

# Implementasi Teori Graf terhadap Arsitektur Jaringan Saraf Tiruan pada Manusia

Arnold Pangihutan Sianturi - 13517022  
Program Studi Teknik Informatika  
Sekolah Teknik Elektro dan Informatika  
Institut Teknologi Bandung, Jl. Ganesha 10 Bandung 40132, Indonesia  
13517022@std.stei.itb.ac.id

**Abstrak** — Graf merupakan sekumpulan simpul dan sisi, di mana simpul-simpul dihubungkan oleh sisi. Namun, sekumpulan simpul yang tidak berhubungan, dapat pula didefinisikan sebagai sebuah graf. Jaringan saraf manusia adalah jaringan yang tersusun atas sel-sel saraf atau neuron. Tiap neuron/sel saraf terdiri atas badan sel saraf, cabang dendrit dan cabang akson. Cabang-cabang tersebut menghubungkan tiap-tiap sel saraf sehingga membentuk jaringan saraf. Sedangkan, jaringan saraf tiruan merupakan suatu model komputasi yang menggunakan cara kerja jaringan saraf manusia untuk melakukan fungsi jaringan saraf, yang terdiri dari sekelompok unit pemroses kecil yang dimodelkan berdasarkan jaringan saraf manusia. Jaringan saraf tiruan sama-sama memiliki arsitektur/model yang dapat digambarkan dengan graf.

**Kata Kunci** — Graf, jaringan saraf, jaringan saraf tiruan, arsitektur jaringan saraf tiruan.

## I. PENDAHULUAN

Pada era sekarang, sebagian besar masalah dalam kehidupan manusia dapat diatasi dengan menggunakan teknologi canggih. Seiring berjalannya waktu, pengetahuan manusia kian berkembang di berbagai bidang. Hal tersebut lah yang memunculkan banyak penemuan yang bermacam-macam fungsinya. Misalnya, pada bidang biologi, telah tercipta sebuah teknologi biomedik yang bernama jaringan saraf tiruan (*artificial neural network*).

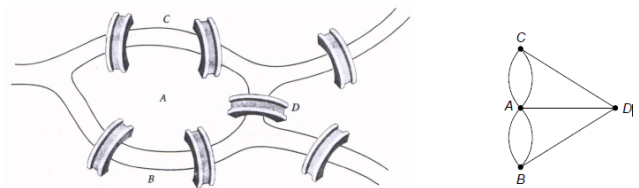
Jaringan saraf tiruan merupakan salah satu sistem pemrosesan yang dirancang dan dilatih untuk memiliki kemampuan seperti yang dimiliki oleh manusia dalam menyelesaikan persoalan rumit fungsi jaringan saraf manusia dengan melakukan proses belajar melalui perubahan bobot sinapsisnya. Jaringan saraf mensimulasi fungsi saraf biologis dan kemudian membawanya kepada perangkat lunak kelas baru yang dapat mengenali pola-pola yang kompleks serta belajar dari pengalaman-pengalaman memori lampau.

## II. TEORI GRAF

### A. Definisi Graf

Graf adalah hubungan yang menghubungkan objek-objek diskrit antara satu dengan yang lain. Pada tahun 1836, Leonhard Euler membuktikan bahwa perjalanan di kota Koenigsberg dengan syarat melalui setiap jembatan tepat satu

kali, tidak dapat dilakukan. Dalam pembuktiannya, Euler menyederhanakan gambaran jembatan Konigsberg itu menjadi suatu diagram:



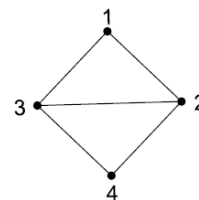
Gambar 1. Jembatan Konigsberg dan graf yang merepresentasikan jembatan Konigsberg

sumber: <https://imeldafloresia91.wordpress.com/2013/05/04/graf-matematika-diskrit/> (diakses pada 6 Desember 2018)

Sejak saat itulah penggunaan diagram semacam itu mulai populer dan teorinya dipakai sampai saat ini yang kita sebut sekarang sebagai graf. Sebagai contoh Graf  $G=(V,E)$  dalam hal ini:

$V$  = himpunan yang tidak kosong dari simpul (vertices) =  $\{v_1, v_2, \dots, v_n\}$

$E$  = himpunan sisi (edges) yang menghubungkan sepasang simpul =  $\{e_1, e_2, \dots, e_n\}$



Gambar 2. Graf G

sumber: <http://rabbitjeyek.blogspot.com/2011/12/teori-graf-3.html> (diakses pada 6 Desember 2018)

Pada Gambar 2, graf G adalah graf dengan :

$V = \{1,2,3,4\}$

$E = \{(1,2),(1,3),(2,3),(2,4),(3,4)\}$

### B. Jenis Graf

Jenis graf berdasarkan representasi arahnya digolongkan menjadi 2 yaitu,

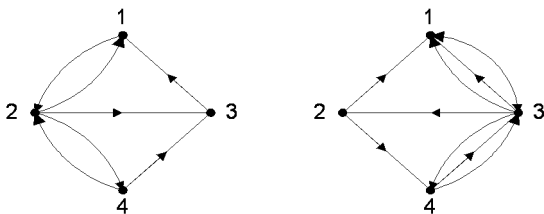
#### 1. Graf Tak Berarah.

Graf tak Berarah adalah graf yang sisinya tidak mempunyai

orientasi arah. Graf jenis ini dapat diaplikasikan untuk merepresentasikan rangkaian elektrik, rantai makanan pada suatu ekosistem, penggambaran ikatan molekul-molekul kimia, dan lain sebagainya. Contoh graf tak berarah adalah seperti pada Gambar 2.

### 2. Graf Berarah

Graf berarah adalah graf yang sisinya mempunyai orientasi arah. Graf jenis ini cukup banyak aplikasinya di dalam kehidupan nyata contohnya, Persoalan Pedagang Keliling (*Travelling Salesman Problem*) yang setiap sisinya akan diberikan bobot untuk menentukan rute dengan bobot paling minimum yang dapat ditempuh. Contoh graf berarah adalah seperti pada Gambar 3 di bawah ini.



Gambar 3. Contoh graf berarah

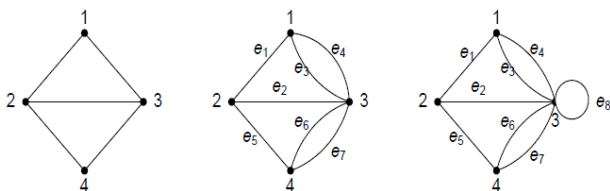
sumber: [http://sha-essa.blogspot.com/2011/12/teori-graph\\_21.html](http://sha-essa.blogspot.com/2011/12/teori-graph_21.html) (diakses pada 6 Desember 2018)

Sebuah graf berarah dikatakan graf terhubung kuat (*strongly connected graph*) apabila setiap simpul pada graf tersebut mempunyai sisi yang masuk yang masuk dan sisi yang keluar.

### 3. Terminologi graf

#### a) Ketetanggaan (*Adjacent*)

Dua buah simpul dikatakan bertetangga bila keduanya terhubung langsung.



Gambar 4. Contoh graf bertetangga. Misalkan G1 adalah graf paling kiri, graf di tengah adalah G2, dan graf paling kanan adalah G3.

sumber : <http://darkrabbitblog.blogspot.com/2011/12/teori-graf-iii.html> (diakses pada 6 Desember 2018)

#### b) Bersisian (*Incidency*)

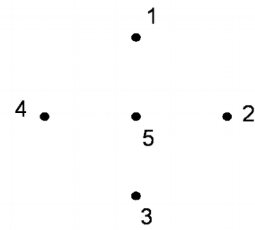
Untuk sembarang sisi  $e = (v_j, v_k)$  dikatakan  $e$  bersisian dengan simpul  $v_j$ , atau  $e$  bersisian dengan simpul  $v_k$ . Pada graf G1, sisi (2,3) bersisian dengan simpul 2 dan simpul 3, sisi (2,4) bersisian dengan simpul 2 dan simpul 4, tetapi sisi (1,2) tidak bersisian dengan simpul 4.

#### c) Simpul terpencil (*Isolated Vertex*)

Simpul terpencil ialah simpul yang tidak mempunyai sisi yang bersisian dengannya. Pada graf G3 simpul 5 adalah simpul terpencil.

#### d) Graf Kosong (*Null Graph* atau *Empty Graph*)

Graf yang himpunan sisinya merupakan himpunan kosong ( $N_n$ ).



Gambar 5. Contoh graf kosong

sumber: [http://sha-essa.blogspot.com/2011/12/teori-graph\\_21.html](http://sha-essa.blogspot.com/2011/12/teori-graph_21.html) (diakses pada 6 Desember 2018)

#### e) Derajat (*Degree*)

Derajat suatu simpul adalah jumlah sisi yang bersisian dengan simpul tersebut.

Notasi:  $d(v)$

Tinjau graf G1 :  $d(1) = d(4) = 2$   $d(2) = d(3) = 3$

Tinjau graf G3 :  $d(5) = 0$  → simpul terpencil

$d(4) = 1$  → simpul anting-anting

Tinjau graf G2 :  $d(1) = 3$  → bersisian dengan sisi ganda

$d(2) = 4$  → bersisian dengan sisi gelang (*loop*)

Lemma Jabat Tangan. Jumlah derajat semua simpul pada suatu graf adalah genap, yaitu dua kali jumlah sisi pada graf tersebut. Dengan kata lain, jika  $G = (V, E)$ , maka

$$\sum d(v) = 2|E|$$

Tinjau graf G1:  $d(1) + d(2) + d(3) + d(4)$

$$= 2 + 3 + 3 + 2$$

$$= 10$$

$$= 2 \times \text{jumlah sisi} = 2 \times 5$$

Tinjau graf G2:  $d(1) + d(2) + d(3)$

$$= 3 + 3 + 4$$

$$= 10 = 2 \times \text{jumlah sisi} = 2 \times 5$$

Tinjau graf G3:  $d(1) + d(2) + d(3) + d(4) + d(5)$

$$= 2 + 2 + 3 + 1 + 0$$

$$= 8 = 2 \times \text{jumlah sisi} = 2 \times 4$$

Akibat dari lemma (*corollary*) :

Teorema: Untuk sembarang graf G, banyaknya simpul berderajat ganjil selalu genap.

#### f) Lintasan (*Path*)

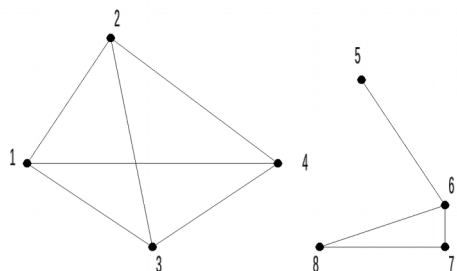
Lintasan yang panjangnya  $n$  dari simpul awal  $v_0$  ke simpul tujuan  $v_n$  di dalam graf G ialah barisan berselang-seling simpul-simpul dan sisi-sisi yang berbentuk  $v_0, e_1, v_1, e_2, v_2, \dots, v_{n-1}, e_n, v_n$  sedemikian sehingga  $e_1 = (v_0, v_1), e_2 = (v_1, v_2), \dots, e_n = (v_{n-1}, v_n)$  adalah sisi-sisi dari graf G.

#### g) Siklus (*Cycle*) atau Sirkuit (*Circuit*)

Lintasan yang berawal dan berakhir pada simpul yang sama disebut sirkuit atau siklus.

h) Terhubung (*connected*)

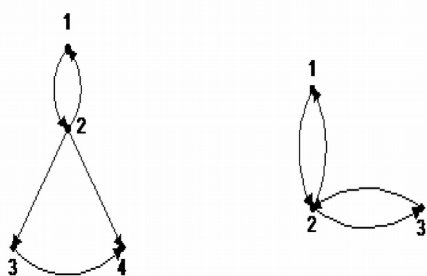
Dua buah simpul  $v_1$  dan simpul  $v_2$  disebut terhubung jika terdapat lintasan dari  $v_1$  ke  $v_2$ ,  $G$  disebut graf terhubung (*connected graph*) jika untuk setiap pasang simpul  $v_i$  dan  $v_j$  dalam himpunan  $V$  terdapat lintasan dari  $v_i$  ke  $v_j$ . Jika tidak, maka  $G$  disebut graf tak-terhubung (*disconnected graph*).



Gambar 6. Contoh graf tak terhubung

sumber: [http://sha-essa.blogspot.com/2011/12/teori-graph\\_21.html](http://sha-essa.blogspot.com/2011/12/teori-graph_21.html) (diakses pada 6 Desember 2018)

Graf berarah  $G$  dikatakan terhubung jika graf tidak berarahnya terhubung (graf tidak berarah dari  $G$  diperoleh dengan menghilangkan arahnya). Dua simpul,  $u$  dan  $v$ , pada graf berarah  $G$  disebut terhubung kuat (*strongly connected*) jika terdapat lintasan berarah dari  $u$  ke  $v$  dan juga lintasan berarah dari  $v$  ke  $u$ . Jika  $u$  dan  $v$  tidak terhubung kuat tetapi terhubung pada graf tidak berarahnya, maka  $u$  dan  $v$  dikatakan terhubung lemah (*weakly connected*). Graf berarah  $G$  disebut graf terhubung kuat (*strongly connected graph*) apabila untuk setiap pasang simpul sembarang  $u$  dan  $v$  di  $G$ , terhubung kuat. Kalau tidak,  $G$  disebut graf terhubung lemah.

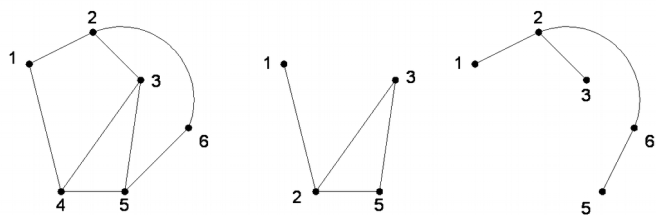


Gambar 7. Contoh graf terhubung lemah (kiri) dan graf terhubung kuat (kanan)

sumber: <http://fheet.blogspot.com/> (diakses pada 6 Desember 2018)

i) Upagraf (*Subgraph*) dan Komplemen Upagraf

Misalkan  $G = (V, E)$  adalah sebuah graf.  $G_1 = (V_1, E_1)$  adalah upagraf dari  $G$  jika  $V_1 \subseteq V$  dan  $E_1 \subseteq E$ . Komplemen dari upagraf  $G_1$  terhadap graf  $G$  adalah graf  $G_2 = (V_2, E_2)$  sedemikian sehingga  $E_2 = E - E_1$  dan  $V_2$  adalah himpunan simpul yang anggota-anggota  $E_2$  bersisian dengannya.

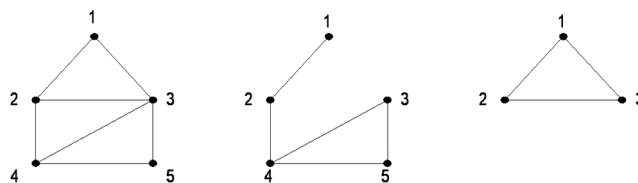


Gambar 8. (Dari kiri ke kanan) Graf  $G_1$ , upagraf  $G_1$ , dan komplemen upagraf.

sumber : [http://sha-essa.blogspot.com/2011/12/teori-graph\\_21.html](http://sha-essa.blogspot.com/2011/12/teori-graph_21.html) (diakses pada 6 Desember 2018)

j) Upagraf Rentang (*Spanning Subgraph*)

Upagraf  $G_1 = (V_1, E_1)$  dari  $G = (V, E)$  dikatakan upagraf rentang jika  $V_1 = V$  (yaitu  $G_1$  mengandung semua simpul dari  $G$ ).



Gambar 9. (Dari kiri ke kanan) Graf  $G$ , upagraf rentang dari  $G$ , dan bukan upagraf rentang dari  $G$

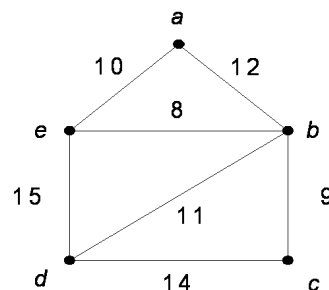
sumber: [http://sha-essa.blogspot.com/2011/12/teori-graph\\_21.html](http://sha-essa.blogspot.com/2011/12/teori-graph_21.html) (diakses pada 6 Desember 2018)

k) *Cut-set*

*Cut-set* dari graf terhubung  $G$  adalah himpunan sisi yang bila dibuang dari  $G$  menyebabkan  $G$  tidak terhubung. Jadi, *cut-set* selalu menghasilkan dua buah komponen.

l) Graf Berbobot (*Weighted Graph*)

Graf berbobot adalah graf yang setiap sisinya diberi sebuah harga (bobot).



Gambar 10. Contoh graf berbobot

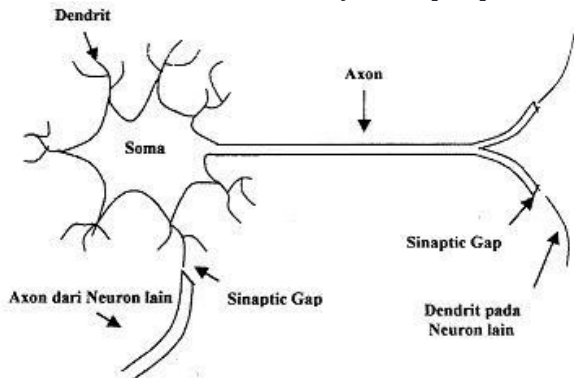
sumber: [http://sha-essa.blogspot.com/2011/12/teori-graph\\_21.html](http://sha-essa.blogspot.com/2011/12/teori-graph_21.html) (diakses pada 6 Desember 2018)

### III. DEFINISI JARINGAN SARAF DAN JARINGAN SARAF TIRUAN

#### A. Jaringan Saraf

Otak manusia memiliki struktur yang sangat kompleks dan memiliki kemampuan yang luar biasa. Otak terdiri dari neuron-neuron dan penghubung yang disebut sinapsis. Neuron bekerja berdasarkan impuls/sinyal yang diberikan pada neuron. Neuron meneruskannya pada neuron lain. Diperkirakan manusia memiliki 1012 neuron dan  $6 \times 10^{18}$  sinapsis. Dengan jumlah yang begitu banyak, otak mampu mengenali pola, melakukan perhitungan, dan mengontrol organ-organ tubuh dengan kecepatan yang lebih tinggi dibandingkan komputer digital (Puspitaningrum, 2006). Sebagai perbandingan, pengenalan wajah seseorang yang sedikit berubah, misal memakai topi, memiliki jenggot tambahan dan lainnya akan lebih cepat dilakukan manusia dibandingkan komputer. Pada waktu lahir,

otak mempunyai struktur yang menakjubkan karena kemampuannya membentuk sendiri aturan-aturan/pola berdasarkan pengalaman yang diterima. Jumlah dan kemampuan neuron berkembang seiring dengan pertumbuhan fisik manusia, terutama pada umur 0-2 tahun. Pada 2 tahun pertama umur manusia, terbentuk 1 juta sinapsis per detiknya.



Gambar 11. Gambaran sederhana jaringan saraf biologis sumber: <http://idahceris.com/informasi/jaringan-syaraf-biologi/> (diakses pada 6 Desember 2018)

Neuron memiliki 3 komponen penting yaitu dendrit, soma dan akson. Dendrit menerima sinyal dari neuron lain. Sinyal tersebut berupa impuls elektrik yang dikirim melalui celah sinaptik melalui proses kimiawi. Sinyal tersebut dimodifikasi (diperkuat/diperlemah) di celah sinaptik dan selanjutnya soma menjumlahkan semua sinyal-sinyal yang masuk. Kalau jumlah tersebut cukup kuat dan melebihi batas ambang (*threshold*), maka sinyal tersebut akan diteruskan ke sel lain melalui akson. Frekuensi penerusan sinyal berbeda-beda antara satu sel dengan yang lain. Neuron biologis merupakan sistem yang "fault tolerant" dalam 2 hal. Pertama, manusia dapat mengenali sinyal masukan yang agak berbeda dari yang pernah kita terima sebelumnya. Sebagai contoh, manusia sering dapat mengenali seseorang yang wajahnya pernah dilihat dari foto, atau dapat mengenali seseorang yang wajahnya agak berbeda karena sudah lama tidak dijumpainya. Kedua, otak manusia tetap mampu bekerja meskipun beberapa neuronnya tidak mampu bekerja dengan baik. Jika sebuah neuron rusak, neuron lain kadang-kadang dapat dilatih untuk menggantikan fungsi sel yang rusak tersebut.

### B. Jaringan Saraf Tiruan

Jaringan saraf tiruan bisa dibayangkan seperti otak buatan di dalam cerita-cerita fiksi ilmiah. Otak buatan ini dapat berpikir seperti manusia, dan juga sepandai manusia dalam menyimpulkan sesuatu dari potongan-potongan informasi yang diterima. Khayalan manusia tersebut mendorong para peneliti untuk mewujudkannya. Komputer diusahakan agar bisa berpikir sama seperti cara berpikir manusia. Caranya adalah dengan melakukan aktivitas-aktivitas yang terjadi di dalam sebuah jaringan saraf biologis. Pengembangan jaringan saraf tiruan pada awalnya termotivasi oleh penelitian sistem saraf biologis yang terdiri dari jaringan neuron-neuron yang saling terhubung.

Jaringan saraf tiruan (JST/*artificial neural network*) adalah sistem pemroses informasi yang memiliki karakteristik mirip

dengan jaringan saraf biologi. Menurut Kusumadewi, jaringan saraf tiruan adalah salah satu representasi buatan dari otak manusia yang selalu mencoba untuk menyimulasikan proses pembelajaran pada otak manusia tersebut. JST merupakan suatu model kecerdasan yang diilhami dari struktur otak manusia dan kemudian diimplementasikan menggunakan program komputer yang mampu menyelesaikan sejumlah proses perhitungan selama proses pembelajaran berlangsung. Jaringan saraf tiruan akan mentransformasikan informasi dalam bentuk bobot dari satu neuron ke neuron yang lainnya, informasi tersebut akan diproses oleh suatu fungsi perambatan dan semua bobot masukan yang datang dijumlahkan kemudian dibandingkan dengan suatu nilai ambang tertentu melalui fungsi aktivasi setiap neuron. Bila nilai melampaui nilai ambang maka neuron akan diaktifkan dan informasi keluaran diteruskan ke neuron yang tersambung dengannya.

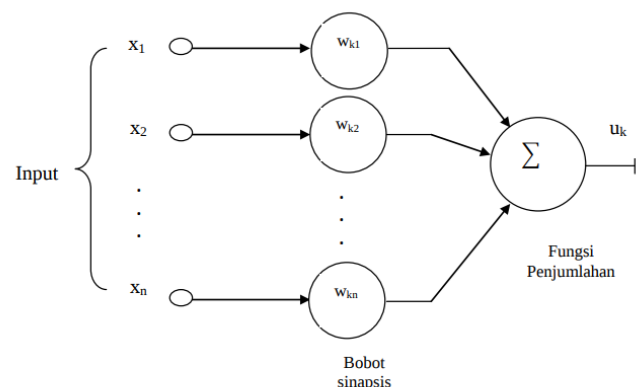
Dalam meniru sistem jaringan biologis maka sistem jaringan saraf tiruan memiliki 3 karakteristik utama, yaitu:

1. Arsitektur jaringan: merupakan pola keterhubungan antara neuron. Keterhubungan neuron-neuron inilah yang membentuk suatu jaringan.
2. Algoritma jaringan: merupakan metode untuk menentukan bobot hubungan.
3. Fungsi aktivasi: merupakan fungsi untuk menentukan nilai keluaran berdasarkan nilai total masukan pada neuron.

Seperti halnya otak manusia, jaringan saraf tiruan juga terdiri dari beberapa neuron. Neuron adalah unit pemrosesan informasi yang menjadi dasar dalam pengoperasian jaringan saraf tiruan. Neuron terdiri dari tiga elemen pembentuk:

1. Himpunan unit-unit yang dihubungkan dengan jalur koneksi. Jalur-jalur tersebut memiliki bobot/kekuatan yang berbeda-beda. Bobot yang bernilai positif akan memperkuat sinyal dan yang bernilai negatif akan memperlemah sinyal yang dibawanya.
2. Suatu unit penjumlahan yang akan menjumlahkan masukan-masukan sinyal yang sudah dikalikan dengan bobotnya.
3. Fungsi aktivasi yang akan menentukan apakah sinyal dari masukan neuron akan diteruskan ke neuron lain atau tidak.

Neuron buatan (*artificial neuron*) dirancang untuk menirukan karakteristik neuron biologis .



Gambar 12. Model neuron tiruan sederhana  
 sumber: <http://repository.usu.ac.id/bitstream/handle/123456789/47283/> (diakses pada 6 Desember 2018)

Keterangan:

$x_1, x_2, \dots, x_n$  = masukan berupa sinyal yang masuk ke dalam sinapsis neuron

$w_{k1}, w_{k2}, \dots, w_{kn}$  = bobot penghubung sinapsis yang menyimpan pola pembelajaran

$\Sigma$  = blok penjumlahan

$u_k$  = keluaran

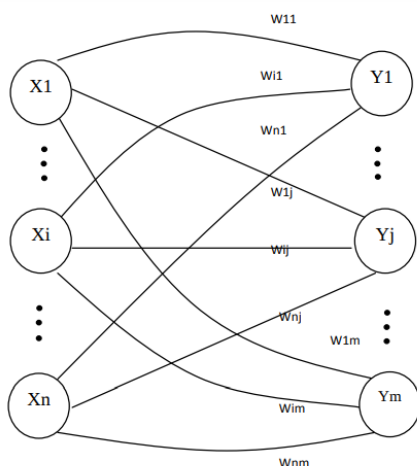
Dari gambar 12 terlihat serangkaian masukan yang dilakukan pada suatu neuron buatan. Setiap sinyal dikalikan dengan bobot (*weight*), sebelum masuk ke blok penjumlahan yang kurang lebih bersesuaian dengan badan sel saraf biologis, fungsi ini menjumlahkan semua masukan terboboti (perkalian semua masukan dengan bobotnya) secara aljabar dan menghasilkan sebuah keluaran. Dalam unit keluaran, variabel dimasukkan ke dalam suatu fungsi tertentu untuk menghasilkan keluaran akhir.

#### IV. IMPLEMENTASI GRAF TERHADAP ARSITEKTUR JARINGAN SARAF TIRUAN

Penyusunan neuron pada lapisan-lapisan dan pola koneksinya dalam dan antarlapisan disebut arsitektur jaringan. Dalam menentukan jumlah dari lapisan, unit masukan tidak terhitung sebagai lapisan karena unit tersebut tidak melakukan proses komputasi. Atau bisa dikatakan bahwa jumlah lapisan pada jaringan ditentukan berdasarkan lapisan yang berisikan bobot antar koneksi dari kumpulan neuron-neuron. Beberapa arsitektur jaringan saraf tiruan, yaitu:

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

Jaringan dengan lapisan tunggal hanya memiliki satu lapisan dengan bobot-bobot terhubung. Jaringan ini hanya menerima masukan kemudian secara langsung akan mengolahnya menjadi keluaran tanpa harus melalui lapisan tersembunyi. Pada Gambar 13, neuron-neuron pada lapisan masukan terhubung langsung dengan neuron-neuron pada lapisan keluaran.



Gambar 13. Arsitektur jaringan saraf tiruan dengan lapisan tunggal

sumber: <http://okkyibrohim.com/index.php/2016/10/19/arsitektur-jaringan-syaraf-tiruan/> (diakses pada 7 Desember 2018)

Keterangan:

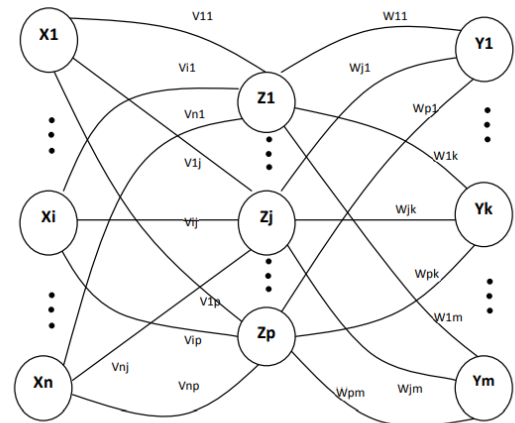
$X_1, X_i, \dots, X_n$  = neuron-neuron pada lapisan masukan

$Y_1, Y_j, \dots, Y_m$  = neuron-neuron pada lapisan keluaran

$w_{11}, \dots, w_{nm}$  = bobot dari lapisan masukan ke lapisan keluaran

##### 2. Jaringan dengan banyak lapisan (*multilayer network*)

Jaringan dengan banyak lapisan memiliki satu atau lebih lapisan yang terletak di antara lapisan masukan dan lapisan keluaran. Lapisan tersebut disebut lapisan tersembunyi (*hidden layer*). Jaringan dengan banyak lapisan ini dapat menyelesaikan permasalahan yang lebih sulit daripada lapisan dengan lapisan tunggal, tentu saja dengan pembelajaran yang lebih rumit. Namun demikian, pada banyak kasus, pembelajaran pada jaringan dengan banyak lapisan ini lebih sukses dalam menyelesaikan masalah.



Gambar 14. Arsitektur jaringan saraf tiruan dengan banyak lapisan

sumber: <http://okkyibrohim.com/index.php/2016/10/19/arsitektur-jaringan-syaraf-tiruan/> (diakses pada 7 Desember 2018)

Keterangan:

$X_1, X_i, \dots, X_n$  = neuron-neuron pada lapisan masukan

$Z_1, Z_j, \dots, Z_p$  = neuron-neuron pada lapisan tersembunyi

$Y_1, Y_k, \dots, Y_m$  = neuron-neuron pada lapisan keluaran

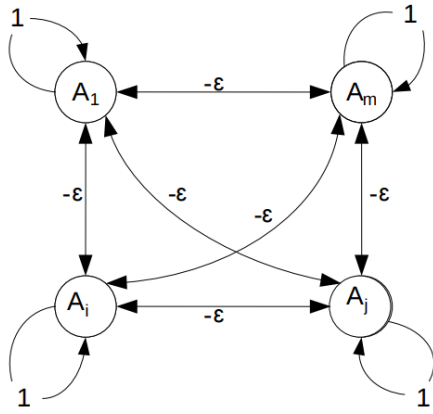
$v_{11}, \dots, v_{np}$  = bobot dari lapisan masukan ke lapisan tersembunyi

$w_{11}, \dots, w_{pm}$  = bobot dari lapisan tersembunyi ke lapisan keluaran

##### 3. Jaringan dengan lapisan kompetitif (*competitive layer network*)

Hubungan antarneuron pada lapisan kompetitif ini tidak diperlihatkan pada diagram arsitektur seperti jaringan yang lain. Pada jaringan kompetitif, neuron saling berkompetisi sehingga hanya satu diantaranya yang aktif, prinsip ini disebut *winner-takes-all* atau yang menanglah yang mengambil bagiannya.





Gambar 15. Arsitektur jaringan syaraf tiruan dengan lapisan kompetitif

sumber:<http://repository.usu.ac.id/bitstream/handle/123456789/47283/> (diakses pada 7 Desember 2018)

Keterangan:

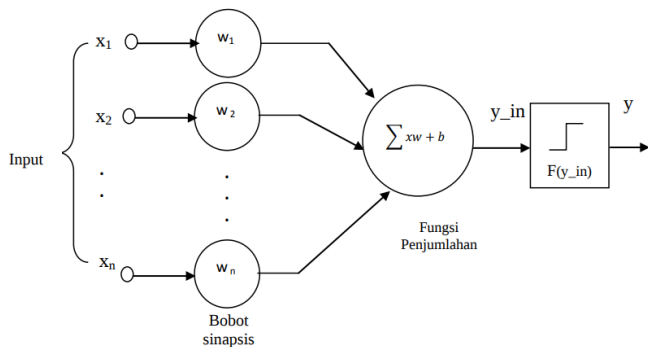
$A_1, A_i, A_j, A_m$  = neuron-neuron

$-\epsilon$  = bobot antara neuron yang satu dengan neuron yang lainnya

1 = bobot pada neuron ke neuron itu sendiri

#### 4. Arsitektur perceptron dan Arsitektur lapis banyak

Perceptron merupakan algoritma pembelajaran yang menjadi dasar algoritma *backpropagation*. Algoritma perceptron belajar mengenali pola dengan metode pembelajaran terbimbing. Perceptron memiliki jaringan lapis tunggal. Jaringan terdiri dari beberapa unit masukan (ditambah sebuah bias), dan memiliki sebuah unit keluaran.



Gambar 16. Arsitektur jaringan *perceptron*

sumber:<http://repository.usu.ac.id/bitstream/handle/123456789/47283/> (diakses pada 7 Desember 2018)

Keterangan:

$x_1, x_2, \dots, x_n$  = sinyal-sinyal masukan

$w_1, w_2, \dots, w_n$  = bobot-bobot sinapsis

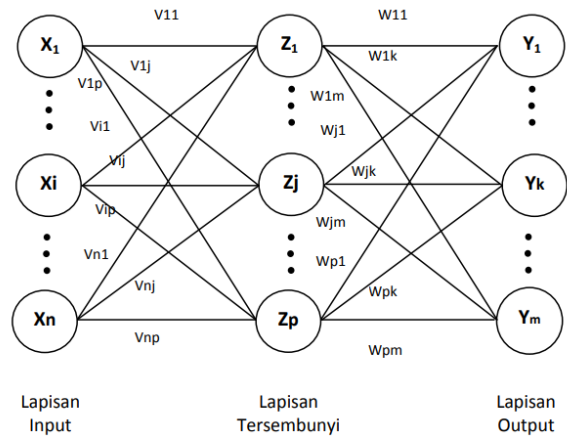
$\sum xw + b$  = fungsi penjumlahan

$F(y_{in})$  = fungsi aktivasi

$y$  = sinyal keluaran

Arsitektur jaringan dengan banyak lapisan (*multilayer*) merupakan perluasan dari arsitektur lapis tunggal. Jaringan dengan banyak lapisan memiliki 1 atau lebih lapisan yang

terletak diantara lapisan masukan dan lapisan keluaran (memiliki 1 atau lebih lapisan tersembunyi). Jumlah lapisan menentukan jumlah matriks bobot.



Gambar 17. Arsitektur jaringan lapis banyak

sumber:<http://repository.usu.ac.id/bitstream/handle/123456789/47283/> (diakses pada 7 Desember 2018)

Keterangan:

$X_1, X_i, \dots, X_n$  = neuron-neuron pada lapisan masukan

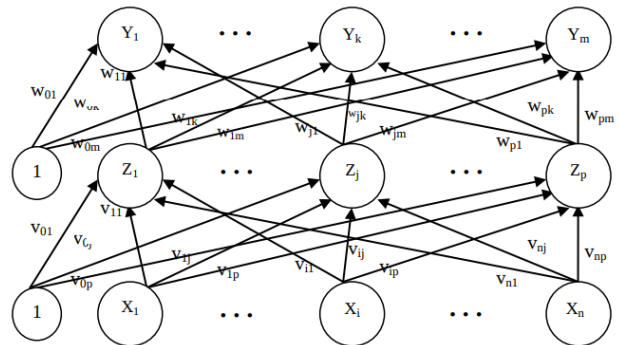
$Z_1, Z_j, \dots, Z_p$  = neuron-neuron pada lapisan tersembunyi

$Y_1, Y_k, \dots, Y_m$  = neuron-neuron pada lapisan keluaran

$v_{11}, \dots, v_{np}$  = bobot dari lapisan masukan ke lapisan tersembunyi

$w_{11}, \dots, w_{pm}$  = bobot dari lapisan tersembunyi ke lapisan keluaran

#### 5. Arsitektur jaringan *backpropagation*



Gambar 18. Arsitektur jaringan *backpropagation*

sumber:<http://repository.usu.ac.id/bitstream/handle/123456789/47283/> (diakses pada 7 Desember 2018)

Keterangan:

$X_1, X_i, \dots, X_n$  = unit masukan

$Z_1, Z_j, \dots, Z_p$  = unit lapisan tersembunyi

$Y_1, Y_k, \dots, Y_m$  = unit keluaran

$v_{11}, \dots, v_{np}$  = bobot dari lapisan masukan ke lapisan tersembunyi

$w_{11}, \dots, w_{pm}$  = bobot dari lapisan tersembunyi ke lapisan keluaran

1 = bias

$V_{01}, V_{0j}, \dots, V_{0p}$  = bias dari lapisan masukan ke lapisan tersembunyi  
 $W_{01}, W_{0k}, \dots, W_{0m}$  = bias dari lapisan tersembunyi ke lapisan keluaran

Metode *backpropagation* (propagasi balik, dipakai pada arsitektur *backpropagation*) merupakan metode pembelajaran lanjut yang dikembangkan dari aturan *perceptron*. Hal yang ditiru dari *perceptron* adalah tahapan dalam algoritma jaringan. Metode ini terdiri dari dua tahap, yaitu tahap *feedforward* yang diambil dari *perceptron* dan tahap *backpropagation error*. Arsitektur jaringan propagasi balik merupakan jaringan lapis banyak (*multilayer*). Propagasi balik merupakan algoritma pembelajaran yang terawasi dan biasanya digunakan oleh *perceptron* dengan banyak lapisan untuk mengubah bobot-bobot yang terhubung dengan neuron-neuron yang ada pada lapisan tersembunyinya. Algoritma *backpropagation* menggunakan *error output* untuk mengubah nilai bobot-bobotnya dalam arah mundur (*backward*).

#### IV. KESIMPULAN

Jaringan saraf tiruan merupakan sebuah teknologi yang mengadaptasi fungsi jaringan saraf manusia, termasuk di dalamnya otak, sebagai dasar pemikirannya. Jaringan saraf tiruan dapat dimodelkan dengan arsitektur-arsitektur jaringan saraf tiruan berdasarkan lapisan-lapisannya. Jaringan saraf tiruan ini diimplementasikan dari teori graf. Dalam aplikasi graf pada arsitektur jaringan saraf tiruan, prosesnya dapat digambarkan dengan graf berarah. Elemen pemroses jaringan saraf tiruan dapat digambarkan sebagai simpul pada graf, sedangkan koneksi antara elemen pemroses digambarkan sebagai sisi pada graf.

#### V. UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih penulis sampaikan kepada Tuhan Yang Maha Esa karena berkat dan rahmat-Nya yang melimpah. Selain itu, terima kasih juga penulis sampaikan pada orang tua yang telah berjuang dalam membesarkan dan membimbing penulis hingga sekarang. Terima kasih banyak kepada Bapak Dr. Ir. Rinaldi Munir, MT. yang telah mengajarkan mata kuliah Matematika Diskrit pada penulis sehingga penulis memiliki pengetahuan yang dibutuhkan untuk menulis makalah ini. Terakhir, terima kasih penulis sampaikan pada pihak-pihak lain yang mendukung selesainya pengerjaan makalah ini.

#### DAFTAR REFERENSI

- [1] Biologi – Jaringan Syaraf, “Jaringan Syaraf”, <http://www.free.vlsm.org/v12/sponsor/SponsorPendamping/Praweda/Biologi/0045%20Bio%202-1d.htm> (diakses pada 6 Desember 2018 – 20.04 WIB)
- [2] Dasar, E. Jaringan Saraf Tiruan. Diambil dari Elektronika Dasar: <http://elektronika-dasar.web.id/jaringan-syaraf-tiruan-neural-network/> (diakses pada 6 Desember 2018 – 20.06 WIB)
- [3] <http://repository.usu.ac.id/bitstream/handle/123456789/47283/Chapter%20II.pdf> (diakses pada 7 Desember 2018 – 21.27 WIB)

- [4] [https://www.academia.edu/34779977/MAKALAH\\_JARINGAN\\_SYARAF\\_TIRUAN.pdf](https://www.academia.edu/34779977/MAKALAH_JARINGAN_SYARAF_TIRUAN.pdf) (diakses pada 6 Desember 2018 – 20.13 WIB)
- [5] Karyono. Tugas Makalah. Diambil dari Makalah Jaringan Syaraf Tiruan: <https://www.slideshare.net/YonoBocahCibiukAsliCilacapSingKalemDewek/makalah-js> (diakses pada 6 Desember 2018 – 20.06 WIB)
- [6] Munir, Rinaldi. 2016. Matematika Diskrit. Bandung: Infomatika Bandung.
- [7] Rosen, K. H. (2012). Discrete Mathematics and Its Applications 7th edition. New York: McGraw-Hill.

#### PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa makalah yang saya tulis ini adalah tulisan saya sendiri, bukan saduran, atau terjemahan dari makalah orang lain, dan bukan plagiasi.

Bandung, 7 Desember 2018



Arnold Pangihutan Sianturi - 13517022