*.

$$\delta_j = \delta_{net_k} f'\left(z_{in_j}\right) = \delta_{net_k} z_j(1 - z_j) \quad (3.13)$$

Keterangan:

δ_j = nilai aktivasi kesalahan pada hidden layer

menghitung koreksi bobot (digunakan untuk memperbaharui vij)

$$\Delta v_{ij} = \alpha \delta_j x_i \quad (3.14)$$

Keterangan:

Δv_{ij} = selisih antara $V_{ij}(t)$ dengan $V_{ij}(t+1)$

x_i = unit ke-I pada input layer

dan menghitung koreksi bias (digunakan untuk memperbaharui v0j)

$$\Delta v_{0j} = \alpha \delta_j \quad (3.15)$$

Keterangan:

ΔW_{0k} = koreksi nilai bias

Update bobot dan bias

Langkah 8: Setiap unit *output* (Yk, k = 1, . .. , m) memperbaharui bias dan bobot (j = 0 , ... , p)

$$w_{jk}(baru) = w_{jk}(lama) + \Delta w_{jk} \quad (3.16)$$

Setiap hidden unit (Zj, j = 1, . . . , p) memperbaharui bobot dan bias (i = 0 , ... , n)

$$v_{ij}(baru) = v_{ij}(lama) + \Delta v_{ij} \quad (3.17)$$

Langkah 9: Tes kondisi berhenti.

3.10 Nilai MSE

Nilai Mean Square Error (MSE) merupakan metode yang digunakan untuk menguji kesalahan pada sistem. Rumus perhitungan MSE adalah sebagai berikut:

$$MSE = \frac{\Sigma(yk-tk)^2}{n} \quad (3.18)$$

Keterangan:

n = jumlah data

yk = nilai output data

tk = nilai target data

Semakin kecil MSE, jaringan syaraf tiruan semakin kecil kesalahannya dalam memprediksi kelas dari record yang baru. Maka, pelatihan jaringan syaraf tiruan ditujukan untuk memperkecil MSE dari satu siklus ke siklus berikutnya sampai selisih nilai MSE pada siklus ini dengan siklus sebelumnya lebih kecil atau sama dengan batas minimal yang diberikan (epsilon) (Heaton, 2008).

Kondisi penghentian *training* adalah tercapainya nilai MSE di akhir *training*. *Training* dihentikan apabila nilai MSE di akhir *training* lebih kecil atau sama dengan nilai MSE yang ditetapkan pada awal *training*. Tetapi apabila nilai MSE di akhir *training* lebih besar dari nilai MSE yang ditetapkan di awal *training* maka proses *training* akan dilanjutkan ke tahap propagasi balik .

Pada umumnya pelatihan dengan *Backpropagation* tidak akan menghasilkan MSE = 0 (apalagi untuk data yang banyak). Untuk itu akan cukup puas apabila nilai MSE 0.0001. Jika memperbesar laju pemahaman (*learning rate*) menjadi 0.1 dan merubah MSE menjadi 0.0001.

BAB IV

METODOLOGI PENELITIAN

4.1 Populasi dan Sampel Penelitian

Populasi dari penelitian ini adalah data tornado yang terjadi selama kurun waktu 1 tahun di Amerika Serikat. Sampel dari penelitian ini mengambil data tornado tahunan yang terjadi pada tahun 2016 yang bersumber dari website www.kaggle.com dengan jumlah data 991.

4.2 Teknik Pengumpulan Data

Proses pengambilan data untuk penelitian ini menggunkakan teknik sampling *nonprobability* data yang diambil secara *cross-section* dimana data yanag digunakan merupakan data pada satu kurun waktu tertentu. Data yang digunakan merupakan data sekunder tornado tahunan pada tahun 2016, yang diperoleh dari *website* Kaggle dengan alamat www.kaggle.com.

4.3 Variabel Penelitian

Menurut Sugiyono (2009) pengertian variabel penelitian adalah segala sesuatu yang berbentuk apa saja yang ditetapkan oleh peneliti untuk dipelajari, sehingga diperoleh informasi tentang hal tersebut kemudian ditarik kesimpulannya. Penelitian ini menggunakan tiga variabel yaitu dependen dan variabel independen.

1. Variabel independen (X)

Menurut Sugiyono (2009) variabel independen atau variabel bebas adalah variabel yang mempengaruhi atau yang menjadi penyebab terjadinya perubahan atau timbulnya variabel terikat. Dalam penelitian ini variabel bebasnya adalah sebagai berikut:

a. Hari (X1)

Di Amerika Serikat, tornado telah dicatat setiap hari dalam setahun dan tornado merusak terjadi selama setiap bulan. Semua hari dalam satu tahun selalu terjadi badai tornado.

b. Waktu (X2)

Waktu menunjukan seluruh rangkaian saat ketika proses, perbuatan, atau keadaan berada atau berlangsung. Dalam hal ini, skala waktu merupakan interval antara dua buah keadaan/kejadian, atau bisa merupakan lama berlangsungnya suatu kejadian.

c. Lintang (X3)

Banyak faktor mempengaruhi iklim suatu wilayah. Faktor yang paling penting adalah garis lintang karena lintang yang berbeda menerima jumlah radiasi matahari yang berbeda. Amerika serikat memiliki garis lintang 38°0' N, garis lintang tengah dunia yaitu antara 30 dan 50 derajat adalah lingkungan terbaik bagi sebuah badai tornado untuk berkembang. Ini adalah wilayah dimana udara dingin kutub bertemu dengan udara hangat dari khatulistiwa dan memunculkan hujan konvektif di batas pertemuannya. Selain itu udara di lintang tengah selalu berhembus dengan kecepatan berbeda dan arah berbeda pada tingkat atmosfer tertentu sehingga memfasilitasi rotasi sel tornado. Garis

d. Bujur (X4)

Amerika serikat memiliki garis bujur 97°0'W, garis bujur menjelaskan garis grid di permukaan Bumi yang memanjang dari utara ke selatan, kutub ke kutub, tidak secara langsung mempengaruhi iklim, tetapi ia melakukannya secara tidak langsung, karena pergerakan massa udara ke arah timur atau barat.

e. Panjang Tornado (X5)

Panjang adalah dimensi yang menyatakan jarak antar ujung. Dimana setiap tornado memiliki panjang yang berbeda-beda bergantung terhadap kecepatan tornado yang di alami dan mempengaruhi jumlh korban jiwa.

f. Lebar Tornado (X6)

Lebar menyatakan jarak dari satu sisi ke sisi yang lain, pada tornado lebar akan mempengaruhi jumlah korban jiwa. Setiap tornado memiliki lebar yang beragam bergantung pada kecepatan tornado yang dialami.

2. Variabel dependen (Y)

Menurut Sugiyono (2009: 16), variabel independen atau variabel terikat adalah variabel yang dipengaruhi atau yang menjadi akibat, karena adanya variabel bebas. Variabel terikat dalam penelitian ini adalah korban jiwa, cedera dapat terjadi akibat dampak langsung badai atau sesudahnya ketika orang berjalan di antara puing-puing dan memasuki bangunan yang rusak.

4.4 Variabel dan Definisi Operasional Variabel

Variabel yang digunakan dalam penelitian ini ditampilkan dalam **Tabel 4.1** tentang penjelasan dan definisi operasional penelitian :

Tabel 4.1 Definisi Operasional Variabel

Variabel	**Definisi Operasional Variabel**	**Kategori dan Tipe**
Hari (date)	Hari terjadinya tornado	1: senin 2: selasa 3: rabu 4: kamis 5: jumat 6: sabtu 7: minggu
Waktu (time)	Waktu atau jam terjadinya tornado	1: 04.00-10.00 2: 10.00-15.00 3: 15.00- 04.00

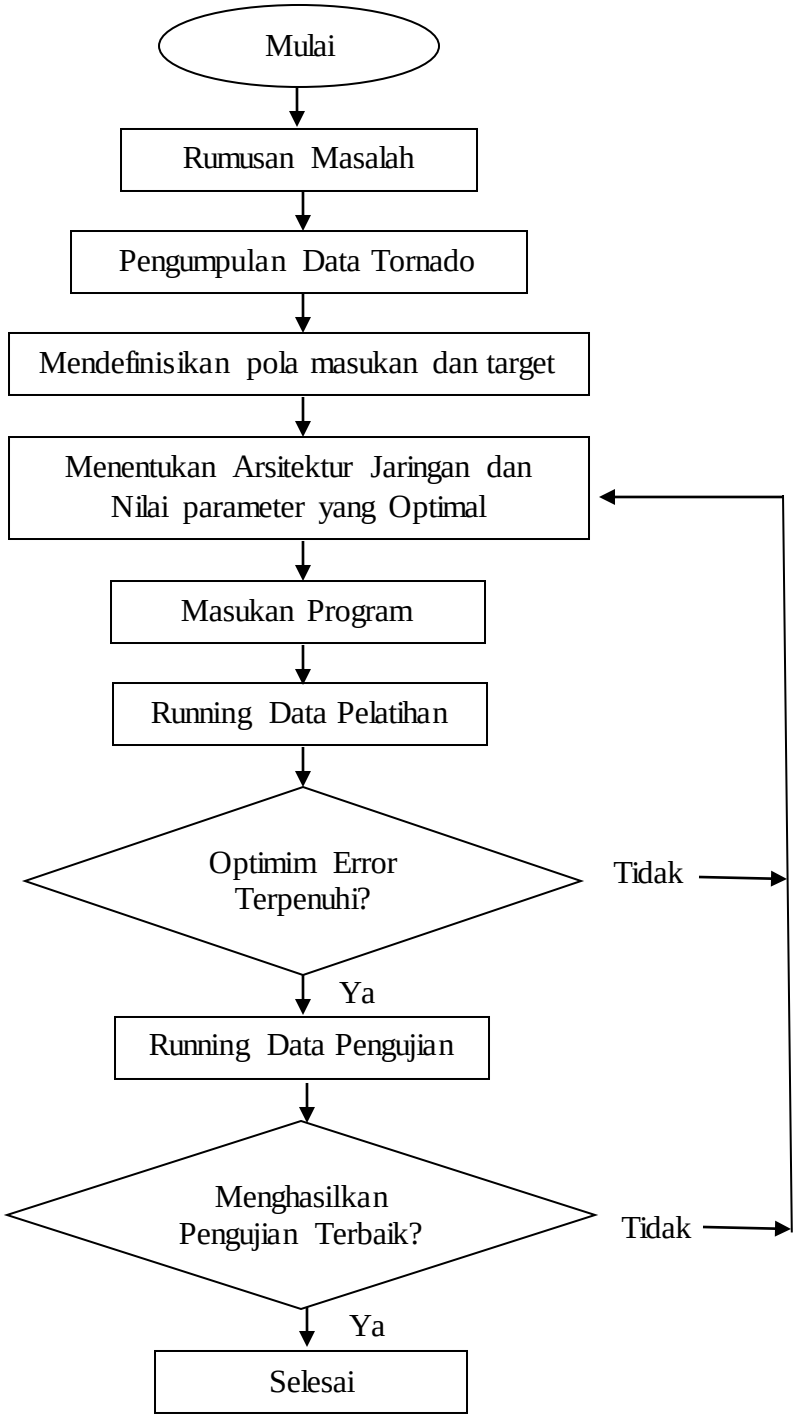
Kejadian (Injuries)	Jumlah Korban saat tornado	Numerik
Slat	Lintang per daerah di Amerika	Numerik
Slon	Garis bujur per daerah di Amerika	Numerik
Len	Panjang tornado	Numerik
Wid	Lebar tornado	Numerik

4.5 Metode Analisis Data

Proses analisis dalam penelitian ini menggunakan bantuan *software* Microsoft Excel 2013, R 3.3.3, dan Quantum GIS 2.14.12. ada beberapa metode yang digunakan dalam penelitian ini, diantaranya sebagai berikut:

1. Analisis Deskriptif, digunakan untuk memberikan gambaran umum kejadian bencana alam tornado di Amerika Serikat.
2. Normalisasi data, digunakan untuk mencegah kerangkapan data dan mempermudah pemodifikasian data.
3. Data training, digunakan untuk membentuk model data.
4. Data testing, digunakan untuk mengecek ketepatan model data.
5. Melakukan peramalan untuk data testing dengan metode *Backpropagation*.
6. Pemetaan berdasarkan panjang dan lebar tornado.

4.6 Diagram Alur Penelitian



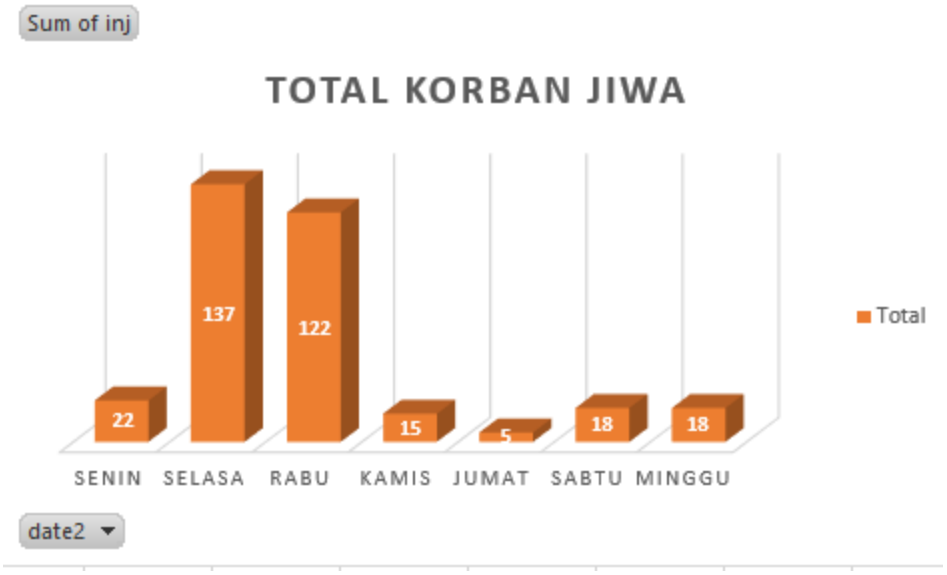
Gambar 4.1 Diagram Alur Penelitian

BAB V

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

5.1 Analisisi Deskriptif

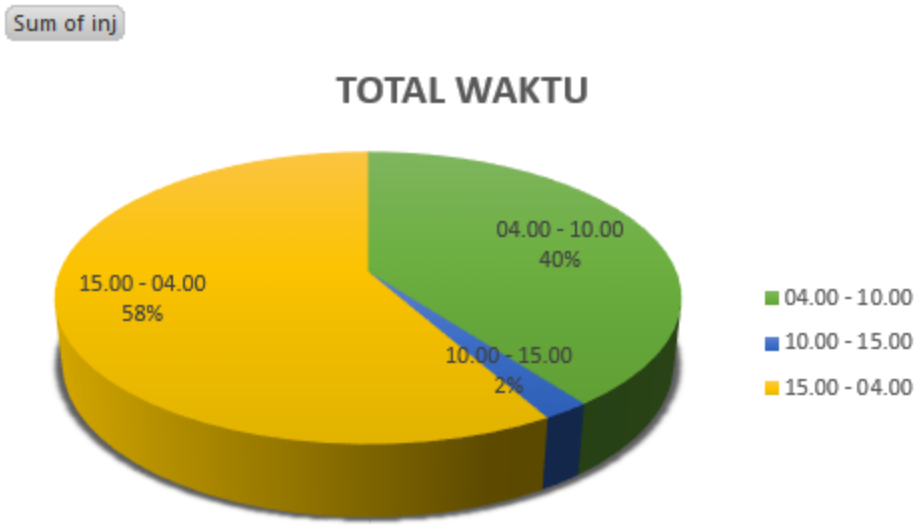
Analisis deskriptif dalam penelitian ini digunakan untuk melihat gambaran secara umum informasi tentang bencana Tornado di Amerika Serikat berdasarkan hari kejadian dengan variabel yang di gunakan untuk analisis.



Gambar 5.1 Grafik Total Injuries

Berdasarkan **Gambar 5.1** dapat diketahui bahwa kejadian bencana tornado paling sering terjadi pada kategori 2 atau hari selasa berdasarkan injuries atau jumlah korban yaitu pada kategori 2 dengan jumlah korban jiwa sebesar 137 pada hari selasa. Kecepatan dari angin tornado dapat mencapai 177 km/jam, angin tornado memiliki jangkauan jarak rata-rata 75 meter dan dapat menempuh jarak beberapa kilometer. Oleh karena itu Tornado sangat membahayakan karena dapat mengangkat dan

meluluhlantahkan semua yang dilewatinya, mulai dari pohon, mobil, bahkan gedung. Hal ini tentu saja merusak banyak sekali benda dan menelan korban jiwa yang tidak sedikit seperti yang terjadi di Amerika Serikat pada tahun 2016 ini menelan korban jiwa sebanyak 337 orang. Hal ini menggambarkan bahwa berdasarkan total korban berdasarkan hari maka kejadian bencana alam tornado paling sering terjadi pada hari selasa.



Gambar 5.6 Grafik Total Waktu

Berdasarkan **Gambar 5.6** dapat diketahui bahwa kejadian bencana tornado paling sering terjadi pada kategori 3 atau pada waktu 15.00 sore hingga 04.00 malam hari dengan total korban sebanyak 196 orang atau 58%. Hal ini menggambarkan bahwa berdasarkan waktu maka kejadian bencana alam tornado paling sering terjadi pada hari senin dan pada waktu 15.00 sore hingga 04.00 malam hari.

Sebagian besar petir terjadi pada sore hari atau malam hari setelah pemanasan radiasional maksimum. Pada sore hari, ketidakstabilan cenderung paling tinggi karena pemanasan siang hari meningkatkan gradient suhu. Saat pemanasan siang hari terjadi maka meningkatkan kapasitas udara untuk menguap uap air. Pemanasan siang hari

akan memungkinkan titik-titik embun (*dewpoint*) meningkat karena kekuatan evaporasi udara yang lebih kuat. Kelembaban memungkinkan pelepasan panas laten dalam jumlah yang lebih banyak dalam badai petir dan tingkat ketidakstabilan yang lebih tinggi. Pemanasan siang hari sebagian atau seluruhnya akan mengikis dan sore hari adalah waktu yang paling mungkin terjadinya tornado (theweaterprediction, 2015).

5.2 Analisis Korelasi

Tabel 5.1 Analisis Korelasi

Variabel	P-Value	Korelasi	Hasil
X1 (Hari)	0,5129	-0,02081011	Tidak Ada Hubungan
X2 (Waktu)	0,916	0,00335453	Tidak Ada Hubungan
X3 (Lintang)	0,07292	-0,05699175	Tidak Ada Hubungan
X4 (Bujur)	0,05356	0,06143076	Ada Hubungan
X5 (Panjang)	7,681e-11	0,2047574	Ada Hubungan
X6 (Lebar)	0,003411	0,09292714	Ada Hubungan

a. Hipotesis

   H_0 : ada hubungan yang signifikan antara korban jiwa dan variabel X

   H1 : tidak ada hubungan yang signifikan antara korban jiwa dan variabel X

b. Tingkat signifikansi 5 %

c. *Statistic* Uji yang digunakan adalah jika *p-value* < α maka tolak H_0 dan sebaliknya jika *p-value* > α maka gagal tolak H_0.

d. Keputusan

   Tolak H_0, karena *P-Value* < α (0,05).

e. Kesimpulan

   Dengan tingkat signifikansi 0,05 dapat disimpulkan bahwa nilai *P-Value* < α maka hari, waktu, dan lintang gagal tolak H_0. Sehingga dapat disimpulkan bahwa tidak

ada hubungan yang signifikan antara korban jiwa dengan hari, waktu dan lintang. Variabel yang memiliki hubungan yaitu bujur, panjang, dan lebar karena nilai *P-Value* > α. Korelasi terbesar terdapat pada variabel panjang yaitu 0,2047574.

5.2 Prediksi Data Menggunakan Algoritma Backpropagation

Dalam melakukan prediksi dengan jaringan syaraf tiruan backpropagation, ada beberapa tahap yang harus dilalui dengan pencariaan data tornado tahunan, normalisasi jaringan, inisialisasi jaringan, inisialisasi bobot, proses pelatihan Backpropagation, analisis hasil presikai dan nilai kinerja. Pengolahan dijabarkan sebagai berikut:

5.2.1 Normalisasi Data

Normalisasi data dilakukan agar jaringan yang akan menjalani proses pembelajaran tidak mengalami kegagalan (pelatihan atau pengujian). Proses ini sangat dibutuhkan didalam melakukan pembelajaran yang menggunakan fungsi aktifasi sigmoid. Data dinormalisasi dengan interval [0,1] yang merupakan range dari fungsi sigmoid biner. Pada proses tersebut normalisasi dilakukan dengan rumus (siang, 2005) yaitu :

$$X' = \frac{0{,}8(x-a)}{b-a} + 0{,}1 \qquad (5.1)$$

Keterangan :

α = data minimum

b = data maksimum

x = data aktual/asli

X’ = data normalisasi

Sehingga mendapatkan ringkasan normalisasi data pada tabel 5.1 berikut

Tabel 5.2 Data Normalisasi

No	Day	Time	Injuries	Slat	Slon	Len	Wid
1	0,33333	0,5	0	0,60722	0,04502	0,006	0,0059
2	0,66666	0	0	0,20674	0,744722	0,0008	0,0059
3	0,83333	0	0,04	0,26706	0,72942	0,03340	0,05621
4	0,66666	0,5	0	0,26641	0,73159	0,00180	0,01366
5	1	1	0,02666	0,28946	0,72068	0,01140	0,10838
6	1	1	0,05333	0,298813	0,72626	0,09190	0,09285
7	1	0	0	0,28402	0,76225	0,00790	0,02298
8	0,5	0	0	0,44320	0,58572	0,03020	0,01521
9	0,5	0	0	0,43510	0,58158	0,05330	0,06180
10	0,5	0	0	0,44080	0,59069	0,03880	0,09286
	….	….	….	….	….	….	….
989	1	1	0	0,67273	0,46151	0,00120	0,01211
990	0	1	0	0,60744	0,61794	0,01430	0,01211
991	0,5	1	0	0,51436	0,70239	0,03480	0,07732

5.2.2 Data Training dan Data Testing

Pada penelitian kali ini data tornado tahun 2016 yang berjumlah 991 data dibagi kedalam dua buah bagian yaitu data training sebanyak 793 data, dan data testing sebanyak 198 data. Proses *training* (pelatihan) merupakan proses pembelajaran dari sistem NN yang mengatur *input-input* serta bagaimana pemetaannya pada *output* sampai diperoleh model yang sesuai. Proses *training* (pelatihan) terjadi pada saat pengaturan *weight* (bobot) dan bias. Sedangkan proses *testing* (pengujian) adalah proses pengujian ketelitian dari model yang telah diperoleh dari proses *training*.

5.2.3 Proses Pelatihan Backpropagation

Pelatihan data merupakan validasi model jaringan yang bertujuan untuk mendapatkan gambaran dan pembelajaran tentang data yang dimasukan. Pelatihan data dilakukan beberapa kali dengan *trial* and *error* untuk mendapatkan jaringan terbaik dengan menentukan jumlah neuron. Proses ini berupa masukan nilai iterasi, *error* tujuan, maksimum kenaikan kerja, rata-rata pembelajaran, dan jumlah iterasi yang akan ditunjukan kemajuan serta nilai momentum sehingga didalam program terdapat kejelasan tentang pembelajaran data dan batasan yang boleh dilakukan sehingga dapat menghasilkan hasil prediksi yang baik

Sebelum pelatihan dilakukan penentuan jumlah hidden layer dan nilai learning rate yang digunakan. Dalam pelatihan data Backpropagation, terdapat tiga proses yang akan dilakukan yang pertama adalah propagasi maju, propagasi mundur, dan perubahan bobot. Propagasi maju dilakukan untuk menentukan keluaran lapisan tersembunyi dan nilai dari keluaran akhir, sedangkan propagasi mundur dilakukan menghitung kesalahan di setiap unit yang berupa *error* dan menghitung kotraksi bobot dan bias yang digunakan dan yang terakhir perubahan bobot dilakukan untuk mencapai nilai *error* tujuan.

5.3 Analisis Hasil Peramalan

Peramalan dengan menggunakan Backpropagation bertujuan untuk menyeimbangkan anatara pola pelatihan dengan pola data pengujian sehingga jaringan dapat dilatih dan mampu menghasilkan prediksi yang baik. Pada penelitian kali ini data tornado tahun 2016 yang berjumlah 991 data dibagi kedalam dua buah bagian yaitu data latih sebanyak 793 data, dan data uji sebanyak 198.

5.3.1 Analisis Hasil Pelatihan

Pelatihan data merupakan validasi model jaringan yang bertujuan untuk mendapatkan gambaran dan pembelajaran tentang data yang dimasukan. Peltihan data dilakukan beberapa kali dengan *trial* dan *error* untuk mendapatkan jaringan terbaik dengan menentukan jumlah neuron. Proses ini berupa masukan nilai iterasi, *error* tujuan, rata-rata pembelajaran, dan jumlah iterasi yang akan ditunjukan kemajuannya serta nilai momentum. Sehingga didalam program terdapat kejelasan tentang pembelajaran data dan batasan yang boleh dilakukan sehingga dapat menghasilkan nilai prediksi yang baik.

Pelatihan jaringan akan terhenti dengan sendirinya jika telah mencapai nilai MSE (*Mean Square Error*) yang kecil dan digunakan untuk membandingkan data aktual tornado dengan prediksi jaringan syaraf tiruan. Keakuratan prediksi jaringan Syaraf Tiruan juga dipengaruhi oleh banyaknya lapisan masukan dan digunakan sebagai data pelatihan untuk mendapatkan nilai bobot optimal. Jika hasil JST tidak berbeda jauh dengan data aktualnya maka rancangan jaringan syaraf tiruan ini dapat di adikan model untuk tahap pengujian data

Perancangan arsitektur terbaik didapatkan jika *error*nya kecil. Pada proses pelatihan yang perlu diperhatikan adalah parameter pembelajaran yang digunakan. Parameter pembelajaran yang digunakan mencakup parameter *learning rate*, semakin besar *learning rate* maka akan berpengaruh terhadap kecepatan jaringan untuk menjalankan proses pelatihan.

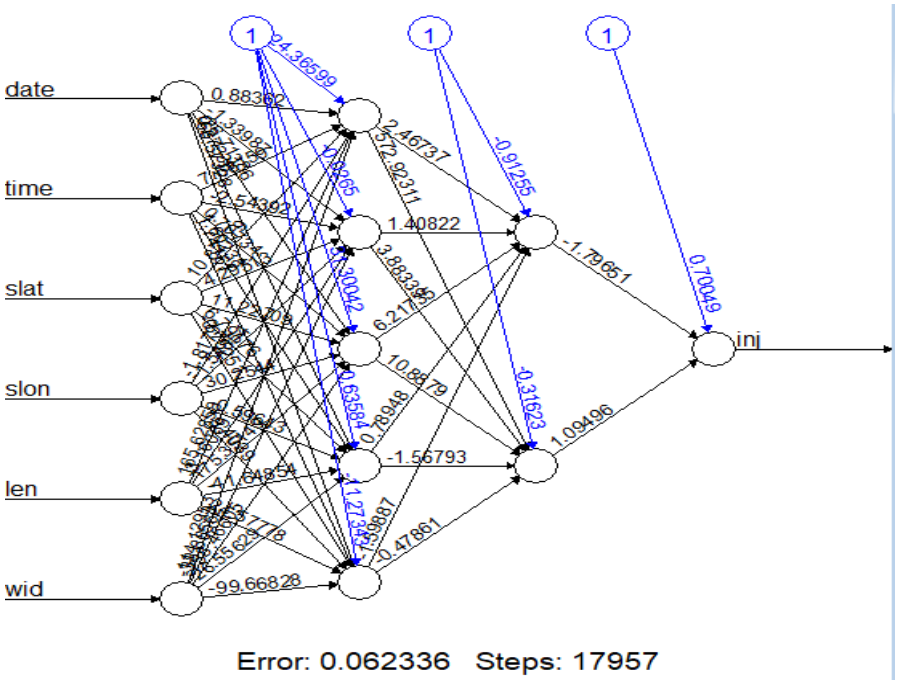
Tabel 5.3 Pelatihan data

No	***Hidden layer*s 1 – *Hidden layers* 2**	***Error***	**Steps**
1	3 - 2	0,629809	91
2	4 – 2	0,630804	108
3	4 – 3	0,629299	184

4	5 – 2	0,062336	17957
5	5 – 3	0,093371	9804

Berdasarkan tabel 5.1 nilai *error* untuk prediksi data pelatihan target yang paling kecil menggunakan 2 lapisan neuron yaitu 5 – 2 dengan nilai *error* sebesar 0,062336 dan *steps* atau iterasi 17957 dengan konfigurasi 6 : 5: 2 : 1. Lapisan masukan memiliki 6 input, dua lapisan tersembunyi atau *hidden layers* memiliki 5 dan 2 neuron dan lapisan *output* memiliki satu keluaran.

Arsitektur jaringan merupakan gambaran hubungan antar lapisan yang digunakan dalam proses pembelajaran. Setiap unit sel pada satu lapisan dihubungkan penuh terhadap sel-sel unit pada lapisan di depannya sehingga akan ditemukan bobot dan bias dari hubungan antar lapisan tersebut.



Gambar 5.6 Arsitektur jaringan Syaraf Tiruan

Dalam pelatihan data *Backpropagation*, terdapat tiga proses yang akan dilakukan yang pertama adalah propagasi maju, propagasi mundur, dan perubahan bobot. Propagasi maju dilakukan untuk menentukan keluaran lapisan tersembunyi dan nilai dari keluaran akhir, sedangkan propagasi mundur dilakukan menghitung koreksi bobot dan bias yang di gunakan dan yang terakhir perubahan bobot dilakukan untuk mencapai nilai *error* tujuan.

Perancangan arsitektur terbaik didapatkan jika *error*nya kecil. Pada proses pelatihan yang perlu diperhatikan adalah parameter pembelajaran yang digunakan. Parameter pembelajaran yang digunakan mencakup parameter *learning rate*, semakin besar nilai *learning rate* maka akan berpengaruh terhadap kecepatan jaringan untuk menjalankan proses pelatihan. Parameter lainnya adalah algoritma pelatihan yang di gunakan. Dalam proses ini peneliti menggunakan algoritma *adaptive learning*.

5.3.2 Inisialisasi Bobot

Bobot merupakan nilai matematis koneksi dari masing-masing neuron, mulai dari lapisan tersembunyi pertama lapisan tersembunyi kedua dan seterusnya. Bias merupakan sebuah unit masukan yang nilainya selalu satu (1). Setiap kali membentuk jaringan program akan mengeluarkan bobot dan bias yang terdiri dari bilangan kecil. Semakin besar bobot suatu hubungan menandakan semakin pentingnya hubungan kedua node tersebut.

Tabel 5.4 Bobot Awal *Hidden layer* 1

Variabel	**V[i,]**	**V[,j]**				
		1	**2**	**3**	**4**	**5**
Bias	0	-0,060954	-0,447515	0,445780	0,428457	-0,939542
X1	1	0,079650	-0,052398	2,051208	1,571518	-0,679143
X2	2	0,703890	0,837401	-0,451023	1,316610	0,013887
X3	3	-0,757953	0,967330	-0,320125	-0,243355	-0,618331

X4	4	0,394383	0,730681	0,883710	1,345471	0,114905
X5	5	1,690240	0,177803	-0,458294	0,071509	0,438485
X6	6	0,416080	-1,12518	1,33988	0,979894	-0,791027

Tabel 5.5 Bobot Awal *Hidden layer* 2

V[i,]	**V[,j]**	
	1	**2**
0	-0,949827	0,194815
1	-0,107721	1,093737
2	0,931999	-0,702956
3	0,483732	1,07554
4	0,948603	0,05302
5	1,246375	2,863277

Tabel 5.6 Bobot Awal *Hidden layer* ke *Output*

W[i,]	**W[,j]**
	1
0	0,198555
1	-2,097069
2	0,238180

Tabel 5.7 Bobot Akhir *Hidden layer* 1

Variabel	**V[i,]**	**V[,j]**				
		1	**2**	**3**	**4**	**5**
Bias	0	-24,36598	-0,02649	31,300416	0,635838	-11,274325
X1	1	0,88361	-1,339867	-26,713864	0,273358	-56,573278
X2	2	7,68158	-2,543921	0,707339	1,602376	1,741608
X3	3	10,82778	4,295129	11,227091	6,79175	-0,752510

X4	4	-1,817904	-1,548540	30,254396	-0,596426	18,403901
X5	5	165,62858	-3,160693	175,35149	-41,64853	-41,648539
X6	6	-114,12953	-39,86561	-738,46605	26,556294	-99,668282

Tabel 5.8 Bobot Akhir *Hidden layer* 2

V[i,]	**V[,j]**	
	1	**2**
0	0,912547	-0,316229
1	2,46765	572,923112
2	1,408224	3,883390
3	6,217348	10,887903
4	0,789476	-1,567933
5	-1,598871	-0,478611

Tabel 5.9 Bobot Akhir *Hidden layer* 2 ke *Output*

W[i,]	**W[,j]**
	1
0	0,700492
1	-1,796514
2	1,0949645

5.3.3 Analisis Hasil Pengujian

Tahap selanjutnya dalam memprediksi tornado di Amerika Serikat adalah analisis data pengujian, dimana pengujian dilakukan untuk mendapatkan hasil prediksi tornado selanjutnya. Pengujian data juga berfungsi untuk mengukur validasi apakah hasil peramalan dari model yang dibangun memberikan hasil yang baik dengan mendapatkan *error* yang kecil.

Faktor-faktor yang berpengaruh terhadap data pengujian adalah *learning rate*, *error*, dan iterasi. Berdasarkan hasil pengujian faktor-faktor tersebut memberikan pengaruh yang besar terhadap pelatihan data sehingga mampu melakukan pelatihan jaringan dengan baik. Pengujian menggunakan arsitektur jaringan *backpropagation* dengan *adaptive learning* yang terdiri dari 2 lapisan, lapisan pertama terdiri dari 5 neuron dan lapisan kedua terdiri dari 2 neuron dengan fungsi aktivasi sigmoid biner. Lapisan keluaran terdiri dari 1 neuron.

Data pengujian yang digunakan adalah sebanyak 198 data. Hasil peramalan data pengujian dapat dilihat pada gambar berikut:

```
> MSE.nn
[1] 3.053676296
```

Gambar 5.7 Hasil MSE data *testing*

Perbandingan model untuk mencoba model ANN yang berbeda dilakukan dengan membandingkan *Mean Square Error* (MSE) pada tahap pengujian. Akhirnya didapatkan bahwa arsitektur jaringan yang optimal dalam proses memprediksi tornado adalah pada percobaan ke empat dengan jumlah neuron 5,2 yaitu 0,062336 dengan MSE sebesar 3,0536762.

Dari hasil yang didapatkan diatas, didapatkan MSE tekecil yaitu 3,0536762. Semakin kecil nilai *error* akan semakin menghasilkan *output* yang baik dan semakin mendekati target. Dalam melakukan training banyak hal yang mempengaruhi nilai *error* beberapa diantaranya adalah banyak percobaan dalam menetapkan *hidden layer*, menetapkan jumlah neuron, dalam *hidden layer*, serta menerapkan teknik pembelajaran pada jaringan yang direncanakan. Nilai MSE didapatkan dari setiap data yang dilatih yaitu data pelatihan dan pengujian dengan menggunakan bobot dan bias yang sama dalam jaringan yang digunakan.

5.4 Analisis Regresi Linear Berganda

```
Call:
lm(formula = data$inj ~ data$date + data$time + data$slat + data$slon +
    data$len + data$len + data$wid)

Residuals:
    Min      1Q  Median      3Q     Max
-11.346  -0.438  -0.170   0.013  73.284

Coefficients:
             Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)  1.701e+00  1.145e+00   1.485    0.138
data$date   -2.603e-02  4.801e-02  -0.542    0.588
data$time    4.116e-02  1.597e-01   0.258    0.797
data$slat   -2.276e-02  1.874e-02  -1.214    0.225
data$slon    9.219e-03  1.181e-02   0.781    0.435
data$len     1.150e-01  2.015e-02   5.706 1.53e-08 ***
data$wid    -6.414e-05  3.964e-04  -0.162    0.871
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 2.815 on 984 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.04512,   Adjusted R-squared:  0.0393
F-statistic: 7.749 on 6 and 984 DF,  p-value: 3.688e-08
```

Gambar 5.8 Output Regresi Linear

Dari output terlihat *Adjusted R-square* sebesar 0,0393. Yang artinya variabel hari, waktu, lintang, bujur, panjang, dan lebar tornado mampu menjelaskan 3,93% variasi variabel korban jiwa.

Berdasarkan output diatas didapatkan model regresi y= 1,701 + (-2,603e-02) X1 + 4,116e-02 X2 + (-2,276e-02) X3 + 9,219e-03 X4 + 1,150e-01 X5 + (-6,414e-05) X6

Berdasarkan output diatas dapat dilakukan uji overall, berikut langkah uji overall.

a. Uji Hipotesis

   $H_0 = \beta i = 0$ (i=0,1,2,..) Model regresi tidak layak digunakan

   H_1 = ada minimal satu i dimana $\beta i \neq 0$ (i=0,1,2,..) Model regresi layak

b. Tingkat signifikansi 5 %

c. Statistik Uji yang digunakan adalah jika *p-value* < α maka tolak H_0 dan sebaliknya jika *p-value* > α maka gagal tolak H_0.

d. Keputusan *p-value* < α yaitu 3,688e-08 < 0,05 maka tolak H_0.

e. Kesimpulannya adalah berdasarkan keputusan yang diperoleh yaitu tolak H_0 maka dapat dikatakan model regresi yang digunakan layak dan ada $\beta i \neq 0$ maka dilanjutkan dengan uji parsial.

Uji Parsial

a. Hipotesis Uji Parsial

   H_0 = $\beta i = 0$ (i=0,1,2,..) Koefisien βi tidak signifikan dalam model

   H_1 = ada minimal satu i dimana $\beta i \neq 0$ (i=0,1,2,..) Koefisien βi signifikan dalam model

b. Tingkat signifikansi 5 %

c. Statistik Uji yang digunakan adalah jika *p-value* < α maka tolak H_0 dan sebaliknya jika *p-value* > α maka gagal tolak H_0.

d. Keputusan :

Tabel 5.10 Keputusan Uji Parsial

Variabel	P-value	Keputusan
X1	0,588	Gagal Tolak H0
X2	0,797	Gagal Tolak H0
X3	0,225	Gagal Tolak H0
X4	0,435	Gagal Tolak H0
X5	1,53e-08	Tolak H0
X6	0,871	Gagal Tolak H0

e. Kesimpulannya adalah berdasarkan keputusan yang diperoleh yaitu tolak H_0 berati koefisien β_5 signifikan dalam model, maka dapat dikatakan koefisien β_5 atau panjang tornado berpengaruh terhadap korban jiwa bencana alam tornado.

5.5 Hasil Validasi

Hasil validasi akan membandingkan nilai MSE dari analisis yang telah dilakukan yaitu JST Backpropagation dengan 6 variabel X yaitu hari, waktu, bujur, lintang, panjang tornado, dan lebar tornado, kemudian JST Backpropagation dengan 3 variabel Y yang telah di uji korelasi yaitu lintang, panjang tornado, dan lebar tornado yang memiliki hubungan dengan variabel Y yaitu korban jiwa, dan menggunakan analisis regresi.

Tabel 5.11 Perbandingan Analisis

Metode	MSE
BPNN menggunakan 6 variabel X (5-2)	3,0536762
BPNN menggunakan 3 variabel X (5-2)	2,5655058
Regresi Linear Berganda	8,612359

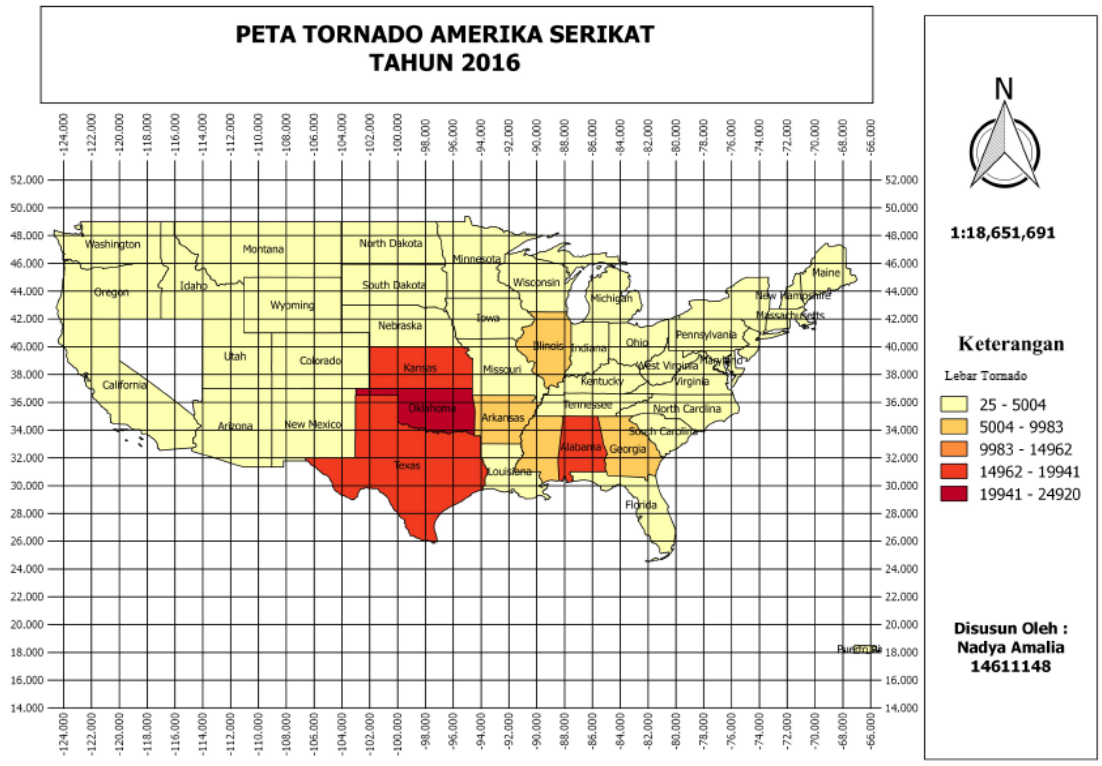
Dari tabel di atas didapatkan prediksi Mean Square Error yang berbeda-beda, diperoleh nilai paling kecil terdapat pada analisis menggunakan JST *Bacpropagation* menggunakan 3 variabel X yang telah diuji korelasi yaitu sebesar 2,5655058. Namun dibandingkan dengan menggunakan regresi linear hasil MSE jauh berbeda dengan menggunakan JST *Backpropagation* yaitu sebesar 8,612359. Dengan demikian dalam menyelesaikan permasalah prediksi yang sulit dimodelkan sehingga dapat diperoleh *error* yang kecil lebih baik menggunakan JST *Backpropagation* dibandingkan menggunakan regresi linear.

5.6 Analisis Pemetaan Wilayah Tornado

5.6.1 Pemetaan Wilayah Berdasarkan Lebar Tornado

Berdasarkan hasil analisis dan pemetaan wilayah tornado di Amerika Serikat, terdapat 45 titik lokasi bagian. Secara astronomi, negara ini terletak pada garis lintang

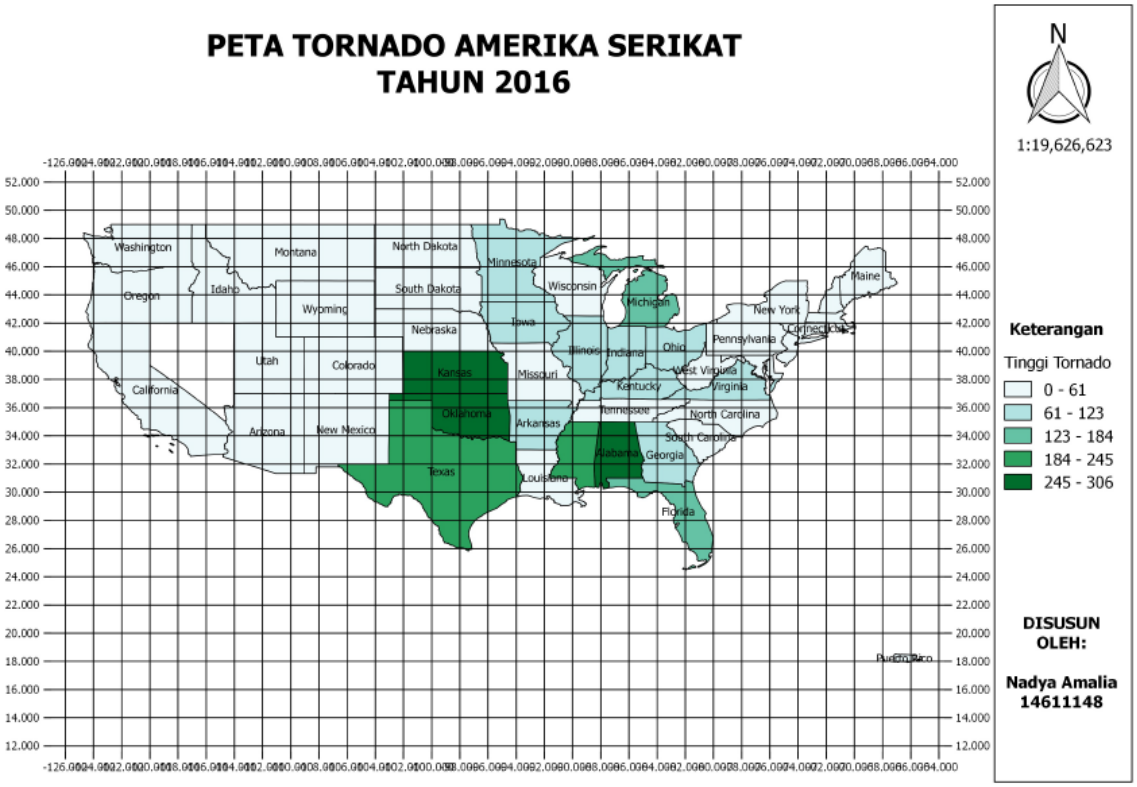
antara 25^0 Lintang Utara sampai 49^0 Lintang Selatan dan pada garis bujur antara 66^0 Bujur Barat sampai 125^0 Bujur Barat.



Gambar 5.9 Pemetaan Wilayah Berdasarkan Lebar Tornado

Peta diatas menunjukan bahwa berdasarkan rata-rata lebar per mil tornado perwilayah pada tahun 2016 dikelompokan menjadi 5 kelas yaitu lebar 25 sampai 5004 mil, lebar 5004 sampai 9983 mil, lebar 9983 sampai 14962 mil, lebar 14962 sampai 19941 mil, dan lebar 19941 sampai 24920 mil. Lebar tornado yang paling tinggi terdapat pada wilayah Oklahoma, kemudian kelompok kedua lebar tornado terdapat pada wilayah Kansas, Texas, dan Alabama, dan kelompok ketiga adalah Arkansa, Georgia, dan Illinois.

5.6.2 Pemetaan Wilayah Berdasarkan Panjang Tornado



Gambar 5.10 Pemetaan Wilayah Berdasarkan Tinggi Tornado

Peta diatas menunjukan bahwa berdasarkan rata-rata tinggi per *yards* atau halaman tornado perwilayah pada tahun 2016 dikelompokan menjadi 5 kelas yaitu tinggi 0 sampai 61, tinggi 61 sampai 123, tinggi 123 sampai 184, tinggi 184 sampai 245, tinggi 145 sampai 306. Tinggi tornado yang paling banyak terdapat pada wilayah Oklahoma, Kansas, dan Alabama, kemudian kelompok kedua tinggi tornado terdapat pada wilayah Texas, dan kelompok ketiga adalah Arkansa, Michigan dan Florida.

BAB VI

PENUTUP

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan pada bab sebelumnya, penulis dapat menarik beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Jaringan syaraf tiruan merupakan salah satu program pemprosesan sistem informasi yang mampu diaplikasikan pada kasus prediksi korban jiwa bencana alam tornado di Amerika Serikat, *backpropagation* merupakan salah satu algoritma yang digunakan dalam prediksi korban jiwa bencana alam tornado. Penerapan jaringan syaraf tiruan untuk prediksi membutuhkan waktu yang tidak sedikit karena perlu melakukan banyak percobaan menetapkan jumlah *hidden layer*, penentuan besarnya *learning rate*, serta menerapkan teknik pembelajaran pada jaringan yang direncanakan.
2. Model terbaik yang didapatkan terdiri dari 2 lapisan neuron yaitu lapisan pertama 5 neuron dan lapisan kedua yaitu 2 neoron menggunakan data latih dan mendapatkan nilai error sebesar 0,062336 pada iterasi ke- 17957 lalu di lanjutkan dengan menggunakan data uji didapatkan nilai MSE sebesar 3,0536762.
3. Pemetaan wilayah berdasarkan lebar tornado per mil didapatkan bahwa lebar tornado yang paling tinggi terdapat pada wilayah Okiahoma pada kategori pertama yaitu 19941 sampai 24920 mil. Kemudian berdasarkan panjang tornado per yards atau halaman di dapatkan tinggi tornado yang paling banyak terdapat pada wilayah Oklahoma, Kansas, dan Alabama pada kategori pertama yaitu 145 sampai 306 yards.

6.2 Saran

Berdasarkan hasil analisis dan kesimpulan, dapat diberikan saran sebagai berikut :

1. Harapan untuk peneliti selanjutnya perlu menambahkan variabel input yang lebih rinci lagi sebagai data uji dan target seperti kerugian properti, kerugian panen, skala tornado faktor yang terjadi setelah terkena tornado lainnya.
2. Diharapkan mengembangkan sistem yang belum dilakukan untuk GIS pada tornado.

DAFTAR PUSTAKA

Alexander dan Morton. 1994. Neural Networks: A Comprehensive Foundation.

Amadea, M. 2015. Prediksi Produksi Debit Minum Perbulan Dengan Metode Jarongan Syaraf Tiruan Backpropagation. Tugas Akhir. Jurusan Informatika Universitas Dian Nuswantoro Semarang.

Anwar, S. 2017. Implementasi Metode Jaringan Syaraf Tiruan Backpropagation Untuk Prediksi Penyakit Glaukoma Di Kota Pati. Tugas Akhir. Jurusan Informatika Universitas Dian Nuswantoro Semarang.

Anonim. 2015. *Why Do Most Thunderstroms Occur In Late Afternoon*. http://www.theweatherprediction.com/habyhints/185/, diakses 6 Maret 2018.

Anonim. 2011. Angin *Tornado*. https://ilmugeografi.com/fenomena-alam/angin-tornado/amp, diakses 12 Februari 2018

Anonim. 2017. Tornado. http://id.wikipedia.org/wiki/Tornado, diakses 29 Januari 2018

Chen, A dan Hazem, D. 2003. *Application of Neural Networks to An Emerging Financial Market*. *International Jurnal of Forecasting and Trading the Taiwan Stock Index*, Comput. Oper. Res. 30 (901–923).

Hasan, I. 2002. Pokok-pokok Materi Metodologi Penelitian dan Aplikasinya. Bogor : Ghalia Indonesia.

Heaton, J. 2008. Introduction to Neural Networks for C, Second Edition, Heaton Research, St Louis

Hendri, A. 2010. Penerapan *Backpropagation Neural Network* Untuk Peramalan Penjualan Produksi Susu. Tugas Akhir. Fakultas Teknologi Pertanian Institut Pertanian Bogor.

Hermawan, A. 2006. Pengantar Jaringan Syaraf Tiruan, Teori, dan Aplikasi, Yogyakarta: Andi.

Fausett, L. 1994. *Fundamentals of Neural Networ, Architecture, Algoritm And Application*. Printice-Hall. Inc. London.

Madaan, S. 2016. Various causes and effects of tornadoes. https://www.eartheclipse.com/natural-disaster/various-causes-and-effects-of-torandoes.html, diakses 23 Mei 2018.

Nurjannah, dkk. 2011. Manajemen Bencana. Bandung: Alfabeta

Nur'afifah. 2011. Analisis Metode *Backpropagation* Untuk Memprediksi Indeks Harga Saham Pada Kelompok Indeks Harga Saham Pada Kelompok Indeks Bisnis-27. Tugas Akhir. Fakultas Sains Dan Teknologi Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah Jakarta.

Prabhawaningrum, A. 2013. Perbandingan Algoritma Levenberg-Marquardt Dengan Backpropagation Untuk Mendiagnosa Jenis Penyakit Kandungan. Tugas Akhir. Jurusan Informatika Universitas Sebelas Maret.

Puspita, A. dan Euike. 2007. Penggunaan Jaringan Syaraf Tiruan Metode Backpropagation untuk Memprediksi Bibir Sumbing. Seminar Nasional Teknologi.

Puspitaningrum, D. 2006. Pengantar Jaringan Syaraf Tiruan. Yogyakarta.

Pratiwi, N. 2016. *Implementasi K-Means Dan K-Medoids Clustering Dalam Pengelompokan Unit Usaha Koperasi*.Tugas Akhir.Jurusan Statistika FMIPA UII Yogyakarta

Rangga, B. 2013. Cuaca Ekstrim (*Extreme Weater*)"Badai Tornado di Amerika Serikat". Jurnal. Jurusan P. Geografi Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Sebelas Maret. Solo.

Restuwardi, Y. 2008. *Sistem Intelijen Untuk Prediksi Pertumbuhan Ekonomi dengan Menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan dan Adaptif Neuro-Fuzzy*. Skripsi. Departemen Ilmu Komputer, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam IPB. Bogor.

Rich, E dan Kevin, K. 1991. *Artificial Intelligence*. McGraw Hill Book. Singapura.

Sarwidi. 2010. Evaluasi Sekolah Siaga Bencana (Studi Kasus: Smkn Berbah Kabupaten Sleman, Yogyakarta). Prosiding Seminar Nasional 2013 Menuju Masyarakat Madani dan Lestari.

Siang, J. 2009. Jaringan Syaraf Tiruan dan Pemrogramannya Menggunakan Matlab, Penerbit Andi, Yogyakarta.

Suci, A. 2009. *Prediksi Penjualan Excavator pada PT. Intraco Penta, Tbk dengan Menggunakan Artificial Neural Network*. Skripsi. Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknologi Industri Universitas Trisakti. Jakarta.

Sugiyono. 2004. *Metode Penelitian Bisnis*: Penerbit CV. Alfabeta: Bandung

Suyanto, S. 2011. *Artificial Intelligence* (Edisi Revisi). Bandung: Informatika Bandung.

Wong, B dan Jolie, L. 2000. *A Bibliography of Neural Network Business Applications.* Research : 1994–1998, Comput. Oper. Res. 27 (1023–1044).

Zhang, G dan Hu, B. 2004. *Forecasting with Artificial Neural Networks : The State of the Art*. International Jurnal of Forecasting 14, 35-62.

LAMPIRAN

Lampiran 1. Data Tornado Amerika Serikat Tahun 2016

No	Date	Time	Inj	Slat	Slon	Len	Wid
1	3	2	0	36.9381	-121.382	0.61	20
2	5	1	0	24.7315	-81.0139	0.09	20
3	6	1	3	26.57	-82.037	3.35	182
4	5	2	0	26.5503	-81.9126	0.19	45
5	7	3	2	27.253	-82.5396	1.15	350
6	7	3	4	27.538	-82.219	9.2	300
7	7	1	0	27.0873	-80.1497	0.8	75
8	4	1	0	31.9388	-90.2981	3.03	50
9	4	1	0	31.6919	-90.5363	5.34	200
10	4	1	0	31.8656	-90.0125	3.89	300
11	4	1	0	32.2624	-89.5387	2.09	75
12	4	1	0	30.8872	-90.5192	0.24	50
13	4	1	0	31.3241	-89.6506	6.46	530
14	5	3	0	30.8969	-86.1972	3.03	50
15	5	3	0	30.3563	-85.3032	1.17	50
16	3	1	2	26.2349	-80.1809	2.29	35
17	4	1	0	26.4568	-80.1025	7.12	10
18	2	3	0	32.2441	-89.157	7.13	150
19	2	3	0	32.4685	-88.8749	21.23	880
20	2	3	0	32.7303	-88.5776	18.52	300
21	2	1	1	33.0273	-88.3177	26.2	1200
22	2	1	1	35.7673	-89.1677	2.64	100
23	2	1	0	32.98	-88.57	6.59	150

24	2	1	0	33.5399	-87.9153	6.12	500
25	2	1	0	32.6071	-89.1547	0.68	50
26	2	1	0	33.8779	-88.021	4.13	400
27	2	2	0	33.3956	-88.1635	4.18	1400
28	3	3	0	35.7989	-80.3185	1.03	50
29	3	3	0	35.8451	-80.1522	1.67	100
30	3	3	0	33.9033	-81.0696	0.69	75
31	3	3	0	31.8717	-81.6247	5.7	300
32	1	2	0	30.9533	-91.9219	0.32	20
33	1	2	0	32.3762	-90.3166	0.52	50
34	1	3	0	31.696	-90.4023	30.34	250
35	1	3	0	32.8155	-89.6062	1.88	300
36	1	3	0	33.0346	-89.2791	2.51	200
37	1	3	0	30.1606	-92.8538	0.78	10
38	1	3	2	31.0721	-90.1828	5	250
39	1	3	0	31.9468	-89.6273	2.1	100
….	…..	…..	…..	…..	…..	…..	……
969	3	3	0	34.0905	-84.2336	2.93	100
970	3	3	0	34.2322	-83.5025	2.8	100
971	3	3	0	34.678	-82.378	16.44	150
972	3	1	0	35.124	-80.953	2.37	150
973	1	2	0	30.2695	-90.8874	3.4	30
974	2	3	0	30.5158	-89.3681	4.32	20
975	6	1	0	34.2187	-92.2704	0.48	100
976	6	2	0	34.82	-88.08	0.62	87
977	6	2	0	33.9239	-89.2228	0.35	75
978	7	3	0	34.3751	-88.0719	0.97	75

979	7	1	0	37.1597	-100.697	0.65	25
980	7	1	0	37.6199	-100.143	5.79	40
981	7	2	0	37.4969	-99.5583	3.17	30
982	7	2	0	37.5116	-99.3277	6.34	30
983	7	2	0	38.3995	-99.3807	1.15	30
984	7	2	0	37.3021	-99.2417	1.88	50
985	7	2	0	39.503	-99.0182	1.87	50
986	7	2	0	40.4216	-99.2467	2.75	200
987	7	3	0	40.4255	-98.857	0.51	50
988	7	3	0	40.7708	-98.9236	4.18	50
989	7	3	0	38.9351	-97.4384	0.13	40
990	1	3	0	36.9449	-88.446	1.44	40
991	4	3	0	34.1078	-83.5913	3.49	250

Lampiran 2. *Script* R *Neural Network*

```
# input data

set.seed(500)

library(MASS)

data=read.delim("clipboard")


# Check that no data is missing

apply(data,2,function(x) sum(is.na(x)))


# Train-test random splitting for model

index <- sample(1:nrow(data),round(0.8*nrow(data)))

train <- data[index,]

test <- data[-index,]


#Normalisasi data
```

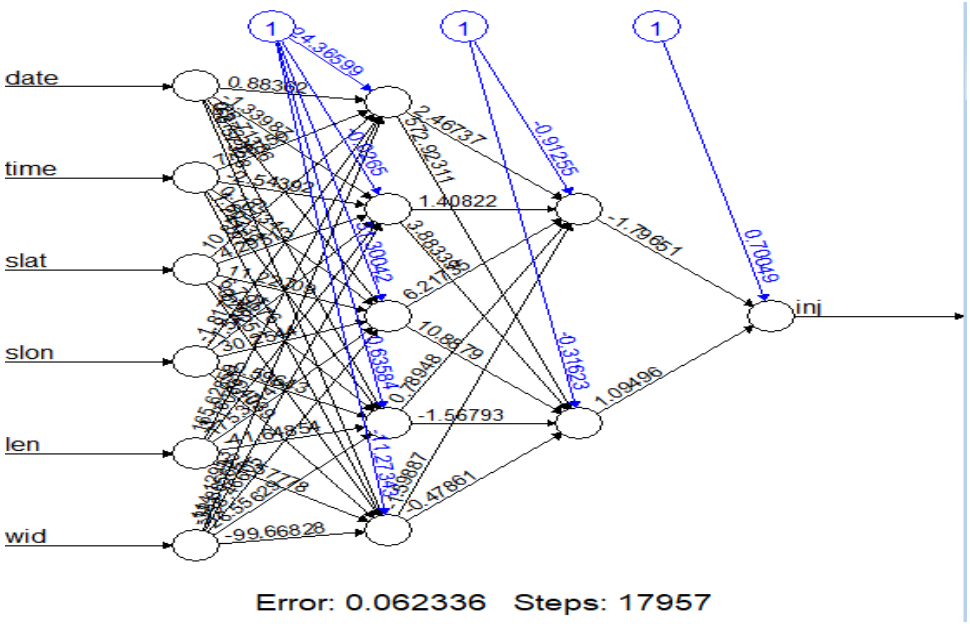
```
maxs <- apply(data, 2, max)

mins <- apply(data, 2, min)


normalize <- function(x) {

  return ((x-min(x))/(max(x)-min(x)))

}


scaled <- as.data.frame(lapply(data, normalize))

View(scaled)


# Train-test split

train_ <- scaled[index,]

View(train_)

test_ <- scaled[-index,]

View(test_)


# NN training

library(neuralnet)

n <- names(train_)

f <- as.formula(paste("inj ~", paste(n[!n %in% "inj"], collapse = "
+ ")))

nn <- neuralnet(f,data=train_,hidden=c(5,2),
learningrate=0.01,linear.output=T)


plot(nn)

nn$startweights

nn$weights


# Visual plot of the model

print(nn)
```

```
# Predict data test_

pr.nn <- compute(nn,test_[,1:6])


pr.nn_ <- pr.nn$net.result*(max(data$inj)-
min(data$inj))+min(data$inj)

test.r <- (test_$inj)*(max(data$inj)-min(data$inj))+min(data$inj)


MSE.nn <- sum((test.r - pr.nn_)^2)/nrow(test_)

MSE.nn
```

Lampiran 3. *Output* Bobot Awal

```
> nn$startweights
[[1]]
[[1]][[1]]
               [,1]          [,2]          [,3]          [,4]          [,5]
[1,] -0.60954475692 -0.4475151161  0.4457800919  0.42845731114 -0.93954227409
[2,]  0.07965025155 -0.5239827081  2.0512085823  1.57151843566 -0.67914356289
[3,]  0.70389061180  0.8374011668 -0.4510238130  1.31661058922  0.01388737957
[4,] -0.75795379157  0.9673303252 -0.3201254132 -0.24335587175 -0.61833148814
[5,]  0.39438340919  0.7306818497  0.8837101052  1.34547175670  0.11490585248
[6,]  1.69024006167  0.1778032353 -0.4582941727  0.07150910916  0.43848540256
[7,]  0.41608028142 -1.1251837417  1.3398873277  0.97989494705 -0.79102747538

[[1]][[2]]
               [,1]          [,2]
[1,] -0.9498275971  0.19481556366
[2,] -0.1077212224  1.09373779459
[3,]  0.9319994656 -0.70295600769
[4,]  0.4837321105  1.07554460726
[5,]  0.9486032422  0.05302260345
[6,]  1.2463755501  2.86327771684

[[1]][[3]]
               [,1]
[1,]  0.1985553410
[2,] -2.0970690184
[3,]  0.2381800012
```

Lampiran 4. *Output* Bobot Akhir

```
> nn$weights
[[1]]
[[1]][[1]]
                [,1]          [,2]           [,3]          [,4]
[1,] -24.3659852959 -0.026499361  31.3004167822  0.6358387619
[2,]   0.8836184446 -1.339867536 -26.7138649228  0.2733585473
[3,]   7.6815889167 -2.543921388   0.7073394749  1.6023764756
[4,]  10.8277854336  4.295129576  11.2270915201  6.7917593151
[5,]  -1.8179049887 -1.548540744  30.2543960723 -0.5964267418
[6,] 165.6285825408 -3.160693982 175.3514921844 -41.6485393477
[7,] -114.1295334511 -38.865616813 -738.4660547408  26.5562942337
                [,5]
[1,] -11.2734253722
[2,] -56.5732781354
[3,]   1.7416082221
[4,]  -0.7525106371
[5,]  18.4039012907
[6,]  24.5777838626
[7,] -99.6682826123

[[1]][[2]]
                [,1]           [,2]
[1,] -0.9125476373  -0.3162298724
[2,]  2.4673655195 572.9231127905
[3,]  1.4082244747   3.8833903299
[4,]  6.2173486324  10.8879039813
[5,]  0.7894760198  -1.5679338890
[6,] -1.5988717832  -0.4786110714

[[1]][[3]]
                [,1]
[1,]  0.7004924829
[2,] -1.7965140446
[3,]  1.0949645049
```

Lampiran 5. Arsitektur Jaringan Syaraf Tiruan