

## BAB II

### LANDASAN TEORI

#### 2.1 Sejarah Perkembangan Jaringan Syaraf Tiruan

Sejarah perkembangan jaringan syaraf tiruan secara garis besar telah dimulai pada tahun 1940 dengan mengalokasikan cara kerja otak manusia berdasarkan logika numerik yang diadaptasi dengan peralatan komputer. Perkembangan selanjutnya mengalami banyak tahapan yaitu sebagai berikut (S. Muis, 2010):

1. Tahun 1943, McCulloch dan Pitts meletakkan konsep dasar jaringan syaraf tiruan secara matematis, model ini dikenal lebih mudah untuk diimplementasikan dikembangkan, dan dipahami.
2. Tahun 1949, Donald Hebb memperkenalkan sebuah metode pembelajaran Hebbian yaitu dimana metode tersebut memungkinkan suatu informasi dapat disimpan di antara jaringan syaraf tiruan untuk dapat menjalankan proses berikutnya.
3. Tahun 1952, Ashby dalam buku *The Origin of Adaptive Behavior* memperkenalkan sebuah ide pembelajaran yang adaptif.
4. Tahun 1954, Minsky dalam tesis doktor yang berjudul "*neural network*" menjelaskan sebuah pemahaman tentang jaringan syaraf tiruan ke arah yang lebih lebih jelas dan komprehensif.
5. Tahun 1956, Taylor meletakkan suatu dasar struktur jaringan syaraf tiruan associative memory.
6. Tahun 1958, Frank Rosenblatt memperkenalkan sebuah jaringan syaraf perceptron yang merupakan dasar dari mesin jaringan syaraf tiruan yang terus berkembang dari waktu ke waktu.
7. Tahun 1974, Werbos memperkenalkan algoritma *backpropagation* untuk dapat mendukung suatu proses dan lebih dalam untuk menjelaskan pembelajaran jaringan syaraf lapis banyak *perceptron*.

## 2.2 Jaringan Syaraf Tiruan

Jaringan Syaraf Tiruan (JST) merupakan suatu sistem pemrosesan informasi yang dibuat dengan menirukan cara kerja otak manusia untuk menyelesaikan suatu masalah tertentu (Laluma, 2012).

Jaringan Syaraf Tiruan (JST) merupakan suatu pengembangan model kecerdasan dari otak manusia dan selanjutnya diimplementasikan dengan menggunakan suatu program komputer yang berfungsi untuk dapat menyelesaikan masalah yang ada. Seiring berjalannya waktu menjadikan jaringan syaraf tiruan ini semakin maju dan semakin berkembang pesat yang menjadikan salah satu cabang ilmu yang mempunyai peranan penting dalam perkembangan teknologi yang semakin canggih dimasa yang akan datang. Jaringan syaraf tiruan memiliki karakteristik alamiah yang meniru cara kerja otak manusia dan memiliki kemampuan belajar yang mengakumulasi pengetahuan hasil dalam pembelajaran jaringan *database*. Sistem ini semakin lama menjadi semakin cerdas dan semakin canggih seiring dengan proses pembelajaran yang dijalani dari waktu ke waktu, sehingga JST tersebut memiliki kemampuan beradaptasi yang baik dengan lingkungan yang baru (D. I. S. Muis, 2017).

Kinerja Jaringan Syaraf Tiruan (JST) adalah melakukan sebuah proses atau tahapan pembelajaran dari suatu model dengan berdasarkan data, lalu JST akan melakukan suatu proses guna mencari atau mendapatkan dalam pencocokan suatu pola (Musli Yanto, Sarjon Defit, 2015).

### 2.2.1 Pemodelan Jaringan Syaraf Tiruan

Secara matematis, cara kerja jaringan syaraf tiruan yang diusulkan McCulloch dan Pitts (1943) digambarkan terdiri dari masukkan  $X_0, X_1, \dots, X_n$  dan bobot yang menyertainya  $W_0, W_1, \dots, W_n$ , serta fungsi aktivasi sigmoid  $f$  dan kelajuan pembelajaran  $\partial$ .

Jaringan syaraf tiruan dikembangkan berdasarkan model matematis dengan mengasumsikan:

1. Informasi diproses oleh elemen-elemen yang sederhana yang disebut neuron.
2. Sinyal-sinyal dilewatkan antara neuron yang saling berhubungan antara satu dan yang lain.

Hak Cipta Diindungi Undang-Undang

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

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

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

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

3. Setiap sambungan antara dua neuron yang memiliki bobot masing-masing bobot tersebut yang akan mengalikan sinyal yang ditransmisikan.
4. Tiap neuron memiliki fungsi aktivasi dimana akan menentukan besaran suatu keluaran (S. Muis, 2010).

### 2.2.2 Statistika Pembelajaran

Proses pembelajaran jaringan syaraf tiruan (paradigma pembelajaran terawasi) berupa pemberian variabel bebas n data masukkan  $x_1, x_2, \dots, x_n$ , dan keluaran data yang diharapkan  $d_1, d_2, \dots, d_n$ , (variabel tak bebas) sehingga data yang dimasukkan kepada jaringan syaraf tiruan merupakan himpunan data  $D = \{(x_1, d_1), (x_2, d_2), \dots, (x_n, d_n)\}$ . Hubungan antara variabel x dan d ditulis dalam bentuk persamaan:

$$D = g(x) + \varepsilon$$

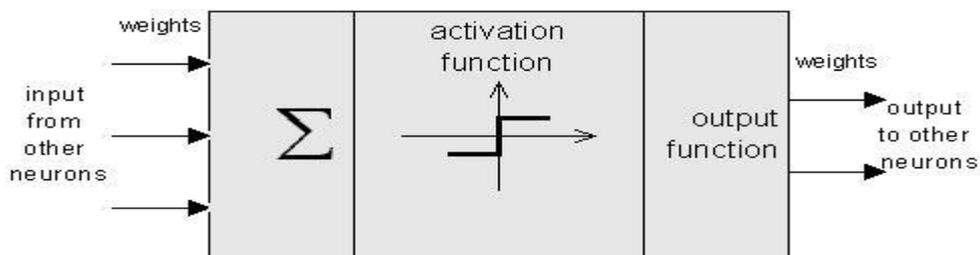
$g(x)$  adalah fungsi dengan variabel x,  $\varepsilon$  adalah nilai kesalahan ekspektasi acak.

Dengan mengabaikan parameter  $\varepsilon$  maka persamaan di atas menjadi  $d = g(x)$ . Fungsi ini disebut sebagai model regresi dimana fungsi  $g(x)$  secara statistik ditulis:

$$g(x) = E[d|x] \text{ (S. Muis, 2010).}$$

### 2.2.3 Komponen Jaringan Syaraf Tiruan

Jaringan syaraf tiruan terdiri dari beberapa neuron dan memiliki hubungan antara neuron satu dan neuron yang lain. Neuron-neuron tersebut akan mentransformasikan informasi yang sudah diterima melalui sambungan keluar menuju ke neuron-neuron yang lain. Pada jaringan syaraf tiruan, hubungan ini dapat dikenal dengan nama bobot. Suatu informasi tersebut lalu disimpan ke dalam suatu nilai tertentu pada bobot tersebut.



Gambar 2.1 Fungsi Aktivasi (S. Muis, 2010)

Neuron buatan sendiri mirip dengan sel neuron biologis. Neuron buatan dan neuron biologis memiliki cara kerja yang sama. Informasi disebut dengan

*input* yang nantinya akan dikirim ke neuron dengan bobot tertentu, kemudian *input* tersebut akan dijumlahkan. Hasil penjumlahan tersebut nantinya akan dibandingkan dengan nilaiambang dengan melalui fungsi aktivasi. Apabila suatu neuron diaktifkan maka neuron tersebut akan mengirimkan *output* melalui bobot-bobot *output* tersebut ke semua neuron yang saling berkaitan satu sama lain (S. Muis, 2010).

Fungsi aktivasi adalah suatu fungsi yang menjelaskan dan mendefinisikan suatu *input* menjadi *output* (Maulida, 2011). Fungsi aktivasi dalam jaringan syaraf tiruan adalah sebagai berikut (Sutojo, Mulyanto, Edy, Suhartono, 2011):

#### 1. Fungsi Sigmoid Bipolar

Fungsi sigmoid bipolar ini memiliki *output* dengan rentan range antara 1 sampai -1, fungsi sigmoid bipolar adalah sebagai berikut:

$$y = f(x) = \frac{1 - e^{-x}}{1 + e^{-x}}$$

dengan  $f'(x) = \frac{\sigma}{2} [1 + f(x)][1 - f(x)]$

#### 2. Fungsi Sigmoid Biner

Fungsi sigmoid biner merupakan suatu keluran nilai *output* di antara interval 0 hingga 1 yang sering digunakan dalam jaringan syaraf tiruan, karena fungsi ini memiliki nilai pada range 0 sampai 1. Fungsi sigmoid biner adalah sebagai berikut:

$$y = f(x) = \frac{1}{1 + e^{-x}}$$

dengan  $y' = f'(x) = f(x)[1 - f(x)]$

#### 3. Fungsi Purelin

Fungsi purelin ini mempunyai nilai *output* berupa sembarang bilangan real (bukan hanya pada interval [0,1] atau [-2,2]). Fungsi purelin adalah sebagai berikut:

$$f(x) = y$$

### 2.2.4 Karakteristik Jaringan Syaraf Tiruan

Jaringan syaraf tiruan memiliki karakteristik-karakteristik sebagai berikut(Desiani, 2006):

#### 1. Arsitektur jaringan

#### Hak Cipta Diindungi Undang-Undang

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

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

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengummumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

**Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang**

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

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

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

Arsitektur jaringan adalah suatu pola yang saling terhubung dengan beberapa neuron dan neuron tersebut nantinya akan membentuk suatu jaringan.

**2. Algoritma jaringan**

Algoritma jaringan adalah suatu algoritma atau metode yang memiliki fungsi untuk menentukan suatu nilai bobot dalam suatu hubungan.

**3. Fungsi aktivasi**

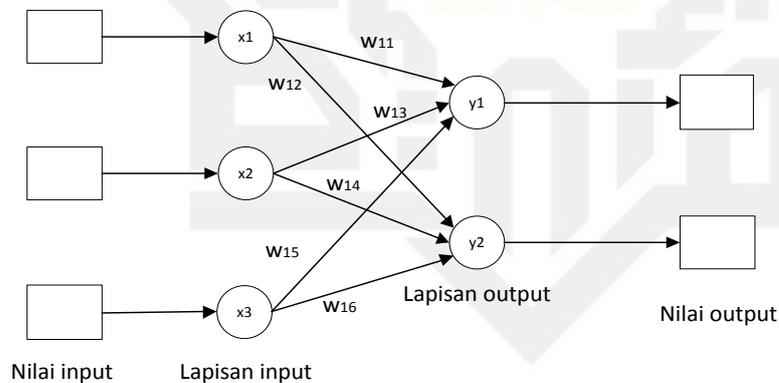
Fungsi aktivasi adalah suatu fungsi yang bertujuan untuk menentukan nilai dalam suatu keluaran berdasarkan dari total nilai masukan pada suatu neuron. Fungsi aktivasi suatu jaringan syaraf tiruan bisa berbeda dari algoritma jaringan lain.

**2.2.5 Arsitektur Jaringan Syaraf Tiruan**

Jaringan syaraf tiruan memiliki beberapa arsitektur jaringan yang digunakan dalam aplikasi, yaitu sebagai berikut (Y. A. Lesnussa, S. Latuconsina, 2015):

**1. Jaringan Lapisan Tunggal**

Jaringan lapisan tunggal ini terdiri dari satu lapisan input dan satu lapisan output saja.

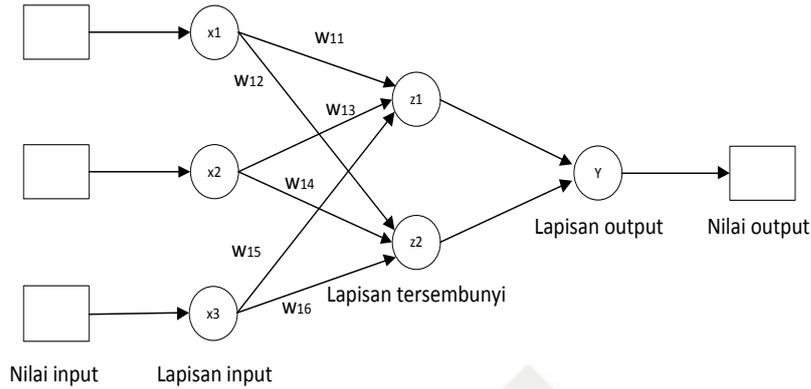


**Gambar 2.2 Jaringan Lapisan Tunggal (Y. A. Lesnussa, S. Latuconsina, 2015)**

Jaringan ini hanya mampu menerima input dan secara langsung akan mengolah menjadi output tanpa harus melalui lapisan tersembunyi.

**2. Jaringan Banyak Lapisan**

Jaringan banyak lapisan memiliki tiga jenis lapisan yaitu lapisan input, lapisan output, dan lapisan tersembunyi.

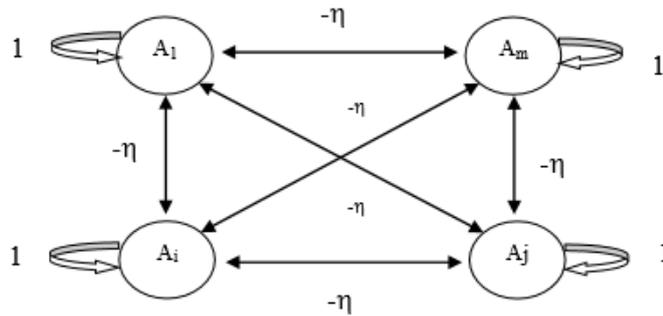


**Gambar 2.3 Jaringan Banyak Lapisan (Y. A. Lesnussa, S. Latuconsina, 2015)**

Jaringan banyak lapisan ini dapat menyelesaikan suatu permasalahan yang lebih kompleks lagi apabila dibandingkan dengan jaringan lapisan tunggal.

### 3 Jaringan Lapisan Kompetitif

Jaringan lapisan kompetitif memiliki sekumpulan neuron yang saling bersaing untuk mendapatkan hak aktif.



**Gambar 2.4 Jaringan Lapisan Kompetitif (Y. A. Lesnussa, S. Latuconsina, 2015)**

## 2.2.6 Metode Jaringan Syaraf Tiruan

Jaringan syaraf tiruan merupakan salah satu dari bagian Kecerdasan Buatan yang cukup banyak digunakan dalam menyelesaikan suatu permasalahan yang berhubungan dengan prediksi atau peramalan, terutama pada yang berbasis data *time series* (Kosasi, 2014).

Jaringan syaraf tiruan dirancang dan dibuat dengan cara menirukan cara kerja otak manusia untuk dapat menyelesaikan masalah tertentu. Jaringan syaraf tiruan dapat memodifikasi tingkah laku yang sesuai dengan keadaan terhadap lingkungan. Dalam jaringan syaraf tiruan memiliki beberapa metode yang dapat membantu dalam proses pengerjaan untuk menyelesaikan suatu masalah. Metode

yang terdapat dalam jaringan syaraf tiruan adalah sebagai berikut (Kristanto, 2004):

#### 1. Metode LVQ (*Learning Vector Quantization*)

LVQ adalah suatu metode yang terdapat dalam jaringan syaraf tiruan untuk melakukan proses pembelajaran terhadap layer yang supervised. LVQ ini digunakan dengan mengelompokkan suatu jumlah kelompok tersebut sudah ditentukan arsitekturnya. Tujuan metode ini adalah untuk mendekati distribusi kelas vektor guna meminimalkan kesalahan dalam pengklasifikasian yang dilakukan.

#### 2. Metode *Perceptron*

*Perceptron* merupakan salah satu metode dalam jaringan syaraf tiruan yang dapat digunakan dalam membuat suatu sistem pengenalan dengan tingkat keberhasilan dan kesuksesan yang cukup baik. Arsitektur dari metode perceptron ini terdiri dari beberapa unit masukan dan ditambah dengan satu bias, selain itu metode perceptron ini juga memiliki sebuah unit keluaran yang berfungsi dalam mempunyai nilai yaitu -1,0,1.

#### 3. Metode *Backpropagation*

*Backpropagation* merupakan salah satu metode pembelajaran dimana metode ini terawasi dan digunakan oleh *perceptron* dengan banyak layer lapisan untuk dapat mengubah bobot yang ada pada lapisan tersembunyi. Metode *backpropagation* adalah pelatihan yang bersifat terkontrol dan menggunakan pola dalam penyesuaian bobot untuk dapat mencapai suatu nilai kesalahan yang minimum antara keluaran hasil yang nyata.

#### 4. Metode *Elman Recurrent Neural Network*

*Elman Recurrent Neural Network* dianggap sebagai jaringan *recurrent* yang parsial karena pada koneksinya berupa *feed forward*. *Elman Recurrent Neural Network* adalah modifikasi *feed forward* dengan perbedaan yang utama dimana pada tambahan layer *context neuron* yang menyediakan pola *hidden* unit untuk diumpan balik kepada dirinya sendiri.

### 2.3 *Elman Recurrent Neural Network*

Algoritma *Elman Recurrent Neural Network* adalah suatu jaringan yang menjadi sebuah masukan pada jaringan tersebut untuk dapat menghasilkan suatu

Hak Cipta Diindungi Undang-Undang

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

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

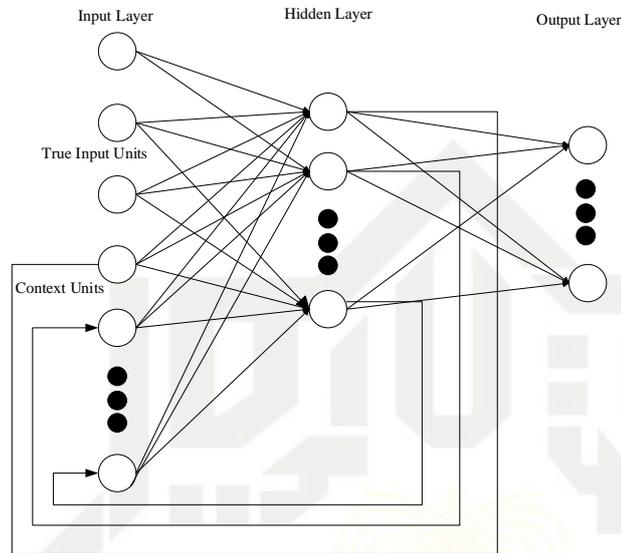
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

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

keluaran jaringan berikutnya. *Elman Recurrent Neural Network* ini terdiri atas satu atau lebih lapisan tersembunyi. Lapisan yang pertama mempunyai bobot yang diperoleh dari lapisan *input*. Metode ini menggunakan fungsi aktivasi *sigmoid biner* dan *purelin* untuk lapisan tersembunyi.



**Gambar 2.5** Arsitektur *Elman Recurrent Neural Network* (Sundaram N Mohana, Sivandam, subha, 2016)

*Elman Recurrent Neural Network* dianggap sebagai jaringan recurrent yang parsial karena pada koneksi hanya berupa *feed forward*. *Elman Recurrent Neural Network* adalah modifikasi *feed forward* dengan perbedaan yang utama dimana pada tambahan layer *context neuron* yang menyediakan pola *hidden* unit untuk diumpan balik kepada dirinya sendiri (Widodo Prijodiprodo Agus Aan Jiwa Permana, 2014).

*Elman Recurrent Neural Network* mempunyai struktur dan metode pelatihan yang lebih kompleks apabila dibandingkan dengan *feed-forward neural network*. Arsitektur *Elman Recurrent Neural Network* ini memiliki fungsi yang hampir sama dengan arsitektur *feed-forward backpropagation*, tetapi ditambah dengan layer context untuk dapat menampung hasil *output* dari *hidden layer* nantinya. *Elman Recurrent Neural Network* merupakan variasi dari *Multi Perceptron*, akan tetapi *Elman Recurrent Neural Network* terdapat *node-node* yang letak posisinya saling berdekatan dengan *input layer* yang berhubungan dengan *hidden layer*. *Node-node* tersebut mengandung isi dari salah satu *layer* yang telah dilatih terlebih dahulu sebelumnya (Jefri Radjabaycolle, 2016).

**Feed Forward**

1. Memberi nilai awal secara random bagi seluruh *weight* antara input *hidden layer* dan *hidden layer-output*.

2. Tiap unit hidden layer  $net_f(t)$  ditambah dengan input  $x_i$  yang dikali dengan bobot  $v_{ji}$  dan dikombinasikan dengan context layer  $y_h(t-1)$  yang dikali dengan bobot  $u_{jn}$  dijumlah dengan bias  $\theta$ .

$$y_h = (\sum_i^n x_i(t)v_{ji}) \dots \dots \dots (2.1)$$

$$net_j(t) = (y_h + \sum_n^m y_h(t-1)u_{jn}) + \theta_j \dots \dots \dots (2.2)$$

keterangan:

- $x_i$  = input dari 1, ..., n
- $v_{jn}$  = bobot dari input ke *hidden layer*
- $y_h$  = hasil copy dari *hidden layer* waktu ke(t-1)
- $u_{fx}$  = bobot dari *context* ke *hidden layer*
- $\theta$  = bias
- $n$  = jumlah *node* masukan
- $i$  = *node input*
- $m$  = jumlah *node hidden*
- $h$  = *node context*

3. Fungsi pengaktif neuron yang digunakan sigmoid biner dengan persamaan

$$f(net_j) = \frac{1}{1 + e^{-net_j}} \dots \dots \dots (2.3)$$

4. Semua sinyal yang masuk ke unit k dihitung dengan persamaan

$$net_k(t) = (\sum_j^m y_j(t)w_{kj}) + \theta_k \dots \dots \dots (2.4)$$

$$y_k(t) = g(net_k(t)) \dots \dots \dots (2.5)$$

Keterangan:

- $y_j$  = target
- $w_{kj}$  = bobot dari *hidden* ke *output layer*
- $\theta_k$  = bias
- $y_k$  = hasil fungsi  $net_k$

5. Dalam menghitung unit kesalahan, setiap *unit output* akan menerima target sesuai dengan pola saat proses pelatihan dan dihitung nilai error dan dilakukan perbaikan nilai bobot.

$$\delta_k = g'(net_k)(t_k - y_k) \dots \dots \dots (2.6)$$

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

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

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

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

**Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang**

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

Keterangan:

- $g'(net_k)$  = fungsi turunan  $g(net_k)$
- $t_k$  = target
- $y_k$  = hasil fungsi  $g(net_k)$

Perhitungan perbaikan nilai bobot

$$\Delta w_{kj} = \alpha \delta_k y_j \dots \dots \dots (2.7)$$

Keterangan:

- $\Delta w_{kj}$  = perbaikan nilai bobot dari *hidden* ke *output layer*
- $\alpha$  = konstanta *learning rate* / laju pembelajaran

Perhitungan perbaikan nilai kolerasi

$$\Delta \theta_k = \alpha \delta_k \dots \dots \dots (2.8)$$

Keterangan:

- $\Delta \theta_k$  = hasil perbaikan nilai bias

6. Dalam menghitung kesalahan pada lintasan  $j$ , setiap bobot output yang terhubung antara unit *output* dan unit *hidden layer* akan dikalikan dengan  $\delta_k$  dan dijumlahkan sebagai masukkan unit yang selanjutnya.

$$\delta_{-netj} = \sum \delta_k w_{kj} \dots \dots \dots (2.9)$$

Keterangan:

Lalu dikalikan dengan turunan fungsi aktivasi untuk memperoleh nilai galat.

$$\delta_j = \delta_{-netj} f'(net_j) \dots \dots \dots (2.10)$$

Keterangan:

- $f'(net_j)$  = fungsi turunan  $net_j$

Kemudian lakukan perhitungan perhitungan nilai bobot.

$$\Delta v_{jk} = \alpha \delta_j x_k \dots \dots \dots (2.11)$$

Keterangan:

- $\Delta v_{jk}$  = hasil perbaikan nilai bobot

Perhitungan perbaikan nilai kolerasi

$$\Delta \theta_j = \alpha \delta_j \dots \dots \dots (2.12)$$

Keterangan:

- $\Delta \theta_j$  = hasil perbaikan nilai bias

7. Setiap unit output akan dilakukan perbaikan terhadap nilai bobot dan bias.

$$w_{kj}(\text{baru}) = w_{kj}(\text{lama}) + \Delta w_{kj} \dots \dots \dots (2.13)$$

**Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang**

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

Keterangan:

$W_{kj}(\text{baru})$  = nilai bobot baru dari *input* ke *hidden layer*

$W_{kj}(\text{lama})$  = nilai bobot lama dari *input* ke *hidden layer*

Tiap unit hidden layer dilakukan perbaikan terhadap nilai bobot dan bias

$$V_{kj}(\text{baru}) = v_{kj}(\text{lama}) + \Delta v_{kj} \dots \dots \dots (2.14)$$

Keterangan:

$v_{kj}(\text{baru})$  = nilai bobot baru dari *hidden* ke *output layer*

$v_{kj}(\text{lama})$  = nilai bobot lama dari *hidden* ke *output layer*

8. Setiap *output* akan dibandingkan dengan target  $t_k$  yang diinginkan, untuk dapat memperoleh nilai *error* (E) keseluruhan

$$E(t) = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^k (t_k - y_k)^2 \dots \dots \dots (2.15)$$

Keterangan:

$E(t)$  = hasil nilai *error* keseluruhan

9. Lakukan pengujian kondisi pemberhentian

Proses pelatihan yang dikatakan berhasil yaitu apabila nilai *error* saat iterasi pelatihan nilai selalu mengecil dan diperoleh nilai bobot yang baik pada setiap neuron untuk data pelatihan yang diberikan. Sedangkan proses pelatihan yang dikatakan tidak berhasil atau gagal yaitu apabila nilai *error* pada saat iterasi pelatihan tidak memberikan nilai yang mengecil.

**Fungsi Aktivasi**

Fungsi aktivasi adalah suatu fungsi yang mendefinisikan suatu input menjadi output (Maulida, 2011). Fungsi aktivasi yang sering digunakan adalah:

**1. Fungsi Sigmoid Biner**

Fungsi sigmoid biner sering digunakan dalam jaringan syaraf tiruan yang membutuhkan nilai output di antara interval 0 hingga 1.

$$y = f(x) = \frac{1 - e^{-x}}{1 + e^{-x}} \dots \dots \dots (2.16)$$

Dengan turunan

$$f'(x) = \frac{\sigma}{2} [1 + f(x)][1 - f(x)] \dots \dots \dots (2.17)$$

**2. Fungsi Sigmoid Purelin**

Fungsi purelin ini memiliki nilai output berupa sembarang bilangan real (bukan hanya pada interval [0,1] atau [-2,2]. Fungsi aktivasi purelin digunakan nilai output yang mendekati target.

$$f(x) = y \dots \dots \dots (2.18)$$

**Normalisasi**

Normalisasi adalah sebuah proses transformasi nilai menjadi 0 dan 1. Normalisasi bertujuan untuk memperoleh data dengan ukuran yang lebih kecil.

Rumus normalisasi adalah:

$$X^n = \frac{x - \min(x)}{\max(x) - \min(x)} \dots \dots \dots (2.19)$$

Penjelasan:

- X<sup>n</sup> = nilai setelah dinormalisasi
- X = nilai sebelum dinormalisasi
- Min(x) = nilai minimum dari fitur
- Max(x) = nilai maximum dari fitur

**Denormalisasi**

Denormalisasi adalah suatu proses dimana sebuah data akan dikembalikan ke nilai asal. Berikut proses denormalisasi:

$$\text{Denormalisasi} = Y (\text{Max} - \text{Min}) + \text{min} \dots \dots \dots (2.20)$$

**Mean Square Error (MSE)**

MSE adalah suatu cara yang digunakan untuk mengukur dan mengetahui tingkat kesalahan.

$$MSE = \frac{\sum v_i^2}{n} \dots \dots \dots (2.21)$$

**2.4 Prediksi**

Prediksi adalah suatu hasil dari meramal atau memperkirakan suatu kejadian diwaktu dan dimasa yang akan datang. Prediksi merupakan suatu proses dalam memperkirakan sesuatu atau memperkirakan kejadian dengan melibatkan kondisi atau kegiatan sebelumnya yang sudah ada. Agar dapat meramalkan atau memperkirakan suatu kondisi tersebut maka diperlukan suatu perhitungan yang



tepat untuk dapat menjawab dan memecahkan suatu permasalahan tersebut (Sangadji, 2009).

Peramalan terbagi menjadi 2 bagian yaitu (Sinta Radini, 2013):

#### 1. Peramalan Kualitatif

Peramalan kualitatif memiliki sifat subjektif, dimana hasil dari peramalan dapat berbeda dari satu orang dengan orang lain.

#### 2. Peramalan Kuantitatif

Peramalan kuantitatif memiliki sifat obyektif, karena didasarkan oleh penggunaan analisa suatu pola yang berhubungan antara satu variabel akan diperkirakan dengan variabel waktu (*Time Series*).

Prediksi adalah suatu hal dalam mempertimbangkan suatu nilai yang belum terlihat pada masa yang akan datang berdasarkan pola yang telah terjadi sebelumnya. Prediksi merupakan suatu proses dalam tahapan yang memperkirakan sesuatu dengan mengoreksi dan menelaah aksi sebelumnya, untuk dapat meramalkan dan memprediksi kondisi yang dibutuhkan dalam perhitungan dengan tepat guna untuk dapat menjawab dan memecahkan suatu permasalahan tertentu. Prediksi juga dapat disebut dengan suatu usaha untuk meramalkan masa depan dengan mengoreksi kejadian pada masa lalu (R. Hadapiningradja Kusumodestoni, 2015).

### 2.5 *Time Series*

*Time series* adalah suatu kejadian atau peristiwa yang terjadi berdasarkan waktu ke waktu. Model *time series* dilakukan untuk prediksi dari nilai yang diambil pada data masa lalu untuk memperkirakan kejadian atau peristiwa dimasa yang akan datang (Hadiansyah, 2017).

Data *time series* adalah serangkaian data yang dikumpulkan berdasarkan kurun waktu tertentu secara berurutan baik itu berupa data tahun, bulan, minggu, maupun hari. Perediksi data *time series* adalah peramalan data-data yang akan datang dengan melakukan peramalan berdasarkan nilai data masa lalu dari variabel yang bertujuan untuk dapat digunakan dalam memprediksi kejadian yang akan datang (Irawan, 2015).

Gerakan khusus dari data *time series* digolongkan dalam empat kelompok, yang disebut komponen-komponen *time series* adalah sebagai berikut:



1. Gerakan jangka panjang yaitu gerakan yang mengarah kepada grafik *time series* yang meliputi jangka waktu tertentu.
2. Gerakan siklis yaitu gerakan yang mencangkup kepada suatu gerakan naik turun dalam jangka panjang terhadap suatu garis atau kurva. Hal ini dapat terjadi secara periodik ataupun tidak.
3. Gerakan musiman yaitu gerakan yang merujuk pada pola yang identik dan diikuti dengan suatu data *time series* berupa hari, minggu, bulan atau tahun.
4. Gerakan tidak teratur atau gerakan acak dari *time series* yang dikarenakan peristiwa-peristiwa yang ada seperti banjir dan lain-lain yang berlangsung dalam jangka pendek (Nugroho, 2016).

## 2.6 Kasus Laju Pertumbuhan Penduduk

Laju pertumbuhan penduduk adalah angka yang menunjukkan persentase pertambahan penduduk yang semakin meningkat dalam jangka waktu tertentu. Pertumbuhan penduduk ini juga meliputi beberapa serangkain penduduk berupa kepadatan penduduk, rasio jenis kelamin, distribusi penduduk, komposisi penduduk, dan rumah tangga. Kepadatan penduduk adalah rasio dimana banyaknya jumlah penduduk berdasarkan per kilometer persegi. (B. K. Pekanbaru, 2015).

Kota Pekanbaru di dalam melaksanakan roda pemerintahan dan pembangunan menjadi sebuah harapan dalam menjawab setiap permasalahan yang selalu muncul berdasarkan perkembangan sosial, ekonomi, politik, dan lain-lain dalam kehidupan bermasyarakat. Kota Pekanbaru memiliki delapan kecamatan dan memiliki 45 kelurahan/desa. Setiap kecamatan mempunyai jumlah penduduk yang berbeda setiap tahunnya. Jumlah penduduk pada tahun 2014 sebanyak 1.001.467 jiwa, tahun 2015 jumlah penduduk sebanyak 1.038.118 jiwa, pertumbuhan penduduk kota Pekanbaru tahun 2015 sebesar 2,36% (26,651 jiwa) lebih tinggi dari tahun 2014 yang memiliki jumlah penduduk sebesar 1,24% (12,436 jiwa) (Pekanbaru, 2016).

Laju pertumbuhan penduduk adalah suatu hal yang perlu dikendalikan dengan anggaran yang besar seperti dibangunnya lapangan pekerjaan yang lebih banyak untuk dapat menghindari banyaknya pengangguran terhadap penduduk di suatu daerah. Selain itu Pemerintah dan Lembaga Swadaya Masyarakat (LSM)

### Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

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

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

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

diharapkan lebih banyak memberi pembekalan *soft skill* guna untuk dapat menjadikan mobilitas tenaga kerja yang lebih baik lagi terhadap penduduk di suatu daerah (Risa Ruri Indraswari dan Julaei Yuhan, 2017).

## 2.7 Penelitian Terkait

Berikut ini merupakan daftar penelitian terkait dengan Jaringan Syaraf Tiruan, laju pertumbuhan penduduk, dan beberapa metode adalah sebagai berikut:

**Tabel 2.1 Penelitian Terkait**

No	Peneliti dan Tahun	Topik	Kesimpulan
F.	Ahmad Ashril Rizal, Siti Soraya (2018)	Multi Time Step Prediction dengan Recurrent Neural Network Long Short Term Memory	Pada penelitian ini sudah dilakukan suatu proses prediksi berupa data time series kunjungan wisata di pulau Lombok yang memberikan hasil yang beragam. Hasil terbaik pada proses pelatihan diperoleh dengan menggunakan model regresi dengan RMSE 6529,42.
2.	F.N Hadiansyah (2017)	Prediksi Harga Cabai dengan Pemodelan Time Series ARIMA	Kesimpulan yang diperoleh dari penelitian ini adalah sebagai berikut: Untuk data prediksi harga cabai dengan menggunakan time series ARIMA dengan data pelatihan, berdasarkan nilai RMSE dan MAPE, model yang bagus menunjukkan pada model ARIMA dengan nilai RMSE 964.005 dan nilai MAPE 1.479%. Sedangkan untuk data pengujian berdasarkan nilai RMSE, MAPE dan R-Squared, model yang paling baik ditunjukkan pada model AR dengan nilai RMSE 305.348, nilai MAPE 0.651% dan nilai R-square 0.635. secara keseluruhan, model ARIMA memiliki performansi yang cukup baik dalam prediksi

Hak Cipta Diindungi Undang-Undang

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

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

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

<p>3. Hak cipta milik UIN Suska Riau</p>	<p>Aria Bayu, Budi Darma Setiwan, Candra Dewi, (2017)</p>	<p>Peramalan Jumlah Kunjungan Wisatawan Kota Batu Menggunakan Metode <i>Time Invariant Fuzzy Time Series</i></p>	<p>harga cabai di masa yang akan datang. Berdasarkan peneltian ini diperoleh hasil perhitungan dengan menggunakan metode peramalan dengan data latih sebanyak 12, 24, 36, 48, dan 60 dengan penggunaan fuzzy set berbasis rata-rata dapat terlihat bahwa semakin banyaknya data latih yang digunakan maka <i>error</i> AFER peramalan cenderung lebih rendah dan dalam perhitungan akurasi dengan menggunakan data latih yang dimulai dari bulan Januari 2009 sampai sebulan sebelum data yang diramalkan dengan menggunakan fuzzy set berbasis rata-rata mendapatkan nilai <i>error</i> AFER sebesar 0,0056% dengan menggunakn 60 data latih.</p>
<p>4.</p>	<p>Aji Sudarsono, (2016)</p>	<p>Jaringan Syaraf Tiruan untuk Memprediksi Laju Pertumbuhan Penduduk Menggunakan Metode <i>Backpropagation</i> (Studi Kasus di Kota Bengkulu)</p>	<p>Berdasarkan dari pembahasan, didapatkan hasil yaitu:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi tingkat kebenaran dalam memprediksi jaringan syaraf tiruan yaitu <i>learning rate</i>, <i>target error</i>, jumlah data dan nilai bobot yang diberikan secara random pada tiap-tiap neuron.</li> <li>2. Jaringan yang digunakan terdiri dari 3 buah lapisan yaitu berupa lapisan <i>input</i>, lapisan tersembunyi, dan lapisan <i>output</i>.</li> <li>3. Dengan <i>learning rate</i> dan <i>target error</i> untuk pembelajaran yang serupa belum tentu dapat menghasilkan tingkat prediksi yang serupa pula, karena disebabkan oleh pemberian nilai bobot yang berbeda.</li> </ol>
<p>5.</p>	<p>Liga</p>	<p>Pemodelan Arus</p>	<p>Hasil pelatihan <i>neural network</i> ini</p>

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

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



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

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

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

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

<p>© Hak cipta milik UIN Suska Riau</p>	<p>Primabakara, Dimas Anto Asfani, Yulistya Negara, (2016)</p>	<p><i>Arcing</i> Tegangan Rendah pada Kabel (Serabut) menggunakan <i>Elman Recurrent Neural Network</i></p>	<p>menggunakan parameter terbaik. Metode pelatihan menggunakan pelatihan jumlah neuron 20 dan jumlah <i>hidden layer</i> 2.</p>
<p>6.</p>	<p>Agus Aan Jiwa Permana, Widodo Prijodiprodo , (2014)</p>	<p>Sistem Evaluasi Kelayakan Mahasiswa Magang Menggunakan <i>Elman Recurrent NeuralNetwork</i></p>	<p>Berdasarkan kajian ini, diperoleh beberapa kesimpulan yaitu:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Sistem yang dibangun dapat mengevaluasi kelayakan mahasiswa yang mengikuti magang dengna berdasarkan kompetensi yang dimilikinya ke dalam tiga klasifikasi yaitu layak, cukup, dan tidak layak, serta dapat menentukan lokasi magang tersebut.</li> <li>2. Sistem akan cepat <i>konvergen</i> dan mampu mencapai nilai minimum <i>error</i>. Pengujian sistem sudah dapat dilakukan dengan baik, hasil ini memperlihatkan bahwa jaringan telah dapat mengenali pola yang telah dilatih dengan baik.</li> </ol>
<p>7.</p>	<p>Catra Aditya Wisu Aji, Moch Abdul Mukid, Hasbi Yasin, (2014)</p>	<p>Analisis Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Laju Pertumbuhan Penduduk Kota Semarang Tahun 2011 Menggunakan Geographically Weighted LogisticRegression</p>	<p>Model yang terbaik untuk laju pertumbuhan penduduk Kota Semarang tahun 2011 adalah model GWLR dengan pembobot bisquare kernel dengan didapat nilai AIC terkecil sebesar 19,111286 dan ketepatan klasifikasi model sebesar 87,5%.</p>
<p>8.</p>	<p>Maria Bellaniar Ismiati,</p>	<p>Analisis Data <i>Time Series</i> Korban DBD di Kota Palembang untuk</p>	<p>Berdasarkan penelitian ini diperoleh kesimpulan sebagai berikut:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Diperoleh trend per tahun mengenai</li> </ol>

<p>© Hak cipta milik UIN Suska Riau</p>	<p>Adhistya Erna Permanasari, Indriana Hidayah, (2014)</p>	<p>Mendapatkan Trend dalam Melakukan Forecasting</p>	<p>bulan-bulan yang berpotensi dimana terjadi wabah dengan DBD tertinggi</p> <p>2. Wabah DBD pada bulan Januari, Februari dan Maret dimana pada bulan ini menjadi bulan tertinggi sebanyak 6, dan 8 kali kali dalam 10 tahun terakhir</p> <p>3. Trend yang diperoleh mengenai bulan-bulan yang kira berpotensi terjadinya DBD dimulai dari bulan Desember, dan terus meningkat ke bulan Januari, Februari, hingga Maret.</p>
<p>9 Riau</p>	<p>Ana Maulida, (2011)</p>	<p><i>Penggunaan Elman Recurrent Neural Network</i> dalam Peramalan Suhu Udara Sebagai Faktor yang Mempengaruhi Kebaran Hutan</p>	<p>Suatu metode <i>Elman recurrent neural network</i> mampu meramalkan tingkat suhu udara berdasarkan data yang cukup. Karena jika data pelatihan tidak cukup, maka metode ERNN tidak dapat mempelajari dan memahami hubungan antara variabel <i>input-output</i> dengan baik.</p>

Hak Cipta Diindungi Undang-Undang

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