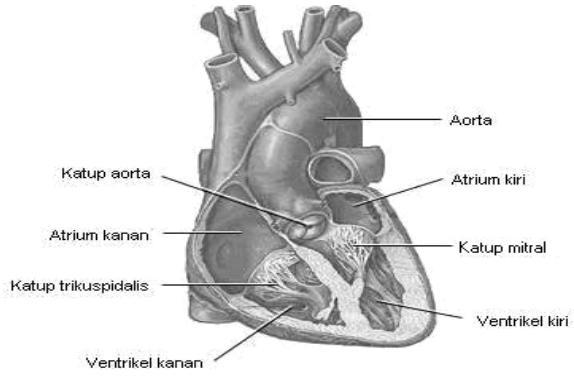
BAB II
TEORI DASAR

2.1. Jantung

Jantung merupakan otot tubuh yang bersifat unik karena mempunyai sifat membentuk *impuls* secara automatis dan berkontraksi *ritmis* [4], yang berupa dua pompa yang dihubungkan secara seri (gambar 2.1). Jantung bagian kanan berukuran lebih kecil, memberikan daya untuk memompa darah mengalir ke paru-paru sedangkan bagian kiri lebih besar dengan daya yang lebih besar pula memompa darah ke seluruh tubuh.

Pembentukan *impuls* listrik terjadi dalam sistem penghantar jantung perangsangan serabut-serabut otot sepanjang *miokardium* mengakibatkan kontraksi jantung. Pembentukan dan hantaran *impuls* listrik ini menimbulkan arus listrik yang lemah yang menyebar melalui tubuh.



Gambar 2.1 Anatomi Jantung

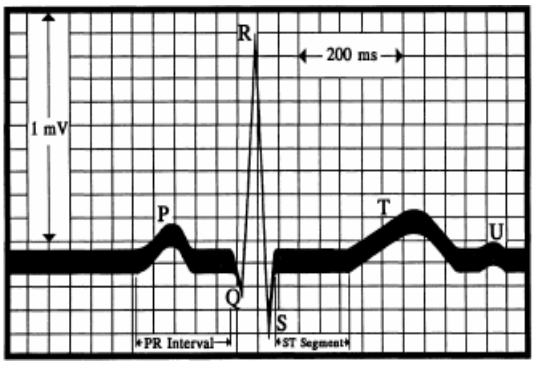
2.1.1 Elektrokardiografi (EKG)

Elektrokardiografi (EKG) merupakan rekaman grafik potensial-potensial listrik yang ditimbulkan oleh jaringan jantung. EKG direkam dengan meletakkan elektroda-elektroda ke beberapa bagian permukaan tubuh dan menghubungkannya dengan alat perekam. Perekaman EKG menggunakan 12 sadapan yang dipasang di dada, lengan kanan, lengan kiri dan tungkai kaki sebelah kiri. Kedua belas sadapan itu adalah :

1. Tiga sadapan yang ditempatkan secara bipolar *standard lead* (I, II, dan III), pada lengan kanan, lengan kiri dan kaki kiri.
2. Tiga buah unipolar *limb lead* (aVR, aVL dan aVF).

3. Enam buah unipolar *chest lead* (V1 sampai dengan V6), yang ditempatkan pada dada.

Sifat dari sinyal EKG adalah periodik, gambar standar dari sinyal EKG dapat dilihat pada gambar 2.2.

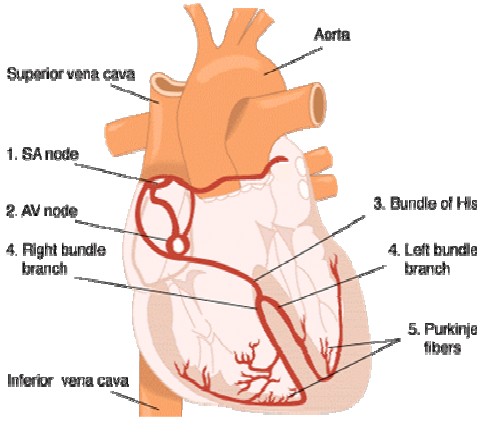


Gambar 2.2 Kurva Standar EKG

Keterangan:

1. Gelombang P berasal Sinoatrial node (SA node) pada atrium kanan, yang merupakan penyebaran rangsangan pada atrium.
2. Gelombang Q berasal dari Atrioventrikular (AV node) yang diteruskan melalui Berkas His, lalu meneruskan gelombang elektronik ke ventrikel kanan dan kiri yang menghasilkan gelombang RS.
3. Sedangkan Gelombang T akibat pergerakan venrtikel kiri yang dibawa oleh serabut purkinye.

Bagian pada anatomi jantung berupa SA node, AV node dan serabut purkinye dapat dilihat pada gambar 2.3.



Gambar 2.3 Anatomi Jantung

Gelombang P selalu terdapat pada jantung yang normal. Gelombang P pada sinyal EKG kemungkinan tidak ada, karena atrium kanan tidak kuat memompa, contohnya disebabkan oleh kurang darah (anemia). Pola sinyal EKG yang terdapat gelombang P, mendiagnosa pasien memiliki kelainan jantung karena seharusnya gelombang P tidak ada. Karena alat EKG tidak dapat merekam pergerakan atrium kanan yang lambat. Sedangkan pola sinyal EKG yang terdapat gelombang T pasien tidak memiliki kelainan jantung, karena gelombang T merekam atrium kiri yang pergerakaannya sangat kuat.

EKG mempunyai nilai diagnostik pada keadaan klinik berikut ini : (1) hipertropi atrium dan ventrikel; (2) kelambatan sadapan *impuls* listrik pada atrium dan ventrikel; (3) iskemia dan infark miokardium; (4) penentuan asal dan pemantauan sifat diskrimia; (5) perikarditis; (6) penyakit sistematik yang memberi efek pada jantung; (7) penentuan efek obat-obat jantung, khususnya digitalis dan obat antiaritmia tertentu; (8) gangguan keseimbangan elektrolit, khususnya kalium; dan (9) penilaian fungsi pacu jantung.

EKG merupakan tes laboratorium, bukan merupakan "*sine qua non*" diagnosa penyakit jantung. Pasien penyakit jantung mungkin mempunyai EKG normal, dan individu normal mungkin mempunyai EKG abnormal [4].

2.1.2 Blok Cabang Berkas

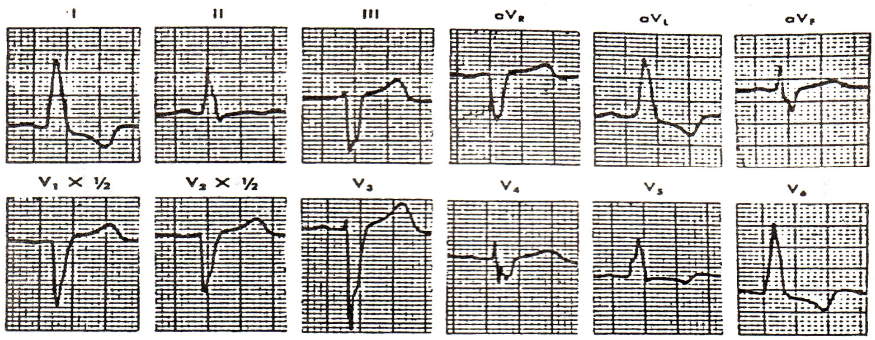
Kelambatan hantaran intraventrikel merupakan akibat gangguan hantaran *impuls* melalui satu atau beberapa bagian sistem hantaran intraventrikel distal terhadap (atau dalam bagian bawah) berkas His. Serabut penghantar yang berperan dalam depolarisasi. jaringan ventrikel adalah cabang berkas kanan, cabang berkas kiri, fasikulus depan cabang barkas kiri dan belakang cabang berkas kiri.

2.1.2.1 Blok Cabang Berkas Kanan

Pola sinyal blok cabang berkas kanan merupakan pola sinyal yang sering ditemukan, walaupun pola ini sering disertai beberapa penyakti jantung yang diakibatkan berbagai penyebab. Pola ini bukan diagnostik untuk penyakit jantung.

Penyebaran eksitasi dari nodus SA ke nodus AV melalui bagian utama berkas HIS adalah normal. Pengaktifan septum interventrikel berlangsung normal, dari kiri ke kanan.

Pola sinyal blok cabang berkas kanan dapat dilihat pada gambar 2.4.



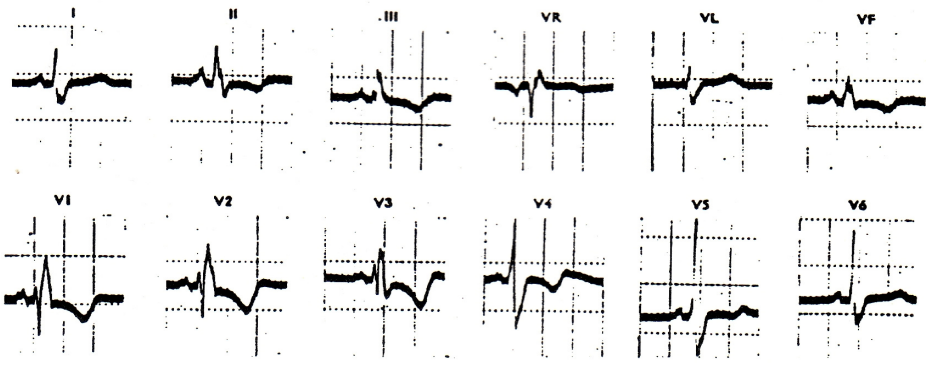
Gambar 2.4 Pola Sinyal Blok Cabang Berkas Kanan

2.1.2.2 Blok Cabang Berkas Kiri

Pola sinyal blok cabang berkas kiri lebih sering berhubungan dengan penyakit jantung dibandingkan blok berkas cabang kanan, tetapi dapat terjadi pada individu tanpa bukti nyata menderita penyakit jantung.

Penyebab eksitasi dari nodus SA ke nodus AV dan berkas His terjadi dengan normal. Impuls kemudian tidak dihantarkan sama sekali atau dihantarkan dengan kelambatan di berkas cabang kiri atau fasikulus (atau keduanya). Karena serabut septum kiri pada blok berkas cabang tidak mengaktifkan septum interventrikel pada blok berkas cabang kiri, septum didepolarisasi dari serabut-serabut yang berasal dari bagian distal cabang berkas kanan. Hal ini mengakibatkan vektor septum menghadap kiri.

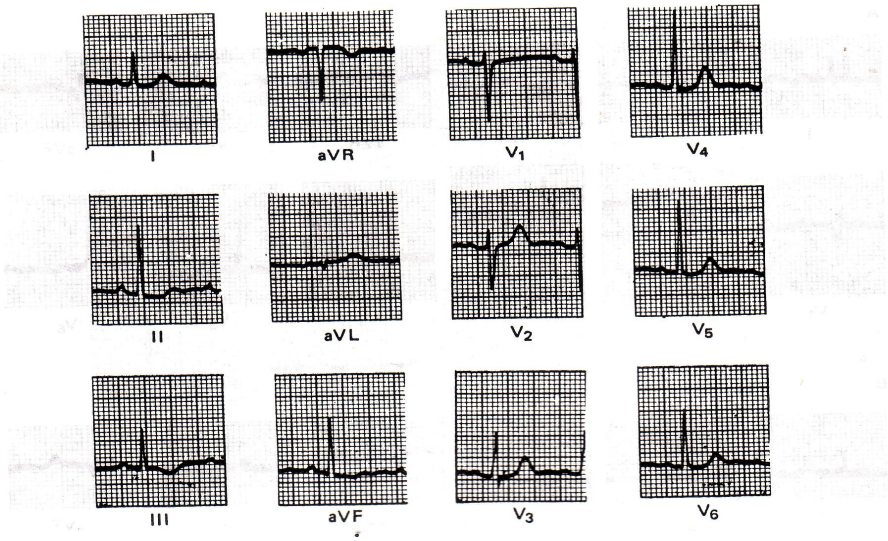
Pola sinyal blok cabang berkas kiri dapat dilihat pada gambar 2.5.



Gambar 2.5 Pola Sinyal Blok Cabang Berkas Kiri

2.1.3 Pola Normal EKG

Pola normal EKG, pacu jantung diawali pada nodus SA yang kemudian melalui internodus atrial menuju nodus AV. Depolarisasi atrium menghasilkan sebuah gelombang P. Dari nodus AV konduksi dilanjutkan ke sistem konduksi ventrikel yang menghasilkan depolarisasi di ventrikel dan terbentuk kompleks QRS. Pada irama sinyal normal gelombang P diikuti oleh kompleks QRS. Pasien yang memiliki irama sinyal normal bukan berarti pasien yang memiliki jantung yang normal, irama sinyal normal terdapat pada pasien yang memiliki penyakit jantung seperti takikardia dan bradikardia. Pola normal EKG dapat dilihat pada gambar 2.6.

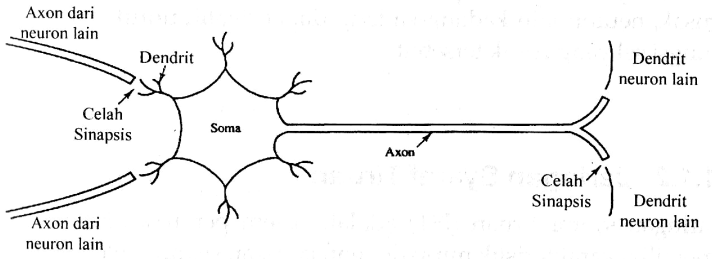


Gambar 2.6 Pola Irama Normal EKG

2.2 Jaringan Syaraf Biologi

Otak manusia berisi berjuta-juta sel syaraf yang bertugas untuk memproses informasi. Tiap-tiap *sel* bekerja seperti suatu prosesor sederhana. Masing-masing *sel* tersebut saling berinteraksi sehingga mendukung kemampuan kerja otak manusia. Gambar 2.7, menunjukkan susunan syaraf pada manusia. 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 10^{12} *neuron* dan 6.10^{18} *sinapsis*. Dengan jumlah yang begitu banyak, otak manusia mampu mengenali pola, melakukan perhitungan, dan

mengontrol organ-organ tubuh dengan kecepatan yang lebih tinggi dibandingkan komputer digital [3].



Gambar 2.7 Susunan Syaraf Manusia

Sel syaraf (*neuron*) memiliki 3 komponen penting yaitu *dendrit* (input), *soma* dan *axon* (output). Setiap sel syaraf (*neuron*) akan memiliki satu sel inti, inti sel ini nanti yang akan bertugas untuk melakukan pemrosesan informasi. *Soma* adalah badan *neuron*, yang terhubung pada *soma* adalah *dendrit*. Informasi yang datang akan diterima oleh *dendrit*. Selain menerima informasi, *dendri*t juga menyertai *axon* sebagai keluaran dari suatu pemrosesan informasi. Informasi hasil olahan ini akan menjadi masukan bagi *neuron* lain yang mana antar *dendrit* kedua sel tersebut dipertemukan dengan *sinapsis*. Informasi yang dikirimkan antar *neuron* ini berupa rangsangan yang dilewatkan melalui *dendrit*. Informasi yang datang dan diterima oleh *dendrit* akan dijumlahkan dan dikirim melalui *axon* ke *dendrit* akhir yang bersentuhan dengan *dendrit* dari *neuron* yang lain. Informasi ini akan diterima oleh *neuron* lain jika memenuhi batasan tertentu, yang sering dikenal dengan nama lain ambang (*threshold*). Pada kasus ini, *neuron* tersebut dikatakan teraktivasi. Hubungan antar *neuron* terjadi secara adaptif, artinya struktur hubungan tersebut terjadi secara dinamis. Otak manusia selalu memiliki kemampuan untuk belajar dengan melakukan adaptasi.

2.3 Jaringan Syaraf Tiruan

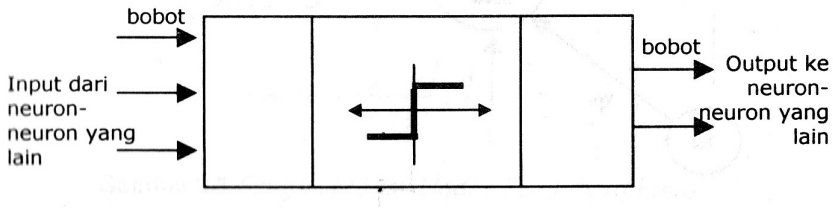
Jaringan syaraf tiruan merupakan salah satu representasi buatan dari otak manusia yang digunakan untuk mensimulasikan proses pembelajaran pada otak manusia. Istilah buatan disini digunakan karena jaringan syaraf ini diimplementasikan dengan menggunakan program komputer yang digunakan untuk menyelesaikan sejumlah proses perhitungan selama proses pembelajaran.

Jaringan syaraf tiruan tersusun atas elemen-elemen sederhana yang beroperasi secara paralel. Elemen-elemen ini diilhami oleh sistem syaraf biologis yang bekerja pada otak

manusia. Jaringan syaraf tiruan yang telah dilatih dapat melakukan fungsi-fungsi kompleks.

2.3.1 Komponen Jaringan Syaraf

Ada beberapa tipe jaringan syaraf. Namun demikian, hampir semuanya memiliki komponen-komponen yang sama. Seperti halnya otak manusia, jaringan syaraf juga terdiri dari beberapa *neuron*, dan ada hubungan antar *neuron-neuron* tersebut. *Neuron-neuron* tersebut akan mentransformasikan informasi yang diterima melalui sambungan keluarnya menuju ke *neuron-neuron* yang lain. Pada jaringan syaraf, hubungan ini dikenal dengan nama *bobot*. Informasi tersebut disimpan pada suatu nilai tertentu pada *bobot* tersebut. Gambar 2.8 menunjukkan struktur *neuron* pada jaringan syaraf.

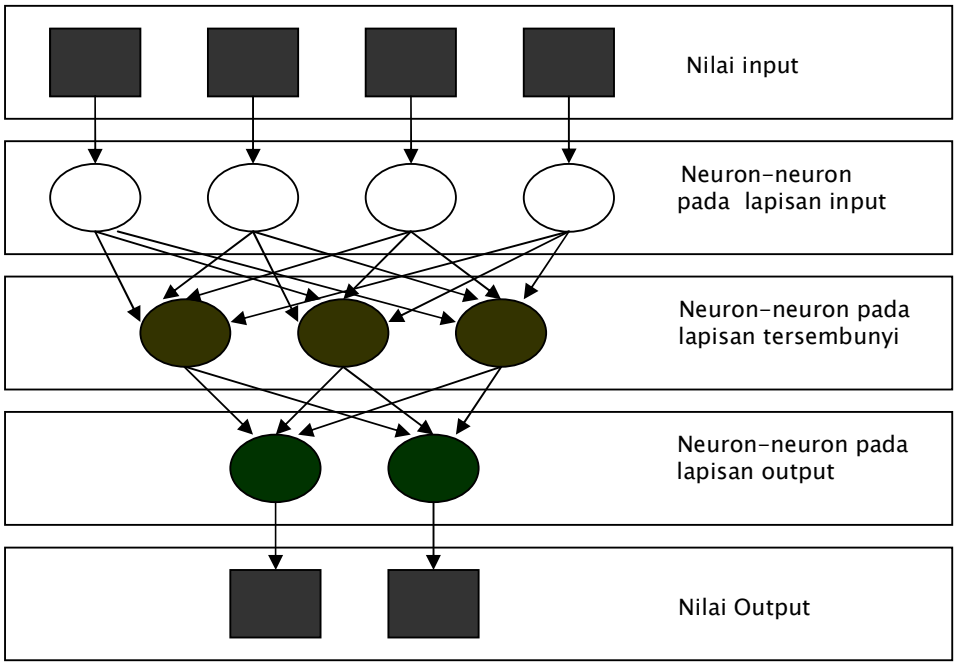


Gambar 2.8 Struktur *Neuron* Jaringan Syaraf.

Jika dilihat, *neuron* buatan ini sebenarnya mirip dengan cara yang sama pula dengan *neuron-neuron* biologis. Informasi (disebut dengan : input) akan dikirim ke *neuron* dengan *bobot* kedatangan tertentu. Input ini akan diproses oleh suatu fungsi perambatan yang akan menjumlahkan nilai-nilai semua *bobot* yang datang. Hasil penjumlahan ini kemudian akan dibandingkan dengan suatu nilai ambang (*threshold*) tertentu melalui fungsi aktivasi setiap *neuron.*

Pada jaringan syaraf, *neuron-neuron* akan dikumpulkan dalam lapisan-lapisan (*layer*) yang disebut dengan lapisan *neuron* (*neuron layers*). Biasanya *neuron-neuron* pada satu lapisan akan dihubungkan dengan lapisan-lapisan sebelum dan sesudahnya (kecuali lapisan input dan lapisan output). Informasi yang diberikan pada jaringan syaraf akan dirambatkan lapisan ke lapisan, mulai dari lapisan input sampai lapisan output melalui lapisan yang lainnya, yang sering dikenal dengan nama lapisan tersembunyi (*hidden layer*). Tergantung pada algoritma pembelajarannya, bisa jadi informasi tersebut akan dirambatkan secara mundur pada jaringan. Gambar 2.9 menunjukkan jaringan syaraf dengan 3 lapisan. Gambar 2.9 bukanlah struktur umum

jaringan syaraf. Beberapa jaringan syaraf ada juga yang tidak memiliki lapisan tersembunyi, dan ada juga jaringan syaraf dimana *neuron-neuron*nya disusun dalam bentuk matriks.



Gambar 2.9 Jaringan Syaraf Dengan 3 Lapisan

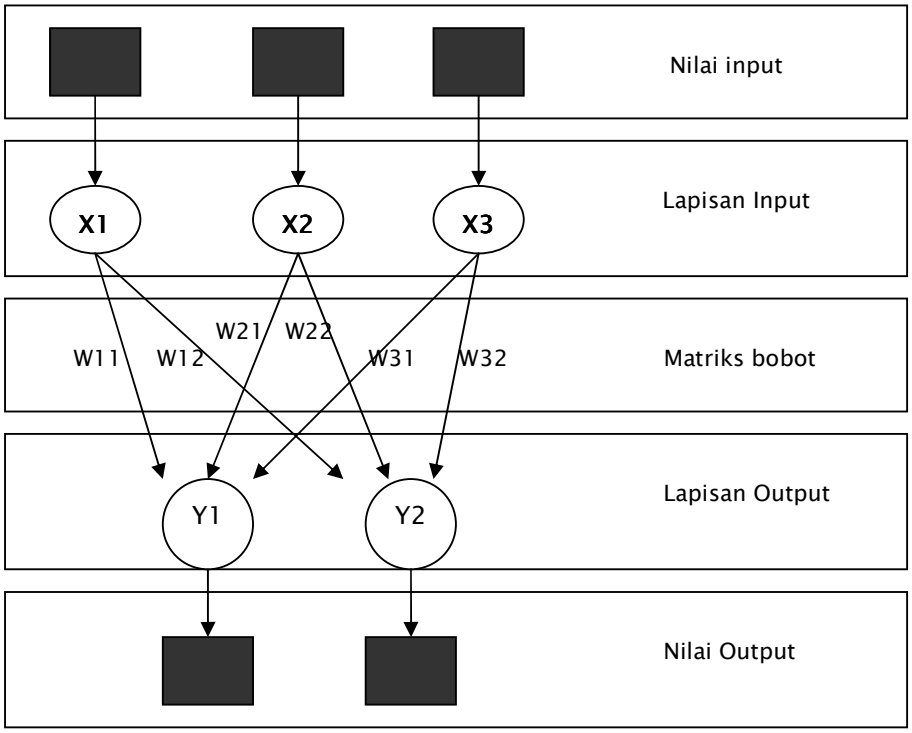
2.3.2 Arsitektur Jaringan

Seperti telah dijelaskan sebelumnya bahwa *neuron-neuron* dikelompokkan dalam lapisan- lapisan. Umumnya, *neuron-neuron* yang terletak pada lapisan yang sama akan memiliki keadaan yang sama. Faktor terpenting dalam menentukan kelakuan suatu *neuron* adalah fungsi aktivasi dan pola *bobot*-nya. Pada setiap lapisan yang sama, *neuron-neuron* akan memiliki fungsi aktivasi yang sama. Apabila *neuron-neuron* dalam suatu lapisan (misalkan lapisan tersembunyi) akan dihubungkan dengan *neuron-neuron* pada lapisan yang lain (misalkan lapisan output), maka setiap *neuron* pada lapisan tersebut (misalkan lapisan tersembunyi) juga harus dihubungkan dengan setiap lapisan pada lapisan lainnya (misalkan lapisan output).

Ada beberapa arsitektur jaringan syaraf, antara lain:

1. Jaringan dengan lapisan tunggal (*single layer net*)

Jaringan dengan lapisan tunggal hanya memiliki satu lapisan dengan *bobot-bobot* terhubung. Jaringan ini hanya menerima input kemudian secara langsung akan mengolahnya menjadi output tanpa harus melalui lapisan tersembunyi (Gambar 2.10). Pada gambar 2.10 tersebut, lapisan input memiliki 3 *neuron*, yaitu X1, X2, dan X3. sedangkan pada lapisan output memiliki 2 *neuron* yaitu Y1 dan Y2. *Neuron - neuron* pada kedua lapisan saling berhubungan. Seberapa besar hubungan antar 2 *neuron* ditentukan oleh *bobot* yang bersesuaian. Semua unit input akan dihubungkan dengan setiap unit output.

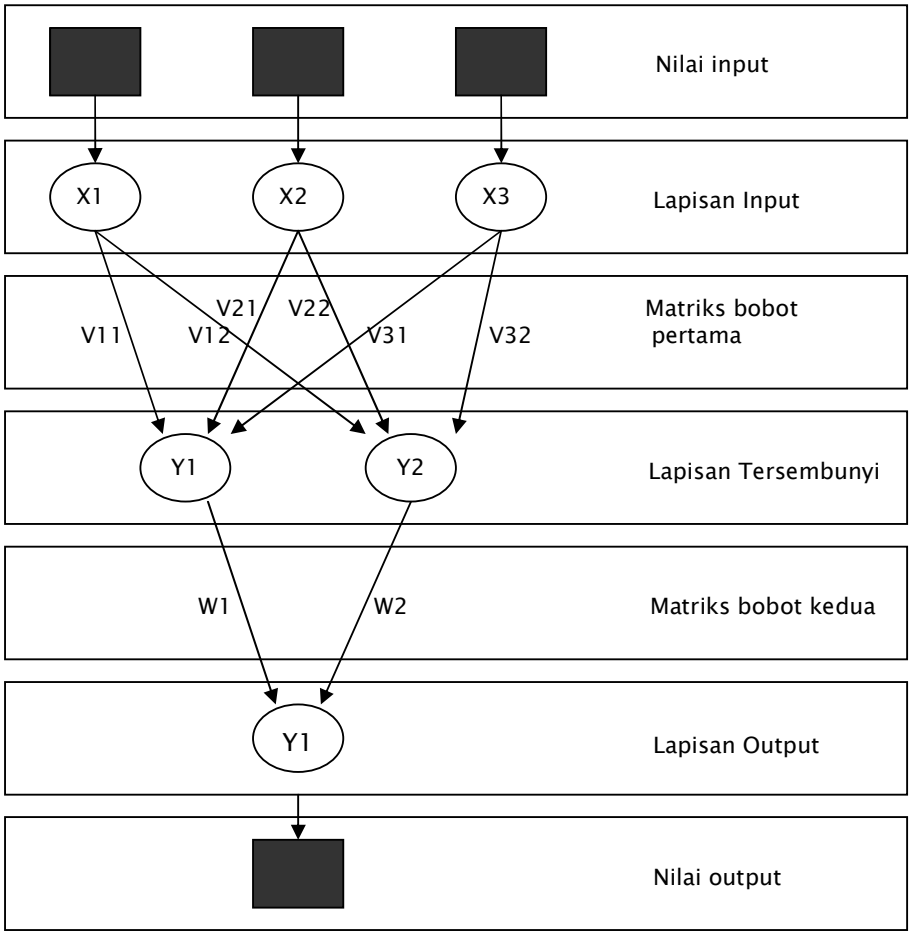


Gambar 2.10 Jaringan Syaraf Dengan Lapisan Tunggal

2. Jaringan dengan banyak lapisan (*multi layer net*)

Jaringan dengan banyak lapisan memiliki 1 atau lebih lapisan yang terletak diantara lapisan input dan lapisan output (memiliki 1 atau lebih lapisan tersembunyi), seperti terlihat pada Gambar 2.11 umumnya, ada lapisan *bobot-bobot* yang terletak antara 2 lapisan yang bersebelahan. Jaringan dengan banyak lapisan ini dapat menyelesaikan permasalahan yang lebih sulit daripada lapisan dengan lapisan tunggal, tentu saja

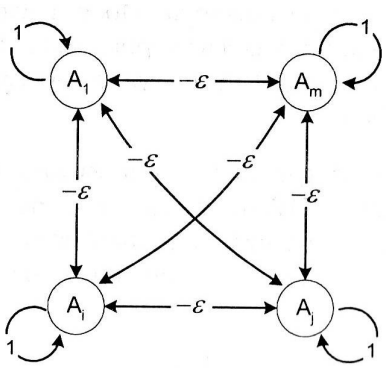
dengan pembelajaran yang lebih rumit. Namun demikian, pada banyak kasus, pembelajaran pada jaringan dengan banyak lapisan ini lebih sukses dalam menyelesaikan masalah.



Gambar 2.11 Jaringan Syaraf Dengan Banyak Lapisan

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

Umumnya, hubungan antar *neuron* pada lapisan kompetitif ini tidak diperlihatkan pada diagram arsitektur. Gambar 2.12 menunjukkan salah satu contoh arsitektur jaringan dengan lapisan kompetitif yang memiliki bobot-η.



Gambar 2.12 Jaringan Syaraf Dengan Lapisan Kompetitif

2.3.3 Fungsi Aktivasi

Informasi (disebut dengan: input) akan dikirim ke *neuron* dengan *bobot* kedatangan tertentu. Input ini akan diproses oleh suatu fungsi perambatan yang akan menjumlahkan nilai-nilai semua *bobot* yang datang. Hasil penjumlahan ini kemudian akan dibandingkan dengan suatu nilai ambang (*threshold*) tertentu melalui fungsi aktivasi setiap *neuron*. Apabila input tersebut melewati suatu nilai ambang tertentu, maka neuron tersebut akan diaktifkan, tapi kalau tidak, maka *neuron* tersebut tidak akan diaktifkan. Apabila *neuron* tersebut diaktifkan, maka *neuron* tersebut akan mengirimkan output melalui *bobot-bobot* outputnya ke semua *neuron* yang berhubungan dengannya. Demikian seterusnya.

Fungsi aktivasi digunakan untuk menentukan keluaran suatu *neuron*. Argumen fungsi aktivasi adalah net masukan (kombinasi linier masukan dan *bobot*nya). Jika net = $\sum x_i w_i$, maka fungsi aktivasinya adalah f (net) = f $(\sum x_i w_i)$.

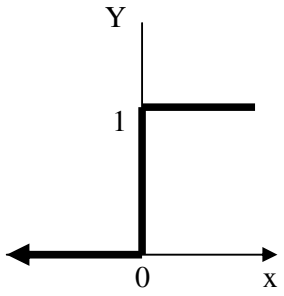
Ada beberapa fungsi aktivasi yangs sering digunakan dalam jaringan syaraf tiruan, antara lain:

1. Fungsi Undak Biner (*Hard Limit*)

Jaringan dengan lapisan tunggal sering menggunakan fungsi undak (*step function*) untuk mengkonversikan input dari suatu variabel yang bernilai kontinu ke suatu output biner (0 atau 1) (Gambar 2.13).

Fungsi undak biner (*hard limit*) dirumuskan sebagai:

$$y = \begin{cases} 0, & jika \ \ x < 0 \\ 1, & jika \ \ x > 0 \end{cases} \tag{2.1}$$



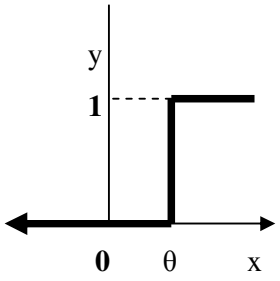
Gambar 2.13 Fungsi Aktivasi: Undak Biner (*hard limit*)

2. Fungsi Undak Biner (*Threshold*)

Fungsi undak biner dengan menggunakan nilai ambang sering juga disebut dengan nama fungsi nilai ambang (*threshold*) atau fungsi *Heaviside* (Gambar 2.14).

Fungsi undak biner (dengan nilai ambang θ) dirumuskan sebagai:

$$y = \begin{cases} 0, & jika \ \ x < \theta \\ 1, & jika \ \ x > \theta \end{cases} \tag{2.2}$$



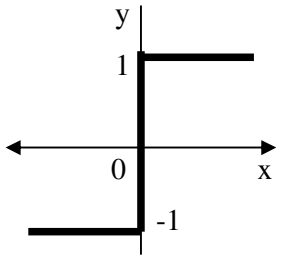
Gambar 2.14 Fungsi Aktivasi: Undak Biner (*threshold*)

3. Fungsi Bipolar (*Symetric Hard Limit*)

Fungsi bipolar sebenarnya hampir sama dengan fungsi undak biner, hanya saja output yang dihasilkan berupa 1, 0, atau -1. (Gambar 2.15)

Fungsi *Symetric Hard Limit* dirumuskan sebagai:

$$y = \begin{cases} 1, & jika \;\; x > 0 \\ 0, & jika \;\; x = 0 \\ -1, & jika \;\; x < 0 \end{cases} \tag{2.3}$$



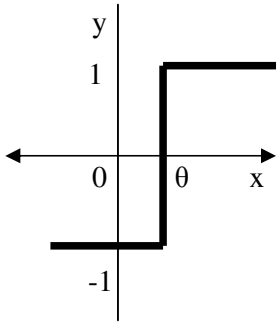
Gambar 2.15 Fungsi Aktivasi Bipolar (*Symetric Hard Limit*)

4. Fungsi Bipolar (dengan *Threshold*)

Fungsi bipolar sebenarnya hampir sama dengan fungsi undak biner dengan *threshold*, hanya saja output yang dihasilkan berupa 1, 0 atau -1 (gambar 2.16)

Fungsi bipolar (dengan nilai ambang θ) dirumuskan sebagai:

$$y = \begin{cases} 1, & jika \;\; x \geq \theta \\ -1, & jika \;\; x < \vartheta \end{cases} \tag{2.4}$$



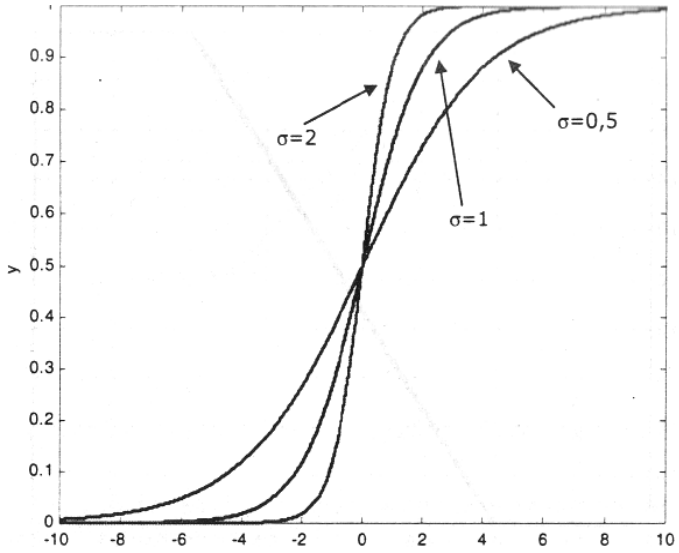
Gambar 2.16 Fungsi Aktivasi : Bipolar (dengan *Threshold*)

5. Fungsi Sigmoid Biner

Fungsi sigmoid biner digunakan untuk jaringan syaraf yang dilatih dengan menggunakan metode *backpropagation*. Fungsi sigmoid biner memiliki nilai pada *range* 0 sampai 1. Oleh karena itu, fungsi ini sering digunakan untuk jaringan syaraf yang membutuhkan nilai output yang terletak pada interval 0 sampai 1. Namun, fungsi ini bisa juga digunakan oleh jaringan syaraf yang nilai outputnya 0 atau 1 (Gambar 2.17).

Fungsi sigmoid biner dirumuskan sebagai:

$$y = f(x) = \frac{1}{1 + e^{-\sigma x}} \tag{2.5}$$



Gambar 2.17 Fungsi aktivasi : Sigmoid Biner

2.4 *Backpropagation*

Kelemahan jaringan syaraf tiruan yang terdiri dari lapisan tunggal membuat perkembangan jaringan syaraf tiruan menjadi terhenti pada sekitar tahun 1970. Penemu *Backpropagation* yang terdiri dari beberapa lapisan membuka kembali cakrawala. Terlebih setelah berhasil ditemukan berbagai aplikasi yang dapat diselesaikan dengan *Backpropagation*, membuat semakin diminati orang.

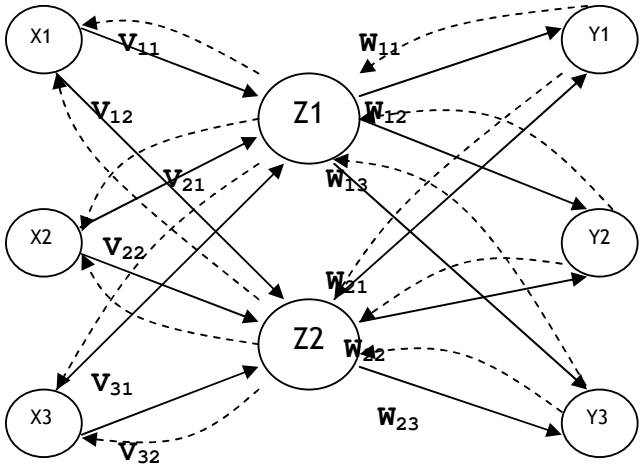
Jaringan syaraf tiruan dengan lapisan tunggal memiliki keterbatasan dalam pengenalan pola. Kelemahan ini bisa ditanggulangi dengan menambahkan satu atau beberapa lapisan tersembunyi diantara lapisan masukan dan keluaran. Meskipun pengguna lebih dari satu lapisan tersembunyi memiliki kelebihan manfaat untuk beberapa kasus, tapi pelatihannya memerlukan waktu yang lama. Maka umumnya orang mulai mencoba dengan sebuah lapisan tersembunyi terlebih dahulu.

Seperti halnya model jaringan syaraf tiruan lain, *Backpropagation* 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 (tapi tidak sama) dengan pola yang dipakai selama pelatihan [3].

Backpropagation 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 eror output untuk mengubah nilai bobot-bobotnya dalam arah mundur (*backward*). Untuk mendapatkan eror ini, tahap perambatan maju (*forward propagation*) harus dikerjakan terlebih dahulu. Pada saat perambatan maju. *Neuron-neuron* diaktifkan dengan menggunakan fungsi aktivasi sigmoid, yaitu [1]:

$$f(x) = \frac{1}{1+e^{-x}} \tag{2.6}$$

Arsitektur jaringan *Backpropagation* seperti terlihat pada gambar 2.18 dibawah ini:



Gambar 2.18 Arsitektur jaringan *Backpropagation*

Algoritma *Backpropagation*:

a. Inisialisasi bobot (ambil bobot awal dengan nilai random yang ukup kecil).
b. Tetapkan: Maksimum *Epoch*, *Target Error*, dan *Learning Rate* (α).
c. Inisialisasi: Epoch=0, SSE/MSE=1.
d. Kerjakan langkah-langkah berikut selama (Epoch<Maksimum Epoch) dan (SSE/MSE> Target Error):
   1. Epoch= Epoch+1
   2. Untuk tiap-tiap pasangan elemen yang akan dilakukan pembelajaran, kerjakan:

   Feedforward:

   a. Tiap-tiap unit input (X_i = 1, 2, 3, ….n) menerima sinyal x_i dan meneruskan sinyal tersebut ke semua unit pada lapisan yang ada di atasnya (lapisan tersembunyi).

   b. Tiap-tiap unit tersembunyi (Z_i , j = 1, 2, 3, …p) menjumlahkan sinyal-sinyal input terbobot:

$$z_in_j = v_{0j} = v_{0j} + \sum_{i=1}^{n} x_i v_{ij} \qquad (2.7)$$

   z_in_j= unit tersembunyi $_j$Input jaringan ke Z_j

gunakan fungsi aktivasi untuk menghitung sinyal outputnya:

$$z_j = f(z_in_j) \quad (2.8)$$

dan kirimkan sinyal tersebut ke semua unit di lapisan atasnya (unit-unit output).

c. Tiap-tiap unit output (Y_k, k=1, 2, 3, …, m) menjumlahkan sinyal-sinyal input terbobot.

$$y_in_j = w_{0k} + \sum_{i=1}^{p} z_i w_{jk} \quad (2.9)$$

y_in_j=unit output IInput jaringan ke Y_k

gunakan fungsi aktivasi untuk menghitung sinyal outputnya:

$$y_k = f(y_in_k) \quad (2.10)$$

Y_k= sinyal output (aktivasi) pada Y_k

dan kirimkan sinyal tersebut ke semua unit di lapisan atasnya (unit-unit output).

Backpropagation:

d. Tiap-tiap unit output (Y_k, k = 1, 2, 3, …,m) menerima target pola yang berhubungan dengan pola input pembelajaran, hitung informasi erornya:

$$\delta_k = (t_k - y_k)\, f^{i}(y_in_k) \quad (2.11)$$

δ_k =Informasi tentang kesalahan pada unit Y_k yang disebabkan kembali ke unit tersembunyi.

kemudian hitung koreksi bobot (yang nantinya akan digunakan untuk memperbaiki nilai w_{jk}):

$$\Delta w_{jk} = \alpha\, \delta_k\, z_j \quad (2.12)$$

Hitung juga koreksi bias (yang nantinya akan digunakan untuk memperbaiki nilai w_{0k}):

$$\Delta w_{0k} = \alpha\, \delta_k \quad (2.13)$$

Kirimkan δ_k ini ke unit-unit yang ada di lapisan bawahnya.

e. Tiap-tiap unit tersembunyi (Z_j, j = 1, 2, 3,…, p) menjumlahkan delta inputnya (dari unit-unit yang berada pada lapisan di atasnya):

$$\delta_in_j = \sum_{k=1}^{m} \delta_k w_{jk} \quad (2.14)$$

kalikan nilai ini dengan turunan dari fungsi aktivasinya untuk menghitung informasi eror:

$$\delta_j = \delta_in_j\, f'(x_in_j) \quad (2.15)$$

δ_j = Informasi tentang kesalahan dari lapisan output ke unit tersembunyi Z_j.

kemudian hitung koreksi *bobot* (yang nantinya akan digunakan untuk memperbaiki nilai v_{ij}):

$$\Delta v_{jk} = \alpha \, \delta_j \, x_j \tag{2.16}$$

Hitung juga koreksi bias (yang nantinya akan digunakan untuk memperbaiki nilai v_{0j}):

$$\Delta v_{0j} = \alpha \, \delta_j \tag{2.17}$$

f. Tiap-tiap unit output (Y_k, k= 1, 2, 3, …,m) memperbaiki bias dan bobotnya (j= 0, 1, 2,…, p):

$$w_{jk}(\text{baru}) = w_{jk}(\text{lama}) + \Delta w_{jk} \tag{2.18}$$

tiap-tiap unit tersembunyi (Z_j, j=1, 2, 3,…,p) memperbaiki bias dan bobotnya (I= 0, 1, 2, …,n):

$$v_{ij}(\text{baru}) = v_{ij}(\text{lama}) + \Delta v_{ij} \tag{2.19}$$

3. Tes kondisi berhenti.

2.5 Pengenalan Pola

Pola adalah entitas yang terdefinisi dan dapat diidentifikasi melalui ciri-cirinya. Ciri-ciri tersebut digunakan untuk membedakan dengan pola lainnya. Ciri yang bagus adalah ciri yang memiliki daya pembeda yang tinggi, sehingga pengelompokan pola berdasarkan ciri yang dimiliki dapat dilakukan dengan keakuratan yang tinggi. Ciri pada suatu pola diperoleh dari hasil pengukuran terhadap objek uji.

Pengenalan pola bertujuan menentukan kelompok atau kategori pola berdasarkan ciri-ciri yang dimiliki oleh pola tersebut. Dengan kata lain, pengenalan pola membedakan suatu objek dengan objek lain [6].

2.5.1 Derajat Keabuan

Citra hitam putih memiliki 256 *level* artinya mempunyai skala abu dari 0 sampai 255, dalam hal ini intensitas 0 menyatakan hitam, nilai intensitas 255 menyatakan putih, dan nilai antara 0 sampai 255 menyatakan warna keabuan yang terletak antara hitam dan putih.

2.5.2 Citra Biner

Citra biner adalah citra yang hanya mempunyai dua nilai derajat keabuan : hitam dan putih. Piksel-piksel objek bernilai 1 dan piksel-piksel latar belakang bernilai 0. pada waktu menampilkan gambar, 0 adalah putih dan 1 adalah hitam.

2.5.3 Penipisan Pola (Konversi dua dimensi menjadi satu dimensi)

Penipisan adalah operasi pemrosesan citra biner yang dalam hal ini objek direduksi menjadi rangka yang menghampiri garis sumber objek. Tujuan penipisan adalah mengurangi bagian yang tidak perlu sehingga hanya dihasilkan informasi yang esensial saja. Pola hasil penipisan harus tetap mempunyai bentuk yang menyerupai pola asalnya.

2.6 Sekilas Tentang MATLAB

MATLAB merupakan bahasa pemograman, yang sering digunakan pada teknik-teknik komputasi. MATLAB menyediakan fasilitas-fasilitas untuk komputasi, visualisasi, dan pemograman. MATLAB memiliki beberapa *feature* yang dikelompokkan berdasarkan aplikasi tertentu yang dikenal dengan nama TOOLBOX. Dengan toolbox ini para pengguna diharapkan dapat mempelajari dan mengaplikasikan teknologi pada bidang kajian tertentu. Program yang ditulis dengan menggunakan MATLAB memiliki ekstensi m (.m). Untuk membuat program dengan MATLAB dapat dilakukan dengan menggunakan MATLAB EDITOR.

MATLAB merupakan perangkat lunak yang cocok dipakai sebagai alat komputasi yang melibatkan penggunaan matriks dan vektor. Fungsi-fungsi dalam toolbox MATLAB dibuat untuk memudahkan perhitungan tersebut.

Banyak model jaringan syaraf tiruan menggunakan manipulasi matriks dan vektor dalam iterasinya. Maka MATLAB merupakan perangkat lunak yang cocok dipakai. MATLAB menyediakan fungsi-fungsi khusus untuk menyelesaikan model jaringan syaraf tiruan. Pemakai tinggal memasukkan vektor masukan, target, model dan parameter yang diinginkan (laju pembelajaran, *threshold*, *bias*, dan lain-lain).