

Aplikasi Graf dalam Jaringan Syaraf Tiruan

Juliana Amytianty K. - 13507068

Jurusan Teknik Informatika, Institut Teknologi Bandung

Jl. Ganesha 10, Bandung

Email : if17068@students.if.itb.ac.id

Abstrak – Makalah ini membahas penerapan graf dalam jaringan syaraf tiruan. Graf adalah kumpulan simpul (nodes) yang dihubungkan satu sama lain melalui sisi/busur (edges) Jaringan syaraf tiruan (artificial neural network) merupakan suatu model komputasi yang menggunakan cara kerja jaringan syaraf manusia untuk menyelesaikan masalahnya, yang terdiri dari sekelompok unit pemroses kecil yang dimodelkan berdasarkan jaringan syaraf manusia. Sedangkan jaringan syaraf manusia sendiri adalah jaringan yang tersusun atas sel-sel syaraf atau neuron. Tiap neuron/sel syaraf terdiri atas badan sel syaraf, cabang dendrit dan cabang akson, cabang-cabang inilah yang menghubungkan tiap-tiap sel syaraf sehingga membentuk jaringan syaraf. Baik jaringan syaraf manusia maupun jaringan syaraf tiruan dapat digambarkan dengan graf.

Kata Kunci: graf, jaringan syaraf tiruan, neuron

1. PENDAHULUAN

Pada era modern, sebagian besar masalah dalam kehidupan manusia sudah bisa teratasi dengan teknologi yang canggih. Seiring berjalannya waktu, pengetahuan manusia semakin bertambah dan teknologi canggih makin banyak bermunculan.

Salah satu teknologi yang kita temui untuk menyelesaikan persoalan-persoalan yang sering kita jumpai dalam kehidupan adalah jaringan syaraf tiruan. Jaringan syaraf tiruan adalah suatu sistem pengolahan informasi yang cara kerjanya menirukan cara kerja jaringan syaraf manusia. Aplikasi yang dapat diselesaikan dengan jaringan syaraf tiruan cukup banyak, antara lain pengenalan suara, pengenalan pola, sistem kendali, diagnosa suatu penyakit dalam bidang kedokteran, segmentasi, dan pengolahan citra.

Jaringan syaraf tiruan yang prinsip kerjanya sama dengan jaringan syaraf manusia dapat diimplementasikan dengan graf. Komponennya dimodelkan sebagai graf yang menggambarkan hubungan antar neuron (sel syaraf).

2. TEORI GRAF

2.1. Definisi Graf

Sebuah **graf** atau **graf tidak berarah** G adalah sebuah pasangan $G = (V, E)$ yang memenuhi kondisi:

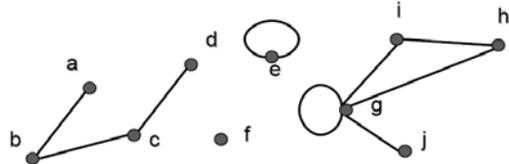
- V adalah sebuah himpunan, yang elemennya

dinamakan **sudut** atau **simpul**

- E adalah sebuah himpunan dari pasangan-pasangan sudut yang terpisah, yang dinamakan **sisi** atau **garis**.

Sisi ganda (*multiple edges* atau *parallel edges*) dalam graf adalah dua sisi atau lebih yang menghubungkan dua simpul yang sama. **Gelang** atau **kalang** (*loop*) adalah sisi yang berawal dan berakhir pada simpul yang sama.

Dalam graf yang memenuhi syarat, dimana biasanya tidak berarah, sebuah garis dari titik A ke titik B dianggap sama dengan garis dari titik B ke titik A . Dalam *graf berarah*, garis tersebut memiliki arah. Pada dasarnya, sebuah graf digambarkan dengan bentuk diagram sebagai himpunan dari titik-titik (sudut atau simpul) yang digabungkan dengan kurva (garis atau sisi). Graf yang hanya mempunyai satu buah simpul tanpa sebuah sisi pun dinamakan **graf trivial**.



Gambar 1: Berbagai jenis graf

2.2. Jenis – Jenis Graf

Berdasarkan ada tidaknya gelang atau sisi ganda pada suatu graf, graf dapat dikelompokkan menjadi 2 jenis:

a. Graf sederhana (*simple graph*)

Graf yang tidak mengandung gelang maupun sisi-ganda dinamakan graf sederhana. Suatu graf sederhana $G=(V,E)$ terdiri dari himpunan tak kosong dari simpul (*vertex*) V , dan himpunan pasangan tak berurut anggota berlainan dari V yang disebut sebagai garis hubung (*edge*) E .

b. Graf tak-sederhana (*unsimple-graph*).

Graf yang mengandung sisi ganda atau gelang dinamakan graf tak-sederhana (*unsimple graph*). Suatu multigraf (graf ganda atau graf tidak sederhana) $G=(V,E)$ terdiri dari himpunan simpul V , himpunan garis hubung E , dan sebuah fungsi f dari E ke $\{\{u, v\} \mid u, v \in V, u \neq v\}$. Ada 2 macam graf tak-sederhana yaitu **graf ganda** (**multigraf**) dan **graf semu** (**pseudograf**). Suatu multigraf $G=(V,E)$ terdiri dari himpunan simpul V , himpunan garis

hubung E , dan sebuah fungsi f dari E ke $\{\{u, v\} \mid u, v \in V, u \neq v\}$. Suatu *pseudograf* $G=(V, E)$ terdiri dari himpunan simpul V , himpunan garis hubung E , dan fungsi f dari E ke $\{\{u, v\} \mid u, v \in V\}$.

Berdasarkan orientasi arah pada sisi, maka secara umum, graf dibedakan atas 2 jenis:

- a. **Graf tak-berarah** (*undirected graph*)
Graf yang sisinya tidak mempunyai orientasi arah disebut graf tak-berarah.
- b. **Graf berarah** (*directed graph* atau *digraph*)
Graf yang setiap sisinya diberikan orientasi arah disebut sebagai graf berarah.

2.3. Terminologi Dasar Graf

Istilah – istilah yang berkaitan dengan graf adalah:

- a. Bertetangga (*adjacent*)
Dua buah simpul dikatakan *bertetangga* bila keduanya terhubung langsung.
- 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
- c. Simpul Terpencil (*Isolated Vertex*)
Simpul yang tidak mempunyai sisi yang bersisian dengannya disebut simpul terpencil.
- d. Graf kosong (*null graph* atau *empty graph*)
Graf kosong adalah graf yang himpunan sisinya merupakan himpunan kosong.
- e. Derajat (*Degree*)
Derajat dari suatu simpul pada graf tak berarah adalah banyaknya garis hubung yang berasal dari- /berakhir ke- simpul tersebut, kecuali *loop* di dalam simpul yang menyumbang derajat simpul sebanyak dua. Dengan kata lain, derajat dari simpul dapat ditentukan secara sederhana, yaitu dengan menghitung banyaknya garis yang menyentuh simpul tersebut. Derajat dari suatu simpul v dituliskan sebagai $deg(v)$. Simpul dengan derajat nol disebut sebagai simpul yang *terisolasi*, karena tidak terhubung (*adjacent*) dengan simpul lain manapun.

Dalam terminologi derajat, terdapat lemma jabat tangan. Lemma tersebut adalah 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

$$\sum_{v \in V} d(v) = 2|E|$$

Akibatnya suatu graf yang tak berarah, akan

selalu memiliki simpul berderajat ganjil dengan jumlah genap.

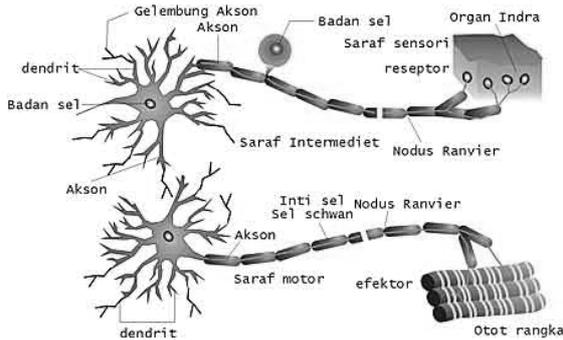
- f. Lintasan (*Path*)
Lintasan yang panjangnya n dari simpul awal v_0 ke simpul tujuan v_n di dalam graf G ialah barisan berselang-seling simpul-simpul dan sisi-sisi yang berbentuk $v_0, e_1, v_1, e_2, v_2, \dots, v_{n-1}, e_n, v_n$ sedemikian sehingga $e_1 = (v_0, v_1)$, $e_2 = (v_1, v_2)$, \dots , $e_n = (v_{n-1}, v_n)$ 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 .
- i. Upagraf (*Subgraph*) dan komplemen Upagraf
Misalkan $G = (V, E)$ adalah sebuah graf. $G_1 = (V_1, E_1)$ adalah **upagraf** (*subgraph*) 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.
- 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).
- 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).

3. JARINGAN SYARAF MANUSIA

Jaringan syaraf tersusun atas sel-sel syaraf atau neuron. Semua sel syaraf alami mempunyai empat komponen dasar yang sama. Keempat komponen dasar ini diketahui berdasarkan nama biologinya yaitu, dendrit, soma, akson, dan sinapsis. Dendrit merupakan suatu perluasan dari soma yang menyerupai rambut dan bertindak sebagai saluran masukan. Saluran masukan ini menerima masukan dari sel syaraf lainnya melalui sinapsis. Soma adalah badan sel. Soma dalam hal ini kemudian memproses nilai masukan menjadi sebuah *output* yang kemudian

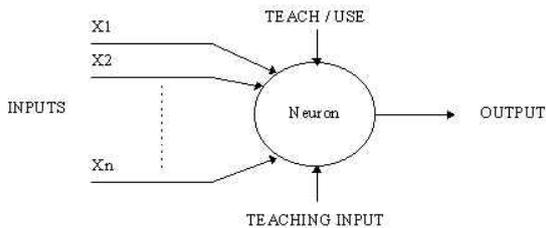
dikirim ke sel syaraf lainnya melalui akson dan sinapsis.

Sel-sel syaraf inilah membentuk bagian kesadaran manusia yang meliputi beberapa kemampuan umum. Pada dasarnya sel syaraf biologi menerima masukan dari sumber yang lain dan mengkombinasikannya dengan beberapa cara, melaksanakan suatu operasi yang non-linear untuk mendapatkan hasil dan kemudian mengeluarkan hasil akhir tersebut.



Gambar 2: Sel syaraf dengan akson dan dendrit

Sel syaraf-sel syaraf ini terhubung satu dengan yang lainnya melalui sinapsis. Sel syaraf dapat menerima rangsangan berupa sinyal elektrokimiawi dari sel syaraf-sel syaraf yang lain. Berdasarkan rangsangan tersebut, sel syaraf akan mengirimkan sinyal atau tidak berdasarkan kondisi tertentu. Sinyal ini melewati sinapsis menuju ke sel syaraf yang lain. Sebuah sel syaraf lain akan mendapatkan sinyal jika memenuhi batasan tertentu yang sering disebut dengan nilai ambang (*threshold*).



Gambar 3: Sel syaraf sederhana

Terdapat 3 macam sel syaraf :

1. **Sel syaraf sensorik**
Befungsi menghantarkan rangsangan dari reseptor (penerima rangsangan) ke sumsum tulang belakang.
2. **Sel syaraf motorik**
Befungsi menghantarkan impuls motorik dari susunan syaraf pusat ke efektor.
3. **Sel syaraf penghubung**
Merupakan penghubung sel syaraf yang satu dengan sel syaraf yang lain.

Sel syaraf mempunyai kemampuan iritabilitas dan konduktivitas. Iritabilitas artinya kemampuan sel syaraf untuk bereaksi terhadap perubahan lingkungan. Konduktivitas artinya kemampuan sel syaraf untuk membawa impuls-impuls syaraf.

4. JARINGAN SYARAF TIRUAN

Jaringan syaraf tiruan (*artificial neural network*) merupakan suatu model komputasi yang menggunakan cara kerja jaringan syaraf manusia untuk menyelesaikan masalahnya. Jadi dasar pemikiran pembuatan jaringan syaraf tiruan adalah jaringan syaraf manusia. Prinsip dari jaringan syaraf tiruan adalah berusaha untuk menirukan dan menggantikan sistem yang ditirunya agar dapat dihasilkan sesuatu sistem yang dapat dijalankan menggunakan jaringan syaraf tiruan.

4.1. Definisi Jaringan Syaraf Tiruan

Suatu jaringan syaraf tiruan memproses sejumlah besar informasi secara paralel dan terdistribusi, hal ini terinspirasi oleh model kerja otak biologis. Beberapa definisi tentang jaringan syaraf tiruan adalah sebagai berikut di bawah ini.

Hecht-Nielsen (1988) mendefinisikan sistem syaraf tiruan sebagai berikut: "Suatu *neural network* (NN), adalah suatu struktur pemroses informasi yang terdistribusi dan bekerja secara paralel, yang terdiri atas elemen pemroses (yang memiliki memori lokal dan beroperasi dengan informasi lokal) yang diinterkoneksi bersama dengan alur sinyal searah yang disebut koneksi. Setiap elemen pemroses memiliki koneksi keluaran tunggal yang bercabang (*fan out*) ke sejumlah koneksi kolateral yang diinginkan (setiap koneksi membawa sinyal yang sama dari keluaran elemen pemroses tersebut). Keluaran dari elemen pemroses tersebut dapat merupakan sembarang jenis persamaan matematis yang diinginkan. Seluruh proses yang berlangsung pada setiap elemen pemroses harus benar-benar dilakukan secara lokal, yaitu keluaran hanya bergantung pada nilai masukan pada saat itu yang diperoleh melalui koneksi dan nilai yang tersimpan dalam memori lokal".

Menurut Haykin, S. (1994), *Neural Networks: A Comprehensive Foundation*, NY, Macmillan, mendefinisikan jaringan syaraf sebagai berikut: "Sebuah jaringan syaraf adalah sebuah prosesor yang terdistribusi paralel dan mempunyai kecenderungan untuk menyimpan pengetahuan yang didapatkannya dari pengalaman dan membuatnya tetap tersedia untuk digunakan. Hal ini menyerupai kerja otak dalam dua hal yaitu pengetahuan diperoleh oleh jaringan melalui suatu proses belajar dan kekuatan hubungan antar sel syaraf yang dikenal dengan bobot sinapsis digunakan untuk menyimpan pengetahuan.

Dan menurut Zurada, J.M. (1992), *Introduction To Artificial Neural Systems*, Boston: PWS Publishing Company, mendefinisikan sebagai berikut: "Sistem syaraf tiruan atau jaringan syaraf tiruan adalah sistem selular fisik yang dapat memperoleh, menyimpan dan menggunakan pengetahuan yang didapatkan dari pengalaman".

DARPA Neural Network Study (1988, *AFCEA International Press*, p. 60) mendefinisikan jaringan syaraf tiruan sebagai berikut: "Sebuah jaringan syaraf adalah sebuah sistem yang dibentuk dari sejumlah elemen pemroses sederhana yang bekerja secara paralel dimana fungsinya ditentukan oleh stuktur jaringan, kekuatan hubungan, dan pegolahan dilakukan pada komputasi elemen atau *nodes*."

4.2. Sejarah Syaraf Tiruan

Saat ini bidang kecerdasan tiruan dalam usahanya menirukan intelegensi manusia belum mengadakan pendekatan dalam bentuk fisiknya, melainkan dari sisi yang lain. Pertama-tama diadakan studi mengenai teori dasar mekanisme proses terjadinya intelegensi. Bidang ini disebut *Cognitive Science*. Dari teori dasar ini dibuatlah suatu model untuk disimulasikan pada komputer, dan dalam perkembangannya yang lebih lanjut dikenal berbagai sistem kecerdasan tiruan yang salah satunya adalah jaringan syaraf tiruan. Dibandingkan dengan bidang ilmu yang lain, jaringan syaraf tiruan relatif masih baru. Sejumlah literatur menganggap bahwa konsep jaringan syaraf tiruan bermula pada makalah Waffen McCulloch dan Walter Pitts pada tahun 1943. Dalam makalah tersebut mereka mencoba untuk memformulasikan model matematis sel-sel otak. Metode yang dikembangkan berdasarkan sistem syaraf biologi ini, merupakan suatu langkah maju dalam industri komputer.

4.3. Dasar Pemikiran Jaringan Syaraf Tiruan

Jaringan syaraf tiruan keluar dari penelitian kecerdasan tiruan, terutama percobaan untuk menirukan *fault-tolerance* dan kemampuan untuk belajar dari sistem syaraf biologi dengan model struktur *low-level* dari otak.

Otak manusia adalah ciptaan Tuhan yang luar biasa. Tidak ada dua otak manusia yang sama, setiap otak selalu berbeda. Beda dalam ketajaman, ukuran dan pengorganisasiannya. Salah satu cara untuk memahami bagaimana otak bekerja adalah dengan mengumpulkan informasi dari scan otak manusia sebanyak mungkin dan memetakannya. Hal tersebut merupakan upaya untuk menemukan cara kerja rata-rata otak manusia. Peta otak manusia diharapkan dapat menjelaskan misteri mengenai bagaimana otak mengendalikan setiap tindak tanduk atau perilaku manusia.

Meskipun demikian kepastian cara kerja otak manusia masih merupakan suatu misteri. Walau beberapa aspek dari prosesor yang menakjubkan ini telah diketahui tetapi itu tidaklah banyak. Beberapa aspek-aspek tersebut, yaitu :

- a. Setiap bagian pada otak manusia memiliki alamat, dalam bentuk formula kimia, dan sistem syaraf manusia berusaha untuk mendapatkan alamat yang cocok untuk setiap akson (syaraf penghubung) yang dibentuk.
- b. Melalui pembelajaran, pengalaman dan interaksi antara sistem maka struktur dari otak itu sendiri akan mengatur fungsi-fungsi dari setiap bagiannya.
- c. Akson-akson pada daerah yang berdekatan akan berkembang dan mempunyai bentuk fisik mirip, sehingga terkelompok dengan arsitektur tertentu pada otak.
- d. Akson berdasarkan arsitekturnya bertumbuh dalam urutan waktu, dan terhubung pada struktur otak yang berkembang dengan urutan waktu yang sama.

Berdasarkan keempat aspek tersebut di atas dapat ditarik suatu kesimpulan bahwa otak tidak seluruhnya terbentuk oleh proses genetis. Ada proses lain yang ikut membentuk fungsi dari bagian-bagian otak, yang pada akhirnya menentukan bagaimana suatu informasi diproses oleh otak.

Komponen dasarnya adalah sel-sel syaraf manusia. Penelitian terbaru memberikan bukti lebih lanjut bahwa sel syaraf biologi mempunyai struktur yang lebih kompleks dan lebih canggih daripada sel syaraf tiruan yang kemudian dibentuk menjadi jaringan syaraf tiruan yang ada sekarang ini. Ilmu biologi menyediakan suatu pemahaman yang lebih baik tentang sel syaraf sehingga memberikan keuntungan kepada para perancang jaringan untuk dapat terus meningkatkan sistem jaringan syaraf tiruan yang ada berdasarkan pada pemahaman terhadap otak biologis.

4.4. Model Jaringan Syaraf Tiruan

Jaringan syaraf tiruan yang mengadopsi esensi dasar dari sistem syaraf biologi, digambarkan sebagai berikut. Elemen menerima *input* atau masukan (baik dari data yang dimasukkan atau dari *output* sel syaraf pada jaringan syaraf. Setiap *input* datang melalui suatu koneksi atau hubungan yang mempunyai sebuah bobot (*weight*). Setiap sel syaraf mempunyai sebuah nilai ambang. Jumlah bobot dari *input* dan dikurangi dengan nilai ambang, kemudian akan didapatkan suatu aktivasi dari sel syaraf (*post synaptic potential*, PSP, dari sel syaraf). Sinyal aktivasi kemudian menjadi **fungsi aktivasi / fungsi transfer** untuk menghasilkan *output* dari sel syaraf.

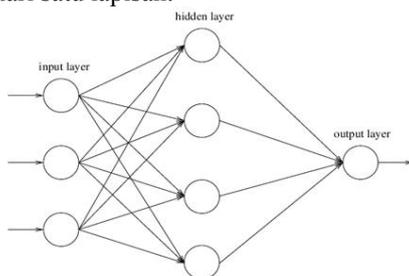
5. JARINGAN SYARAF TIRUAN YANG DIIMPLEMENTASIKAN DARI GRAF

Jaringan syaraf tiruan tersusun atas beberapa elemen pemroses, yaitu: neuron, unit, sel atau node, yang saling terhubung dalam bentuk graf berarah melalui jalur sinyal searah yang disebut dengan koneksi. Dalam jaringan syaraf, struktur pengolahan informasi akan mengikuti bentuk graf terarah dengan beberapa definisi sebagai berikut:

- Simpul pada graf disebut dengan elemen pemroses (*processing element*).
- Sisi pada graf disebut dengan koneksi.
- Setiap elemen pemroses dapat menerima sejumlah *input*.
- Setiap elemen pemroses dapat memiliki beberapa *output*.
- Setiap elemen pemroses memiliki memori lokal.
- Setiap elemen pemroses memiliki fungsi transfer (*transfer function*) yang dapat menggunakan dan mengubah isi memori lokal, memakai sinyal *output* dari elemen pemroses.
- Sinyal dari *input* dari luar sistem syaraf tiruan yang menuju sistem tersebut datang dari hubungan-hubungan yang berasal dari dunia luar sistem.

Suatu jaringan syaraf minimum tersusun atas *input layer* (lapisan *input*) dan *output layer* (lapisan *output*). Dalam beberapa tipe jaringan diantara *input layer* dan *output layer* terdapat *hidden layer* (lapisan tersembunyi). Hal ini berarti bahwa semua neuron pada *input layer* akan berhubungan ke semua neuron dalam *hidden layer* yang selanjutnya setiap unit dalam *hidden layer* nantinya akan dihubungkan ke semua neuron di *output layer*. Pada setiap layer biasanya neuron mempunyai **fungsi aktivasi** serta pola hubungan ke neuron lain yang sama.

Berdasarkan jumlah lapisan (*layer*) jaringan dapat dibedakan *single layer* dan *multilayer*. *Single layer* adalah jaringan yang mempunyai satu lapisan saja. Sedangkan *multilayer* adalah jaringan yang terdiri lebih dari satu lapisan.



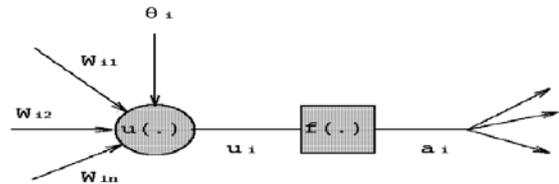
Gambar 4: Representasi Jaringan Syaraf Tiruan dalam Graf

Pada Gambar 4, *input layer*, *output layer*, dan *hidden layer* digambarkan dengan simpul pada graf. Graf pada gambar 4 adalah graf berarah. Koneksinya direpresentasikan dalam sisi graf.

5.1. Fungsi Aktivasi / Fungsi Transfer

Fungsi aktivasi adalah fungsi yang memiliki parameter sinyal aktivasi (*input* sinyal aktivasi) dan menghasilkan *output* dari sel syaraf.

Jika tahapan fungsi aktivasi digunakan (*output* sel syaraf bernilai 0 jika *input* lebih kecil dari 0 dan bernilai 1 jika *input* lebih besar atau sama dengan 0), tindakan sel syaraf sama dengan sel syaraf biologi (pengurangan nilai ambang dari jumlah bobot dan membandingkan dengan 0 adalah sama dengan membandingkan jumlah bobot dengan nilai ambang). Biasanya tahapan fungsi jarang digunakan dalam jaringan syaraf tiruan. Fungsi aktivasi ($f(\cdot)$) dapat dilihat pada Gambar 5.



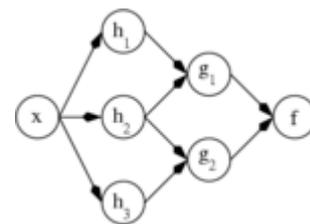
Gambar 5: Fungsi Aktivasi

5.2. Istilah Jaringan dalam Jaringan Syaraf Tiruan

Kata "jaringan" dalam istilah jaringan syaraf tiruan muncul karena fungsi $f(x)$ terdefinisi sebagai komposisi fungsi lain yaitu $g_i(x)$, yang lebih jauh bisa didefinisikan sebagai komposisi dari fungsi lainnya. Hubungan fungsi-fungsi ini dapat direpresentasikan sebagai struktur jaringan, dengan panah (sisi) menggambarkan letak antara variabel. Penggunaan tipe komposisi yang lebih luas adalah jumlah nonlinear berbobot (*nonlinear weighted sum*) dimana

$$f(x) = K \left(\sum_i w_i g_i(x) \right)$$

K adalah beberapa fungsi yang belum terdefinisi, seperti garis singgung hiperbolik. Fungsi ini akan sangat tepat untuk menunjukkan kumpulan fungsi g_i sebagai vektor. $g = (g_1, g_2, \dots, g_n)$



Gambar 6 : Graf jaringan syaraf tiruan

Gambar ini menggambarkan dekomposisi dari f , dengan letak antara variabel terlihat dari panah (sisi), yang dapat direpresentasikan dalam 2 cara.

Tinjauan pertama adalah representasi fungsional. *Input* x berubah menjadi vektor-3-dimensi h , yang kemudian berubah menjadi vektor-2-dimensi g , yang akhirnya berubah menjadi f . Representasi ini umumnya terdapat dalam konteks optimisasi.

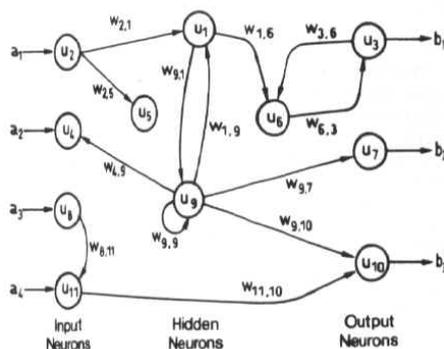
Tinjauan yang kedua adalah representasi probabilistik. Variabel acak $F = f(G)$ tergantung pada variabel acak $G = g(H)$, yang tergantung pada $H = h(X)$, yang tergantung pada variabel acak X . Representasi ini umumnya terdapat dalam konteks model graf.

Kedua representasi ini sebagian besar sama. Dalam salah satu kasus, dalam model jaringan sebenarnya, komponen *individual layer* bebas (tidak terikat) satu sama lain. Hal ini membuat derajat paralelisme dalam implementasi dapat digunakan..

Berdasarkan dari arsitektur (pola koneksi/ model), jaringan syaraf tiruan dapat dibagi ke dalam dua kategori, yaitu struktur *feedforward* dan struktur *recurrent/ feedback*.

Sebuah jaringan yang sederhana mempunyai struktur *feedforward* dimana sinyal bergerak dari *input* kemudian melewati lapisan tersembunyi (*hidden layer*) dan akhirnya mencapai unit *output* (mempunyai struktur perilaku yang stabil). Tipe jaringan *feedforward* mempunyai sel syaraf yang tersusun dari beberapa lapisan. Lapisan *input* (*input layer*) bukan merupakan sel syaraf. Lapisan ini hanya mengenalkan suatu nilai dari suatu variabel. Lapisan tersembunyi dan lapisan *output* (*output layer*) sel syaraf terhubung satu sama lain dengan lapisan sebelumnya. Kemungkinan yang timbul adalah adanya hubungan dengan beberapa unit dari lapisan sebelumnya atau terhubung semuanya. Gambar 6 adalah salah satu contoh jaringan syaraf tiruan *feedforward*.

Suatu jaringan berulang (mempunyai koneksi kembali dari *output* ke *input*) akan menimbulkan ketidakstabilan dan akan menghasilkan dinamika yang sangat kompleks. Jaringan yang berulang (*recurrent*) sangat menarik untuk diteliti dalam jaringan syaraf tiruan.



Gambar 7: Jaringan Syaraf Tiruan *FeedBack*

Ketika sebuah jaringan syaraf digunakan, *input* dari nilai suatu variabel ditempatkan dalam suatu *input* unit dan kemudian unit lapisan tersembunyi dan lapisan *output* menjalankannya. Setiap lapisan tersebut menghitung nilai aktivasi dengan mengambil jumlah bobot *output* dari setiap unit dari lapisan sebelumnya dan kemudian dikurangi dengan nilai ambang. Nilai aktivasi kemudian melalui fungsi aktivasi untuk menghasilkan *output* dari sel syaraf. Ketika semua unit pada jaringan syaraf telah dijalankan, aksi dari lapisan *output* merupakan *output* dari seluruh jaringan syaraf.

6. KESIMPULAN

Jaringan syaraf tiruan adalah teknologi yang menggunakan jaringan syaraf manusia, termasuk di dalamnya otak, sebagai dasar pemikirannya. Jaringan syaraf tiruan dapat dimodelkan untuk mengatasi persoalan- persoalan manusia dalam kehidupan sehari-hari. Jaringan syaraf tiruan ini dapat diimplementasikan dari teori graf. Dalam aplikasi graf dalam jaringan syaraf tiruan, jaringannya dapat digambarkan sebagai graf berarah. Elemen pemroses jaringan syaraf tiruan dapat digambarkan sebagai simpul pada graf, sedangkan koneksi antara elemen pemroses digambarkan sebagai sisi pada graf.

DAFTAR REFERENSI

- [1] AI in Fighting – Page 2 – GameDevID.org, <http://www.gamedevid.org/forum/showthread.php> Tanggal akses : 2 Januari 2009 pukul 12.16
- [2] Biologi – Jaringan Syaraf, “Jaringan Syaraf”, <http://www.free.vlsm.org/v12/sponsor/Sponsor-Pendamping/Praweda/Biologi/0045%20Bio%20-1d.htm> Tanggal akses : 2 Januari 2009 pukul 12.17
- [3] Bookoopedia.com, “Jaringan Syaraf Tiruan – Teori dan Aplikasi”, <http://www.bookoopedia.com/daftar-buku/pid-507/jaringan-syaraf-tiruan-teori-dan-aplikasi.html> Tanggal akses : 2 Januari 2009 pukul 12.22
- [4] Eliyani, “Pengantar Jaringan Syaraf Tiruan”, MateriKuliah.Com,2005, http://trirezqiantoro.files.wordpress.com/2007/05/jaringan_syaraf_tiruan.pdf Tanggal akses : 2 Januari 2009 pukul 12.33
- [5] GADGET, “Jaring Sosial Kompleks”, <http://compsoc.bandungfe.net/intro/part12> Tanggal akses : 1 Januari 2009 pukul 13.00
- [6] Graf, Diagram Pohon dan Aplikasinya, <http://radar.ee.itb.ac.id/~suksmono/Lectures/el2009/ppt/8.%20Graf,%20Diagram%20Pohon%20dan%20Aplikasinya.pdf> Tanggal akses : 31 Desember 2008 pukul 13.00
- [7] Komunitas Weblog Jogjakarta, “Definisi dan Konsep Jaringan Syaraf Tiruan”,

- <http://angkringan.or.id/page.php?id=643>
Tanggal akses : 2 Januari 2009 pukul 12.19
- [8] Media Elektro, “Komputer Untuk Aplikasi Jaringan Syaraf Tiruan Dalam Menirukan Kemampuan Pengendalian Manusia Terhadap Posisi Motor DC Dengan Pemrograman Delphi”, <http://me.te.ugm.ac.id/web1/artikel.php?file=article&sid=12>
Tanggal akses : 2 Januari 2009 pukul 12.16
- [9] Munir, Rinaldi, “Bahan Kuliah IF2151 Graf-1”, Departemen Teknik Informatika, Institut Teknologi Bandung, 2006.
- [10] Munir, Rinaldi, “Diktat Kuliah IF2091 Struktur Diskrit, Program Studi Teknik Informatika”, Institut Teknologi Bandung, BAB V, 2008, Bandung, hal 1-18.
- [11] Wikipedia, “*Artificial neural network – Wikipedia the free encyclopedia*”, http://en.wikipedia.org/wiki/Artificial_neural_network
Tanggal akses : 2 Januari 2009 pukul 13.14
- [12] Wikipedia, “Graf(matematika) – Wikipedia bahasa Indonesia, ensiklopedia bebas”, [http://id.wikipedia.org/wiki/Graf_\(matematika\)](http://id.wikipedia.org/wiki/Graf_(matematika))
Tanggal akses : 2 Januari 2009 pukul 12.11