

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

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Jaringan Syaraf Tiruan

Jaringan syaraf adalah sistem pengolahan informasi yang didasari filosofi struktur perilaku syaraf makhluk hidup. Dengan begitu, jaringan syaraf tak diprogram selayaknya mekanisme pada komputer digital secara konvensional. Begitu juga dari segi arsitekturnya (Siswanto, 2010). Jaringan syaraf tiruan adalah suatu metode komputasi yang meniru sistem jaringan syaraf biologis manusia. Metode ini menggunakan perhitungan *non-linear* dasar yang disebut *neuron* yang diorganisasikan sebagai jaringan yang saling berhubungan, sehingga mirip dengan jaringan syaraf manusia (Puspitaningrum, 2016).

Latar belakang dikembangkannya jaringan syaraf tiruan adalah pada pemrograman beberapa aplikasi seperti *image recognition* (pengenalan citra), *speech recognition* (pengenalan suara), *weather forecasting* (peramalan cuaca) ataupun permodelan tiga dimensi, tak dapat dengan mudah dan akurat diterapkan pada set instruksi komputer biasa. Atas dasar itu, maka diterapkan arsitektur komputer khusus yang dimodel berdasar otak manusia. Seperti jaringan syaraf biologi, jaringan syaraf tiruan juga mempunyai *neuron* yang bersifat *fault tolerant* dalam 2 hal. Pertama, dapat mengenali sinyal input yang sedikit berbeda dari sebelumnya. Seperti, manusia yang mengenali orang lain yang wajahnya telah berubah karena sudah lama tidak berjumpa. Kedua, tetap bekerja meskipun beberapa *neuron* nya tidak mampu bekerja dengan baik (Siswanto, 2010).

Kelebihan dari jaringan syaraf tiruan adalah (Sutojo, Mulyanto, & Suhartono, 2011):

1. Belajar *Adaptive*, yaitu kemampuan untuk mempelajari bagaimana melakukan pekerjaan berdasarkan data yang diberikan untuk pelatihan atau pengalaman awal



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.

2. *Self-Organisation*, yaitu dapat membuat organisasi sendiri atau representasi dari informasi yang diterimanya selama waktu belajar.
3. *Real Time Operation*, yaitu perhitungan pada jaringan syaraf tiruan dapat dilakukan secara parallel sehingga perangkat keras yang dirancang dan diproduksi secara khusus dapat keuntungan dari kemampuan ini.

2.1.1 Karakteristik Jaringan Syaraf Tiruan

Ada 3 karakter utama dari jaringan syaraf tiruan yang meniru dari jaringan syaraf biologi (Puspitaningrum, 2006), yaitu :

1. Arsitektur jaringan

Arsitektur jaringan merupakan pola keterhubungan antar *neuron*. Keterhubungan neuron tersebut lah yang membentuk suatu jaringan. Arsitektur jaringan ada 3 yaitu : jaringan lapisan tunggal (*single layer network*), jaringan syaraf dengan banyak lapisan (*multi layer network*), dan jaringan syaraf dengan lapisan kompetitif (*competitive layer*).

2. Algoritma jaringan

Algoritma jaringan merupakan metode untuk menentukan nilai bobot hubungan. Yaitu metode pada saat melakukan pelatihan (pembelajaran) dan metode pada saat melakukan pengenalan (aplikasi).

3. Fungsi aktivasi

Fungsi aktivasi digunakan untuk menentukan nilai keluaran berdasarkan nilai total masukan pada *neuron*.

2.1.2 Arsitektur Jaringan Syaraf Tiruan

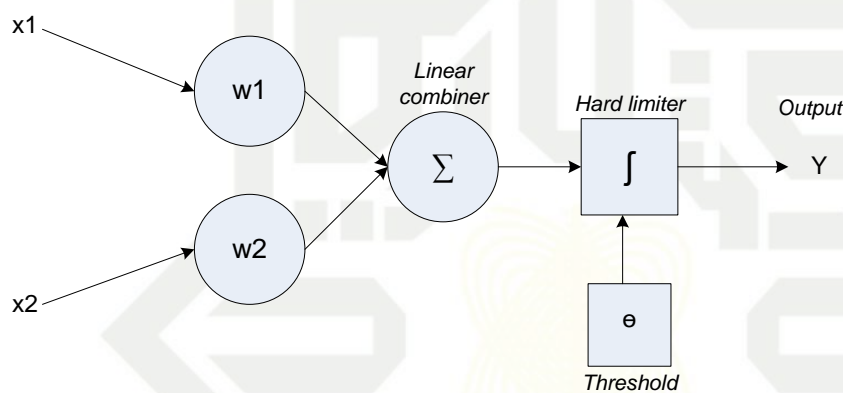
Untuk membangun jaringan syaraf tiruan, kita harus memutuskan terlebih dahulu banyaknya *neuron* yang digunakan dan bagaimana *neuron-neuron* tersebut berhubungan pada suatu jaringan. Dengan kata lain, kita harus memilih arsitektur jaringan. Jaringan syaraf tiruan diklasifikasikan menjadi jaringan lapisan tunggal (*single layer network*), jaringan syaraf dengan banyak lapisan (*multi layer network*), dan jaringan syaraf dengan lapisan kompetitif (*competitive layer*). Berikut adalah arsitektur jaringan syaraf tiruan (Negnevitsky, 2002):

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.

1. Jaringan lapisan tunggal (*single layer network*)

Jaringan lapisan tunggal (*single layer network*) adalah jaringan yang hanya memiliki 1 lapisan dengan bobot-bobot terhubung. Jaringan ini hanya menerima masukan kemudian secara langsung akan mengolahnya menjadi keluaran tanpa harus di proses pada lapisan tersembunyi. Metode pembelajaran jaringan syaraf tiruan yang menggunakan arsitektur jaringan ini adalah ADALINE, Hopfield, dan Perceptron. Berikut adalah gambar dari jaringan lapisan tunggal (*Single Layer Network*) dengan dua *input* :



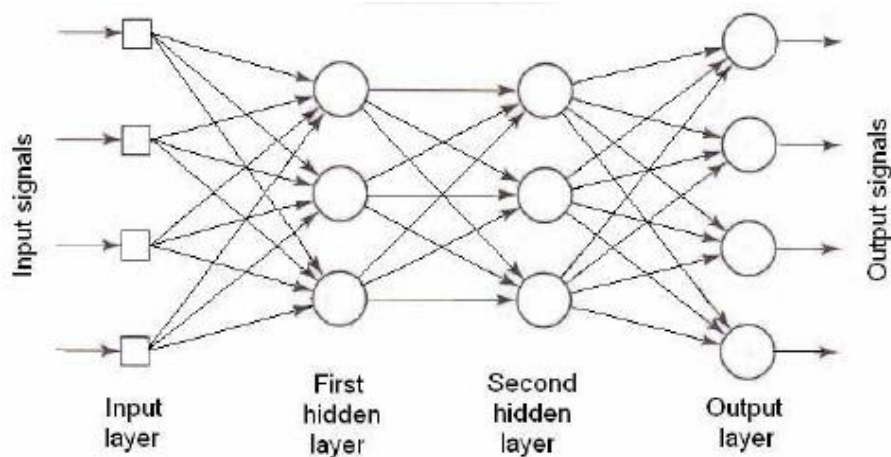
Gambar 2.1 Jaringan Lapisan Tunggal (Negnevitsky, 2002)

2. Jaringan syaraf dengan banyak lapisan (*multi layer network*)

Jaringan ini memiliki satu atau lebih lapisan yang terletak diantara lapisan bobot-bobot antara lapisan *input* dan *output*. Lapisan *input* menerima sinyal-sinyal dan mendistribusikannya ke semua neuron pada lapisan tersembunyi, kemudian *neuron* pada lapisan tersembunyi tersebut berhubungan langsung dengan lapisan *output*. Jaringan ini dapat melakukan pembelajaran dan menyelesaikan permasalahan yang lebih rumit daripada jaringan lapisan tunggal (*single layer network*). Jaringan ini akan berhasil dalam penyelesaian masalah walaupun membutuhkan waktu yang lebih lama. Contoh metode jaringan syaraf tiruan yang menggunakan jaringan banyak lapisan adalah *MADALINE*, *backpropagation*, dan *necognition* (Negnevitsky, 2002). Berikut adalah gambar jaringan syaraf dengan banyak lapisan (*multi layer network*) :

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

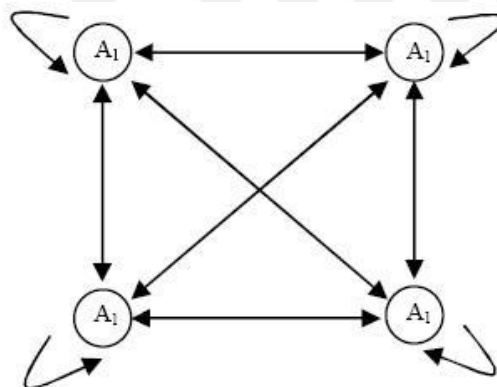
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan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



Gambar 2.2 Jaringan Banyak Lapisan (Negnevitsky, 2002)

3. Jaringan syaraf dengan lapisan kompetitif (*competitive layer*)

Pada jaringan ini, sekumpulan *neuron* bersaing untuk menjadi aktif. Pada jaringan ini unit-unit output pada aturan pembelajaran kompetitif ini harus saling bersaing untuk beraktivasi. Jadi hanya satu unit output yang aktif pada satu waktu. Fenomena ini dikenal sebagai *winner-take-all*. Contoh metode jaringan syaraf tiruan yang menggunakan jaringan lapisan kompetitif adalah LVQ (Sutojo et al., 2011). Berikut adalah gambar jaringan syaraf dengan lapisan kompetitif (*competitive layer*) :



Gambar 2.3 Jaringan Lapisan Kompetitif (Sutojo et al., 2011)

2.1.3 Aturan Pembelajaran Jaringan Syaraf Tiruan

Puspitaningrum (2006) menjelaskan terdapat dua tipe pembelajaran dalam Jaringan Saraf Tiruan, yaitu :

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.

- a. Pembelajaran terawasi (*supervised learning*). Metode pembelajaran pada jaringan saraf disebut terawasi jika output yang diharapkan telah diketahui sebelumnya. Perbedaan antara output-output aktual dengan output-output yang diinginkan digunakan untuk mengoreksi bobot jaringan saraf tiruan agar jaringan saraf tiruan dapat menghasilkan jawaban sedekat (semirip) mungkin dengan jawaban yang benar yang telah diketahui oleh jaringan saraf. Ada beberapa metode pembelajaran yang menggunakan *supervised learning* yaitu : Hebb Rule, Perceptron, Delta Rule, *Backpropagation*, *Heteroassociative Memory*, *Bidirectional Associative Memory* (BAM), *Learning Vektor Quantization* (LVQ).
- b. Pembelajaran tak terawasi (*unsupervised learning*). Pembelajaran tak terawasi tidak memerlukan target output. Selama proses pembelajaran, nilai bobot disusun dalam suatu range tertentu tergantung pada nilai input yang diberikan. Tujuan pembelajaran ini adalah mengelompokkan unit-unit yang hampir sama dengan suatu area tertentu. Pembelajaran ini biasanya sangat cocok untuk pengelompokan (klasifikasi) pola. Contoh metode pembelajaran tak terawasi adalah jaringan kohonen (*kohonen network*).

2.2 Metode *Backpropagation*

Metode *Backpropagation* adalah metode yang sangat baik dalam menyelesaikan masalah-masalah dalam pengenalan pola-pola yang kompleks. Beberapa aplikasi yang melibatkan metode ini seperti pengompresian data, pendeteksian virus komputer, pengidentifikasian objek, sintetis suara dari teks, dll. Istilah *backpropagation* (propagasi balik) diambil dari cara kerja jaringan ini, dimana metode *backpropagation* ini melatih jaringan untuk mendapatkan keseimbangan antara kemampuan jaringan untuk mengenali pola yang digunakan selama pelatihan serta kemampuan jaringan untuk memberikan respon yang benar terhadap pola masukan yang serupa dengan pola yang dipakai selama pelatihan (Puspitaningrum, 2006).

Ada tiga tahap yang dilakukan pada pelatihan jaringan *Backpropagation*, yaitu tahap perambatan maju (*forward propagation*), tahap perambatan balik, dan

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.

tahap perubahan bobot dan bias (Sutojo et al., 2011). Dalam tahap perambatan maju (*forward propagation*), pola masukan dihitung maju dimulai dari lapisan *input* hingga lapisan *output*. Dalam tahap perambatan balik, tiap-tiap unit *output* menerima target pola yang berhubungan dengan pola *input* untuk dihitung nilai kesalahan. Kesalahan tersebut akan dipropagasikan mundur. Sedangkan tahap perubahan bobot dan bias bertujuan untuk menurunkan kesalahan yang terjadi. Ketiga tahap tersebut diulang secara terus menerus hingga kondisi penghentian dipenuhi (Nurmila et al., 2007).

2.2.1 Arsitektur Jaringan *Backpropagation*

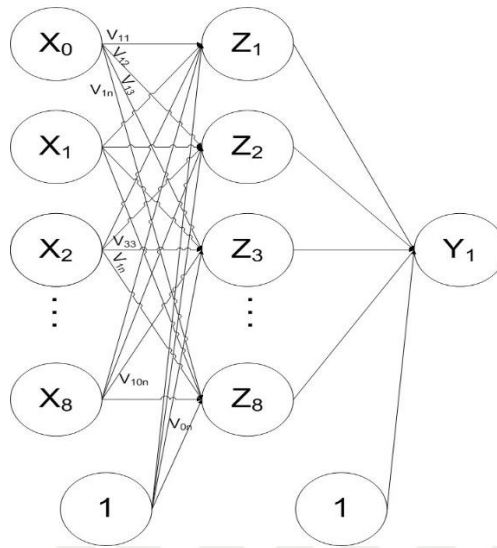
Di dalam jaringan *Backpropagation Neural Network* (BPNN), setiap unit yang berada di lapisan *input* terhubung dengan setiap unit yang ada di lapisan tersembunyi. Setiap unit yang ada di lapisan tersembunyi, terhubung dengan setiap unit yang ada di lapisan *output*. Jaringan *Backpropagation Neural Network* (BPNN) terdiri dari banyak lapisan (*multi layer network*) terdiri dari (Sutojo et al., 2011) :

1. Lapisan *input*. Lapisan input terdiri dari *neuron-neuron*, mulai dari *neuron* 1 sampai n. Lapisan input ini ada 1 buah.
2. Lapisan tersembunyi (*hidden layer*). Lapisan tersembunyi terdiri dari unit-unit tersembunyi, mulai dari unit tersembunyi 1 sampai n. Lapisan tersembunyi ini minimal ada 1 buah, banyaknya tergantung dari data yang digunakan.
3. Lapisan *output*. Lapisan output terdiri dari unit-unit *output* mulai dari unit *output* 1 sampai unit *output* n. Lapisan output ini ada 1 buah.

Arsitektur jaringan *Backpropagation Neural Network* (BPNN) dapat dilihat pada Gambar 2.4 dibawah ini :

Hak Cipta Diindungi Undang-Undang

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



Gambar 2.4 Arsitektur Jaringan *Backpropagation* (Andrijasa.M.F & Mistianingsih, 2010)

2.2.2 Normalisasi Data

Sebelum melakukan proses pembelajaran, terlebih dahulu lakukan transformasi data. Semua data akan dinormalisasi dalam rentang 0 – 1. Normalisasi sangat dibutuhkan sebelum proses pembelajaran agar tidak ada parameter yang mendominasi dalam perhitungan jarak antar data (Atthina & Iswari, 2014). Normalisasi sangat berguna untuk algoritma klasifikasi yang melibatkan jaringan saraf tiruan seperti algoritma backpropagation, menormalkan nilai input untuk setiap parameter yang diukur akan membantu mempercepat fase pembelajaran. Untuk melakukan transformasi linear dengan cara (Han et al., 2012):

$$X' = \frac{(X - X_{min})}{X_{max} - X_{min}} \dots \dots \dots (2.1)$$

keterangan :

- | | | | |
|------|--------------------------------|-----------|------------------|
| X' | : Hasil transformasi data | X_{max} | : Nilai terbesar |
| X | : Nilai sebelum di normalisasi | X_{min} | : Nilai terkecil |

Data yang mengandung *rank* atau urutan adalah variabel ordinal yang dapat diubah menjadi variabel kuantitatif melalui normalisasi. Normalisasi untuk variabel ordinal dapat dilihat pada Persamaan 2.2 (Budianita & Prijodiprodo, 2013)

$$X = \frac{r-1}{R-1} \dots \dots \dots (2.2)$$

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 :

- X : Hasil transformasi data
- r : Nilai ordinal
- R : Nilai terbesar

2.2.3 Algoritma Backpropagation

Ada 3 fase pada proses pelatihan *Backpropagation Neural Network*, yaitu (Sutojo et al., 2011):

1. Data masukan ke input jaringan (*forward propagation*)
2. Perhitungan dengan propagasi balik dari *error* yang bersangkutan
3. Pembaruan bobot dan bias.

2.2.3.1 Tahap Perambatan Maju (*Forward Propagation*)

Algoritma pada tahap perambatan maju adalah sebagai berikut:

1. Setiap unit input ($X_i, i=1,2,3,\dots,n$) menerima sinyal x_i dan meneruskan sinyal tersebut ke semua unit pada lapisan tersembunyi.
2. Setiap unit tersembunyi ($Z_j, j=1,2,3,\dots,p$) menjumlahkan bobot sinyal input dengan persamaan berikut :

$$z_{inj} = v_0j + \sum_{i=1}^n x_i v_{ij} \dots\dots\dots(2.3)$$

Keterangan :

- z_{inj} : total sinyal masukan pada lintasan j
- v_0j : bobot bias masukan unit i dan j
- v_{ij} : bobot antara masukan unit i dan lapisan unit j

Hitung semua keluaran pada lapisan unit j (lapisan tersembunyi) menggunakan fungsi aktivasi :

$$z_j = f(z_{inj})\dots\dots\dots(2.4)$$

Keterangan :

- z_j : keluaran lapisan unit j
- z_{inj} : total sinyal pada lintasan j

3. Setiap unit output ($Y_k, k=1,2,3,\dots,m$) menjumlahkan bobot sinyal input

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.

$$y_{ink} = W_0k + \sum_{i=1}^p Z_j W_{jk} \dots \dots \dots (2. 5)$$

Keterangan :

- y_{ink} : total sinyal masukan pada keluaran unit k
- Z_j : nilai masukan pada lapisan unit j
- W_{jk} : bobot antara lapisan unit j dan keluaran unit k

Dan menerapkan fungsi aktivasi untuk menghitung sinyal output nya:

$$y_k = f(y_{ink}) \dots \dots \dots (2. 6)$$

Keterangan :

- y_k : keluaran pada unit k
- y_{ink} : total sinyal pada lintasan k

2.2.3.2 Tahap Perambatan Balik (*Backpropagation*)

Algoritma pada tahap perambatan balik (*Backpropagation*) adalah:

1. Setiap unit output ($Y_k, k = 1,2,3,\dots,m$) menerima pola target yang sesuai dengan pola input pelatihan, kemudian hitung *error* dengan persamaan berikut:

$$\delta_k = (t_k - y_k) f'(y_{ink}) \dots \dots \dots (2. 7)$$

Keterangan :

- δ_k : faktor kesalahan pada keluaran unit k
- y_k : keluaran pada unit k

Kemudian hitung koreksi bobot dengan persamaan berikut:

$$\Delta W_{jk} = \alpha \delta_k Z_j \dots \dots \dots (2. 8)$$

Keterangan :

- ΔW_{jk} : jumlah koreksi bobot
- α : *learning rate*
- Z_j : keluaran pada unit j

Hitung koreksi bias dengan persamaan:

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.

$$\Delta W_{0k} = \alpha \delta_k \dots \dots \dots (2.9)$$

Keterangan :

ΔW_{0k} : jumlah koreksi bias

α : *learning rate*

2. Setiap unit tersembunyi ($Z_j, j=1,2,3,\dots,p$) menjumlahkan delta input nya (dari unit-unit yang berada pada lapisan di kanannya):

$$\delta_{inj} = \sum_{k=1}^m \delta_k w_{jk} \dots \dots \dots (2.10)$$

Untuk menghitung informasi *error*, kalikan nilai ini dengan turunan dari fungsi aktivasinya:

$$\delta_j = \delta_{inj} f'(z_{inj}) \dots \dots \dots (2.2)$$

Kemudian hitung koreksi bobot dengan persamaan berikut :

$$\Delta V_{jk} = \alpha \delta_j x_i \dots \dots \dots (2.3)$$

Keterangan :

ΔV_{jk} : jumlah koreksi bobot

α : *learning rate*

Setelah itu, hitung juga koreksi bias dengan persamaan berikut :

$$\Delta V_{oj} = \alpha \delta_i \dots \dots \dots (2.4)$$

2.2.3.3 Tahap Perubahan Bobot dan Bias

Pada tahap perubahan bobot dan bias dilakukan secara berulang-ulang dengan menggunakan data pelatihan, parameter yang telah ditetapkan. Algoritma pada tahap ini yaitu:

1. Setiap unit output ($Y_k, k=1,2,3,\dots,m$) dilakukan perubahan bobot dan bias ($j=0,1,2,3,\dots,p$) dengan persamaan berikut:

$$W_{jk}(\text{baru}) = W_{jk}(\text{lama}) + \Delta W_{jk} \dots \dots \dots (2.5)$$

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.

Setiap (Z_j , $j=1,2,3,\dots,p$) dilakukan perubahan bobot dan bias ($i=0,1,2,\dots,n$) dengan persamaan berikut:

$$V_{ij}(\text{baru}) = V_{ij}(\text{lama}) + \Delta V_{ij} \dots \dots \dots (2.6)$$

2.2.4 Fungsi Aktivasi

Fungsi aktivasi yang sering digunakan yaitu (Sutojo et al., 2011):

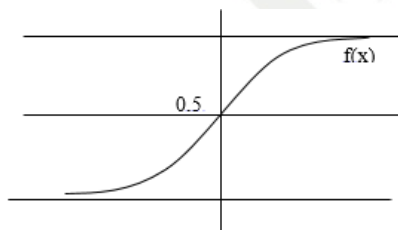
1. Sigmoid Biner

Dalam *backpropagation*, fungsi aktivasi harus memenuhi beberapa syarat yaitu : kontinu, terdiferensial dengan mudah dan merupakan fungsi yang tidak turun. Salah satu fungsi yang memenuhi ketiga syarat tersebut dan sering dipakai adalah fungsi sigmoid biner. Fungsi sigmoid biner memiliki nilai *range* 0 sampai 1. Fungsi sigmoid biner ini digunakan antara lapisan *input* dan lapisan tersembunyi dan juga antara lapisan tersembunyi dengan lapisan *output*. Berikut persamaan fungsi sigmoid biner :

$$f(x) = \frac{1}{1 + e^{-x}} \dots \dots \dots (2.7)$$

Dengan turunan $f'(x) = f(x)(1 - f(x)) \dots \dots \dots (2.8)$

Gambar grafik fungsi sigmoid biner dapat dilihat pada Gambar 2.5 dibawah ini :



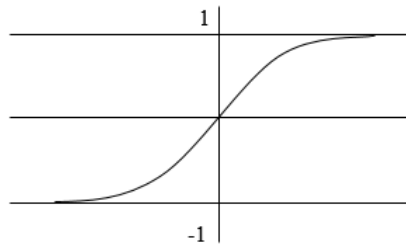
Gambar 2.5 Grafik Fungsi Sigmoid Biner (Sutojo et al., 2011)

2. Sigmoid Bipolar

Fungsi sigmoid bipolar mirip dengan sigmoid biner , namun dengan *range* (-1,1). Gambar grafik fungsi sigmoid biner dapat dilihat pada Gambar 2.6

Hak Cipta Diindungi Undang-Undang

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



Gambar 2.6 Grafik Fungsi Sigmoid Bipolar (Sutojo et al., 2011)

2.3 Pengujian Sistem

Pengujian sistem dilakukan dengan menghitung tingkat keakuratan sistem dalam menentukan tingkat ketidakdisiplinan siswa, yaitu menggunakan *confusion matrix*. *Confusion matrix* merupakan sebuah tabel yang terdiri atas banyaknya baris data uji yang diprediksi benar dan tidak benar oleh model klasifikasi. Tabel ini diperlukan untuk menentukan kinerja suatu model klasifikasi (Tan dkk., 2015 dalam Lestari, 2013). Tabel *confusion matrix* dapat dilihat pada Tabel 2.1 dibawah ini :

Tabel 2.1 *Confusion Matrix*

Data		Prediksi	
		Kelas 1	Kelas 2
Aktual	Kelas 1	A	B
	Kelas 2	C	D

Keterangan :

- a. A merupakan jumlah kelas 1 yang berhasil diprediksi dengan benar sebagai kelas 1
- b. B merupakan jumlah kelas 1 yang tidak berhasil diprediksi dengan benar sebagai kelas 1
- c. C merupakan jumlah kelas 2 yang berhasil diprediksi dengan benar sebagai kelas 2
- d. D merupakan kelas 2 yang berhasil diprediksi dengan benar sebagai kelas 2

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.

Akurasi dapat dihitung dengan cara menjumlahkan data uji yang berhasil dikenali dengan benar dibagi dengan total data uji. Akurasi dapat dihitung menggunakan Persamaan 2.17 berikut :

$$Akurasi = \frac{A+D}{A+B+C+D} \times 100\% \dots\dots\dots(2.9)$$

2.4 Ketidakdisiplinan Siswa

Disiplin adalah suatu kondisi yang terbentuk dari serangkaian proses perilaku yang memperlihatkan nilai ketaatan, kepatuhan, kesetiaan, keteraturan dan ketertiban (Priyodarminto, 2004). Oleh karena itu, disiplin harus dilakukan siapa saja dan dimana saja. Salah satunya adalah disiplin yang dilakukan oleh siswa di sekolah. Disiplin siswa di sekolah besar pengaruhnya terhadap proses belajar siswa di sekolah. Apabila siswa mematuhi peraturan di sekolah maka siswa dapat belajar dengan tenang di sekolah. Contohnya, ketika siswa datang terlambat ke sekolah, siswa tersebut tidak memikirkan pelajaran lagi melainkan hukuman yang akan di dapat (Suwardi, 2012). Tingkat disiplin berbanding lurus dengan prestasi belajar. Semakin tinggi tingkat disiplin siswa tersebut maka semakin tinggi pula prestasi belajarnya. Begitu juga sebaliknya, semakin rendah tingkat kedisiplinan, maka semakin rendah pula prestasi belajar (Widiastuti, 2008). Tingkat ketidakdisiplinan siswa dipengaruhi oleh beberapa faktor. Yaitu, faktor eksternal dan faktor internal.

Faktor internal yang mempengaruhi ketidakdisiplinan siswa ada tiga bagian yaitu faktor kelelahan (kelelahan jasmani dan kelelahan rohani), faktor jasmaniah (kesehatan, cacat tubuh), dan faktor psikologis (intelegensi, perhatian, minat, bakat, motif, kematangan, ketrampilan, dan kesiapan belajar). Sedangkan faktor eksternal yang berasal dari luar diri siswa yaitu lingkungan keluarga, sekolah, dan masyarakat (Slameto, 2010).

Salah satu faktor eksternal yang mempengaruhi tingkat ketidakdisiplinan siswa yaitu faktor lingkungan keluarga. Faktor keluarga atau lingkungan rumah merupakan lingkungan pertama dan utama dalam menentukan perkembangan pendidikan seseorang, dan juga faktor utama dalam menentukan belajar seseorang. Dalam pendidikan keluarga menjadi suatu kebutuhan yang mendasar, sebab

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.

keluarga adalah awal dimana anak mengenal dengan orang lain dan dirinya sendiri, serta mendapatkan pendidikan pertama kali.

Faktor keluarga mempunyai peran yang sangat penting dalam perkembangan pendidikan seseorang, termasuk kedisiplinan di sekolah. Faktor – faktor yang dapat mempengaruhi tingkat ketidakdisiplinan siswa adalah (Astuti, Kusriani, & Arief, 2015):

1. Penghasilan orang tua

Nurasiyah (2011) dalam Siswanto (2017) mengatakan bahwa tingkat pendapatan orang tua mempengaruhi secara signifikan terhadap prestasi belajar siswa.

2. Pendidikan orang tua

Pendidikan orang tua juga berpengaruh terhadap ketidakdisiplinan siswa. Terdapat hubungan yang signifikan tingkat pendidikan orang tua terhadap hasil belajar siswa. (Sarina, 2015)

3. Alat transportasi

Alat transportasi siswa seperti sepeda, sepeda motor, angkutan umum, jalan kaki, dan bersama orang tua.

4. Jenis tinggal

Jenis tinggal siswa seperti tinggal bersama orang tua, wali, dan kost

5. Jarak rumah ke sekolah

6. Jenis kelamin

7. Kelas siswa di sekolah

8. Usia.

Pada kasus penentuan tingkat ketidakdisiplinan siswa di SMAN 12 Pekanbaru terdapat 3 tingkatan ketidakdisiplinan, yaitu ringan, sedang, dan berat.

2.5 Penelitian Terkait

Ada beberapa penelitian sebelumnya dengan menggunakan metode *Backpropagation* ataupun kasus yang serupa, dapat dilihat pada Tabel 2.2 di bawah ini:

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.

Tabel 2.2 Penelitian Terkait

No	Peneliti	Judul	Metode	Kesimpulan
1	Fitri Ayu (2019)	Implementasi Jaringan Saraf Tiruan Untuk Menentukan Kelayakan Proposal Tugas Akhir	<i>Backpropagation</i>	Dapat dibangun metode <i>backpropagation</i> dengan 6 parameter dan 2 output. Pengujian menunjukkan hasil persentase kebenaran paling tinggi 90%
2	Imelda Asih Rohani Simbolon, Fikri Yatussa'ada, dan Anjar Wanto (2018)	Penerapan Algoritma <i>Backpropagation</i> dalam Memprediksi Persentase Penduduk Buta Huruf di Indonesia	<i>Backpropagation</i>	Data yang digunakan yaitu data angka buta huruf setiap provinsi di Indonesia dari tahun 2011 sampai dengan 2017. Sistem dapat melakukan prediksi dengan akurasi 91%
3	Sunil Setti dan Anjar Wanto (2018)	<i>Analysis of Backpropagation Algorithm in Predicting the Most Number of Internet Users in the World</i>	<i>Backpropagation</i>	Penelitian ini menggunakan data jumlah pengguna internet di 25 negara tahun 2013-2017 dan menghasilkan akurasi 92%
4	Syahrullah, Haira Rasmita Ngemba, dan Syaiful Hendra (2016)	Pendaftaran Mahasiswa Baru Program Pendidikan Dasar Menggunakan Algoritma NN <i>Backpropagation</i> di Upbjj – Universitas Terbuka Provinsi Sulawesi Tengah	<i>Backpropagation</i>	algoritma <i>Backpropagation</i> mampu menghasilkan arsitektur jaringan yang tepat dan tingkat kesalahan prediksi (<i>forecasting error</i>) dengan nilai <i>Mean Square Error</i> (MSE) terkecil

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.

			dan nilai <i>error</i> terendah yang hampir mendekati 0 (nol). Diperoleh nilai MSE = 19,256 dan nilai <i>error</i> sebesar = 0.00007
	Niken Puji Astuti, Kusriani, dan M. Rudyanto Arief (2015)	Prediksi Tingkat Ketidaksiplinan Siswa Menggunakan Algoritma <i>Naïve Bayes Classifier</i> (Studi Kasus : SMK Negeri 1 Pacitan)	Naïve Bayes
			<i>Ouput</i> penelitian ini yaitu ketidaksiplinan rendah, sedang, dan tinggi. Dan setelah diuji, metode ini menghasilkan akurasi sebesar 79,01%. Pada penelitian ini menggunakan 15 atribut yaitu: asal sekolah, jurusan, tempat lahir, jenis kelamin, kecamatan, pendidikan ibu, pendidikan ayah, rata-rata UN, penghasilan, kelas, usia, kota, jalur masuk. 15 atribut tersebut merupakan faktor-faktor yang dapat mempengaruhi tingkat ketidaksiplinan siswa

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.

Dewi Kusumawati, Wing Wahyu Winarno, dan M. Rudyanto Arief (2015)	Prediksi Kelulusan Mahasiswa Menggunakan Metode <i>Neural Network</i> dan <i>Particle Swarm Optimization</i>	<i>Neural Network</i> dan <i>Particle Swarm Optimization</i>	<i>output</i> yang dihasilkan adalah kelulusan tepat waktu atau melebihi batas waktu. Tingkat akurasi dari penelitian ini adalah 87.31%.
Ricardus Anggi Pramunendar, Ika Novita Dewi, Hasan Asri (2013)	Penentuan Prediksi Awal Penyakit Jantung Menggunakan Algoritma <i>Backpropagation Neural Network</i> dengan Metode <i>Adaboost</i>	<i>Backpropagation</i>	Penelitian ini menghasilkan nilai akurasi sebesar 96,65% .Lalu ditambahkan dengan metode <i>adaboost</i> menjadi 99,29% dengan menggunakan 867 data dari penyakit jantung.
Dany Candra Febrianto dan Hidayati Mustafidah (2013)	Penerapan Jaringan Saraf Tiruan dengan Metode Pembelajaran <i>Backpropagation</i> untuk Mengetahui Tingkat Kualifikasi Calon Siswa pada Sistem Informasi Penerimaan Siswa Baru di MAN 2 Banjarnegara	<i>Backpropagation</i>	Dari uji coba yang dilakukan sebanyak 6 kali dengan parameter <i>target error</i> 0,001, maksimum <i>epoch</i> 10000 dan <i>learning rate</i> mulai dari 0,3 sampai dengan 0,8 didapat hasil 64 macam pola yang diujikan sistem dapat mengenali 100%. Semakin besar nilai <i>learning rate</i> maka akan semakin kecil jumlah iterasi untuk menemukan MSE yang lebih kecil dari <i>target error</i> .
Untung Suwardi, Abdul Syukur, dan Ricardus Anggi (2012)	Komparasi Algoritma <i>Backpropagation</i> , <i>Nearest Neighbor</i> , dan <i>Decision</i>	<i>BPNN</i> , <i>Nearest Neighbor</i> , dan <i>Decision Tree</i>	Algoritma <i>BPNN</i> lebih cocok untk kasus tersebut dan mempunyai

	Tree Untuk Mendeteksi Penyakit Demam Berdarah Pada Pasien Opname		akurasi yang paling tinggi sebesar 92,90%.
--	--	--	--

© Hak cipta milik UIN Suska Riau

State Islamic University of Sultan Syarif Kasim 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.

