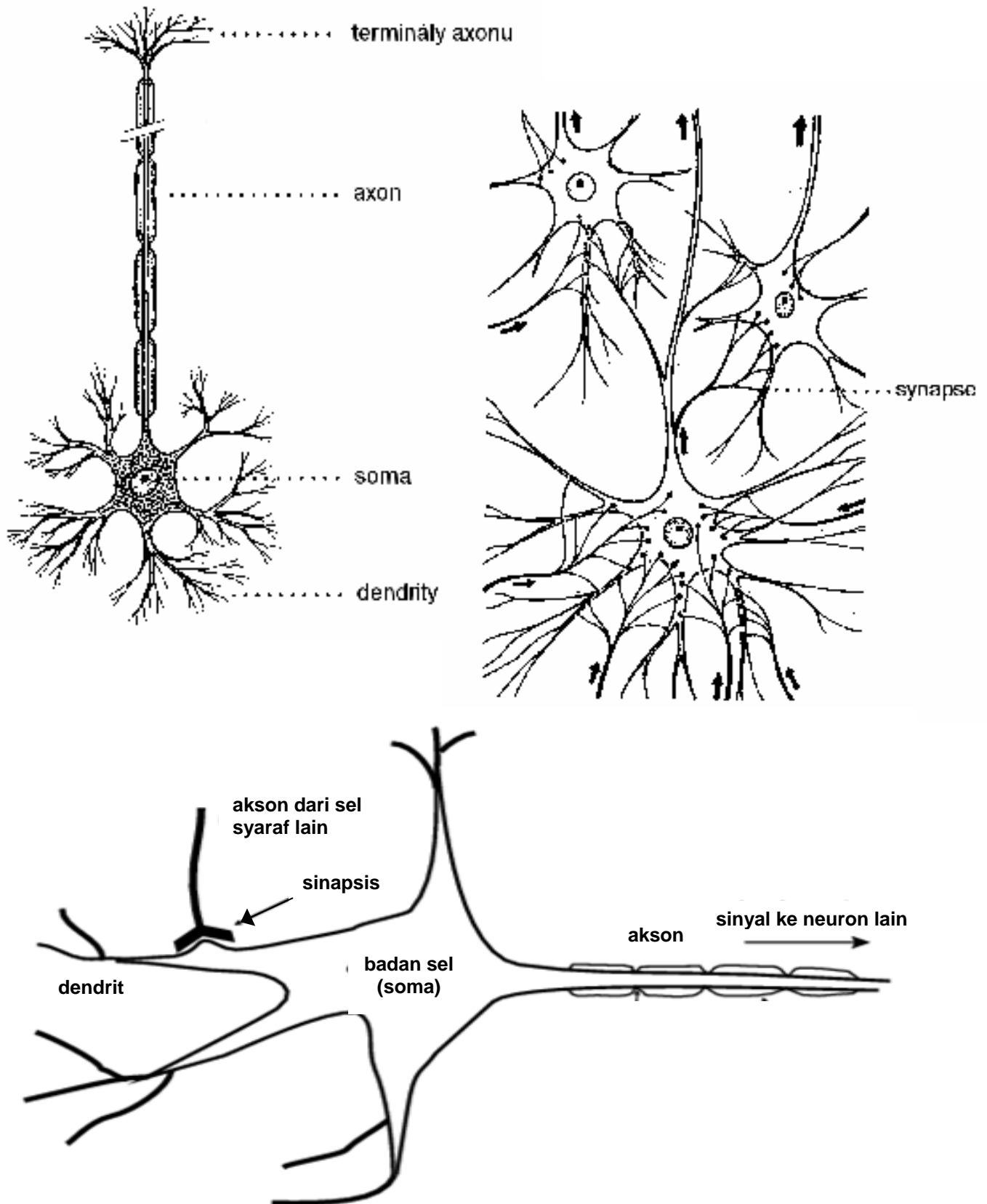


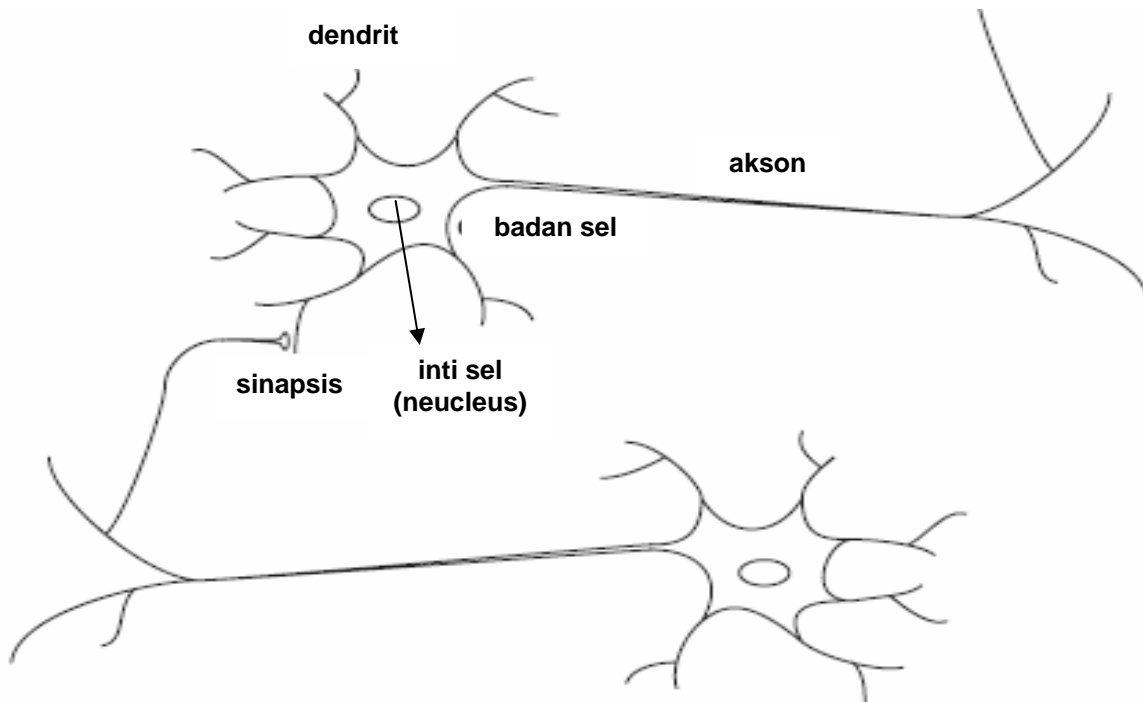
## VIII.PENGANTAR JARINGAN SYARAF TIRUAN (JST)

### JARINGAN SYARAF BIOLOGIS (JSB)

- Otak manusia berisi sekitar  $10^{11}$  sel syaraf (neuron) yang bertugas untuk memproses informasi yang masuk. Tiap sel syaraf dihubungkan dengan sel syaraf lain hingga sekitar  $10^4$  sinapsis. Tiap sel bekerja seperti suatu prosesor sederhana. Masing-masing sel tersebut saling berinteraksi sehingga mendukung kemampuan kerja otak manusia.



Gambar NEURON

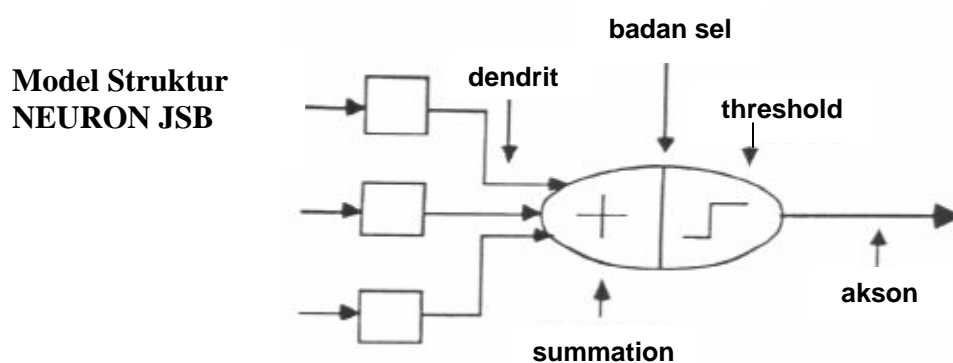


Komponen utama neuron dapat dikelompokkan menjadi 3 bagian :

1. Dendrit = bertugas menerima informasi = jalur input bagi soma
2. Badan sel (soma) = tempat pengolahan informasi
3. Akson = bertugas mengirimkan impuls-impuls sinyal ke sel syaraf lain = jalur output bagi soma

Perhatikan gambar-gambar diatas :

- Sebuah neuron menerima impuls-impuls sinyal (informasi) dari neuron lain melalui dendrit dan mengirimkan sinyal yang dibangkitkan (hasil penjumlahan) oleh badan sel melalui akson.
- Akson dari sel syaraf ini bercabang-cabang dan berhubungan dengan dendrit dari sel syaraf lain dengan cara mengirimkan impuls melalui sinapsis.
- Sinapsis adalah unit fungsional antara 2 buah sel syaraf, misal A dan B, dimana yang satu adalah serabut akson dari neuron A dan satunya lagi adalah dendrit dari neuron B.
- Kekuatan sinapsis bisa menurun / meningkat tergantung seberapa besar tingkat propagasi (penyiaran) sinyal yang diterimanya.
- Impuls-impuls sinyal (informasi) akan diterima oleh neuron lain jika memenuhi batasan tertentu, yang sering disebut dengan nilai ambang (threshold).



### JARINGAN SYARAF TIRUAN (JST)

- JST didefinisikan sebagai suatu sistem pemrosesan informasi yang mempunyai karakteristik menyerupai jaringan syaraf manusia (JSB)
- JST tercipta sebagai suatu generalisasi model matematis dari pemahaman manusia (human cognition) yang didasarkan atas asumsi sebagai berikut :
  1. Pemrosesan informasi terjadi pada elemen sederhana yang disebut neuron
  2. Sinyal mengalir diantara sel saraf/neuron melalui suatu sambungan penghubung
  3. Setiap sambungan penghubung memiliki bobot yang bersesuaian. Bobot ini akan digunakan untuk menggandakan / mengalikan sinyal yang dikirim melaluinya.
  4. Setiap sel syaraf akan menerapkan fungsi aktivasi terhadap sinyal hasil penjumlahan berbobot yang masuk kepadanya untuk menentukan sinyal keluarannya.

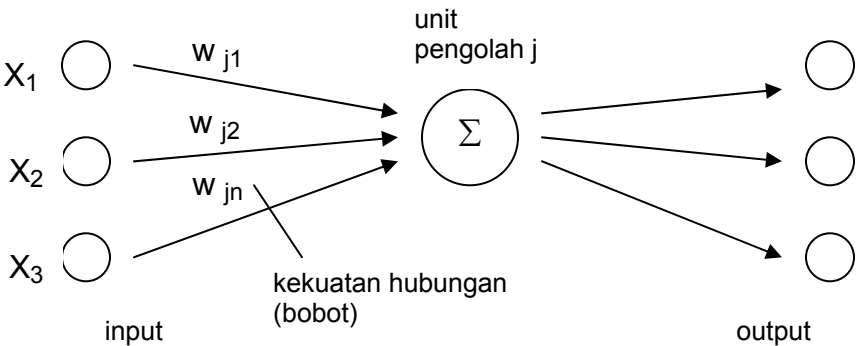
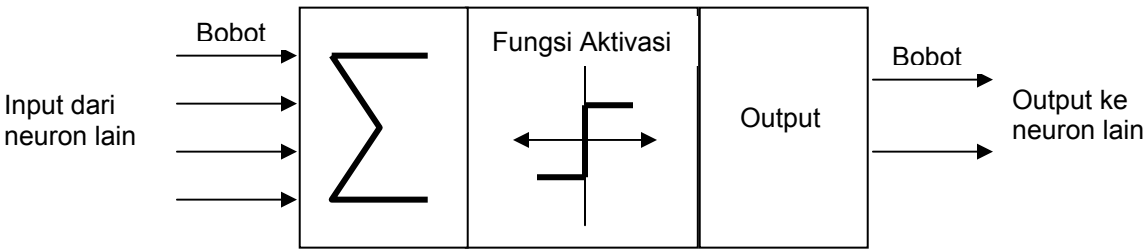
- Perbandingan kemampuan otak manusia dengan CPU

Parameter	Otak manusia	CPU
Elemen pengolah	$10^{11}$ sinapsis	$10^8$ transistor
Ukuran elemen	$10^{-6}$ m	$10^{-6}$ m
Energi yang digunakan	30 W	30 W (CPU)
Kecepatan pengolah	100 Hz	$10^9$ Hz
Bentuk komputasi	Paralel terdistribusi	Serial terpusat
Fault tolerant	Ya	Tidak
Proses belajar	Ya	Tidak
Kepandaian	Selalu	Tidak (kadang-kadang)

Analogi JST dengan JSB

JST	J S Biologis
Node / input	Badan sel (soma)
Input	Dendrit
Output	Akson
Bobot	Sinapsis

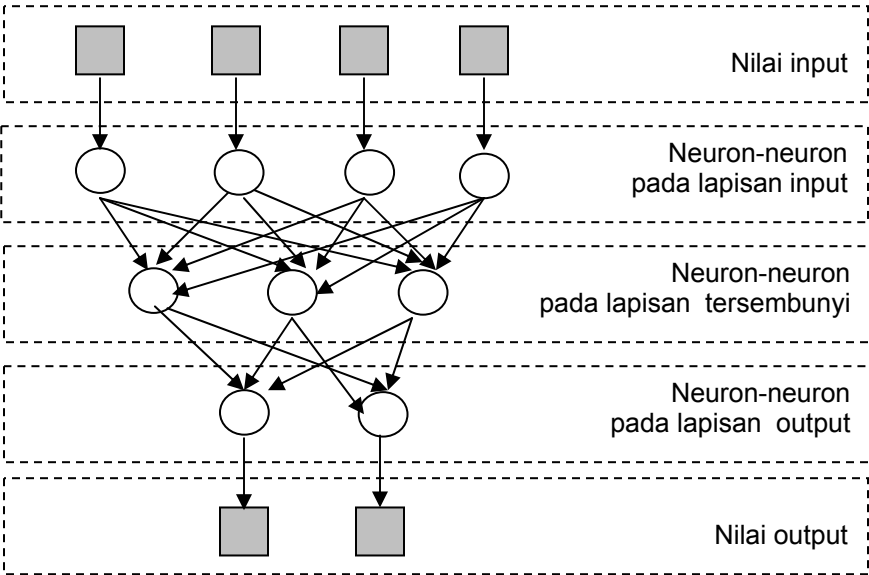
Model Struktur NEURON JST



- Jaringan syaraf tiruan dapat belajar dari pengalaman, melakukan generalisasi atas contoh-contoh yang diperolehnya dan mengabstraksi karakteristik esensial input bahkan untuk data yang tidak relevan.
- Algoritma untuk JST beroperasi secara langsung dengan angka sehingga data yang tidak numerik harus diubah menjadi data numerik.
- JST tidak diprogram untuk menghasilkan keluaran tertentu. Semua keluaran atau kesimpulan yang ditarik oleh jaringan didasarkan pada pengalamannya selama mengikuti proses pembelajaran. Pada proses pembelajaran, ke dalam JST dimasukkan pola-pola input (dan output) lalu jaringan akan diajari untuk memberikan jawaban yang bisa diterima.
- Pada dasarnya karakteristik JST ditentukan oleh :
  1. Pola hubungan antar neuron (disebut arsitektur jaringan)
  2. Metode penentuan bobot-bobot sambungan (disebut dengan pelatihan atau proses belajar jaringan)
  3. Fungsi aktivasi

ARSITEKTUR JST

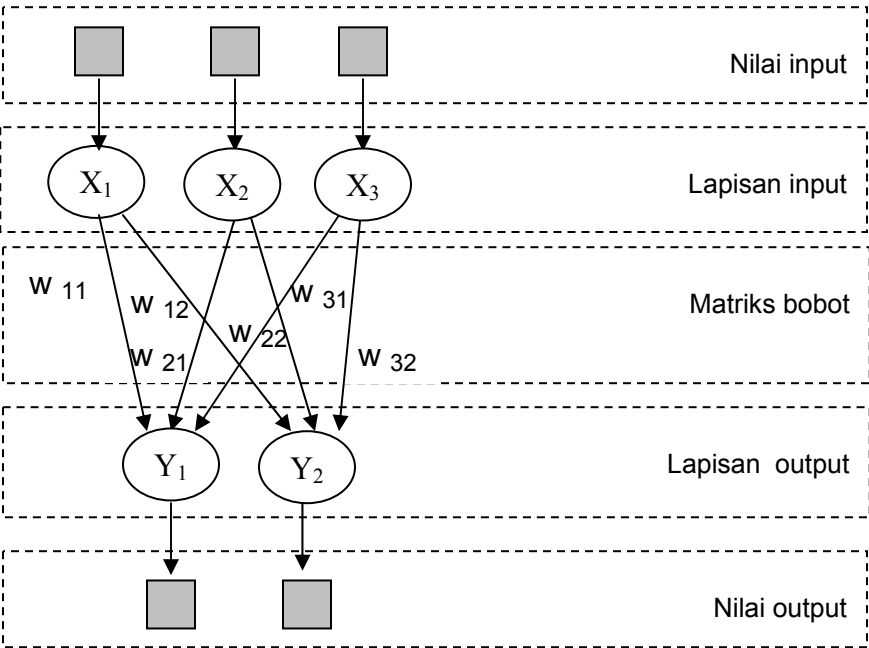
- Pada JST, neuron-neuron akan dikumpulkan dalam lapisan-lapisan (layer) yang disebut dengan lapisan neuron (neuron layers).
- Neuron-neuron pada satu lapisan akan dihubungkan dengan lapisan-lapisan sebelum dan sesudahnya.
- Informasi yang diberikan pada jaringan syaraf akan dirambatkan lapisan ke lapisan, mulai dari lapisan input sampai ke lapisan output melalui lapisan tersembunyi (hidden layer).
- Gambar berikut ini jaringan syaraf dengan 3 lapisan dan bukanlah struktur umum jaringan syaraf karena beberapa jaringan syaraf ada yang tidak memiliki lapisan tersembunyi.



- Faktor terpenting dalam menentukan kelakuan suatu neuron adalah fungsi aktivasi dan pola bobotnya.
- Umumnya neuron-neuron yang terletak pada lapisan yang sama akan memiliki keadaan yang sama sehingga pada setiap lapisan yang sama neuron-neuron memiliki fungsi aktivasi yang sama.
- Bila neuron-neuron pada suatu lapisan (misal lapisan tersembunyi) akan dihubungkan dengan neuron-neuron pada lapisan lain (misal lapisan output) maka setiap neuron pada lapisan tersebut (lapisan tersembunyi) juga harus dihubungkan dengan setiap neuron pada lapisan lainnya (lapisan output)
- Macam arsitektur JST ada 3 :

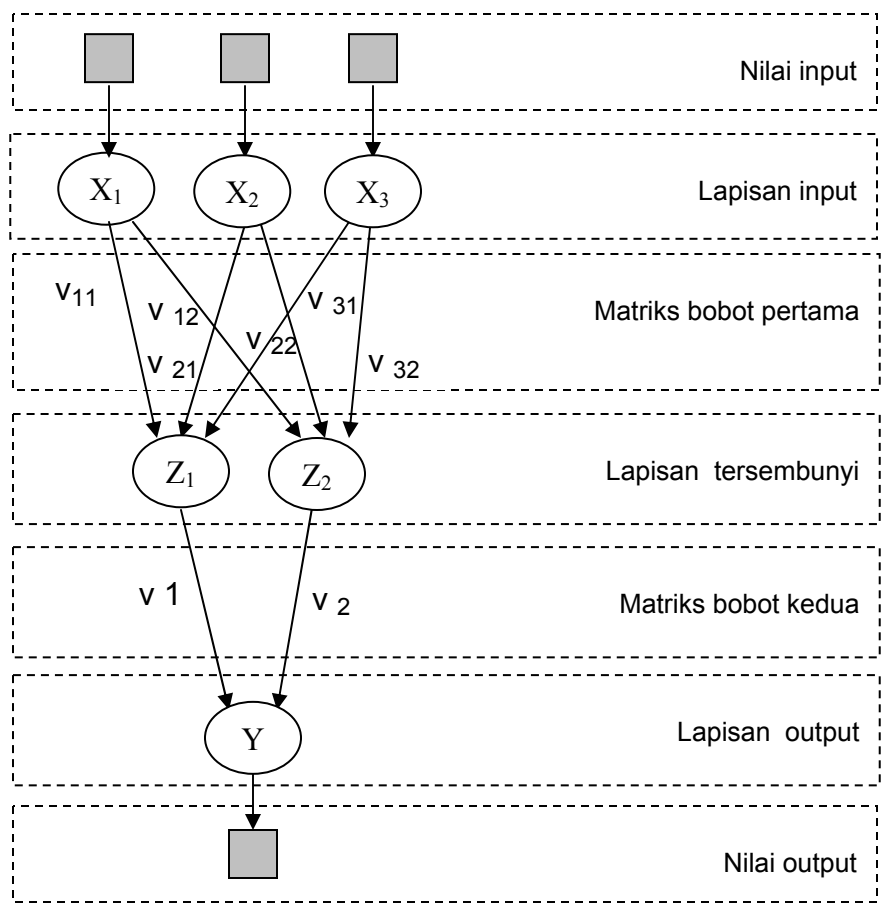
1. Jaringan dengan lapisan tunggal (single layer net)

Hanya memiliki 1 lapisan dengan bobot-bobot terhubung. Jaringan ini hanya menerima input kemudian secara langsung akan mengolahnnya menjadi output tanpa harus melalui lapisan tersembunyi. Pada gambar berikut neuron-neuron pada kedua lapisan saling berhubungan. Seberapa besar hubungan antara 2 neuron ditentukan oleh bobot yang bersesuaian. Semua unit input akan dihubungkan dengan setiap unit output.



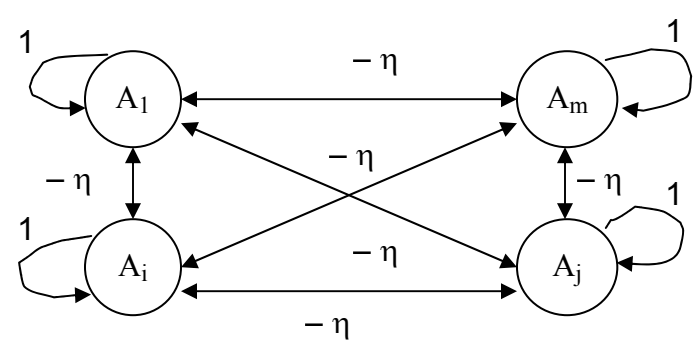
2. Jaringan dengan banyak lapisan (multilayer net)

Memiliki 1 atau lebih lapisan yang terletak diantara lapisan input dan lapisan output. 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 tunggal, tentu saja dengan pembelajaran yang lebih rumit. Pada banyak kasus, pembelajaran pada jaringan dengan banyak lapisan ini lebih sukses dalam menyelesaikan masalah.



3. Jaringan dengan lapisan kompetitif (competitive layer net)

Pada jaringan ini sekumpulan neuron bersaing untuk mendapatkan hak menjadi aktif. Umumnya hubungan antar neuron pada lapisan kompetitif ini tidak diperlihatkan pada diagram arsitektur. Gambar berikut menunjukkan salah satu contoh arsitektur jaringan dengan lapisan kompetitif yang memiliki bobot  $-\eta$



PROSES PEMBELAJARAN JARINGAN

- **Cara belajar JST :**  
Ke dalam JST diinputkan informasi yang sebelumnya telah diketahui hasil keluarannya. Penginputan informasi ini dilakukan lewat node-node atau unit-unit input. Bobot-bobot antarkoneksi dalam suatu arsitektur diberi nilai awal dan kemudian JST dijalankan. Bobot-bobot ini bagi jaringan digunakan untuk belajar dan mengingat suatu informasi. Pengaturan bobot dilakukan secara terus-menerus dan dengan menggunakan kriteria tertentu sampai diperoleh keluaran yang diharapkan.

- Hal yang ingin dicapai dengan melatih/mengajari JST adalah untuk mencapai keseimbangan antara kemampuan memorisasi dan generalisasi.
- Kemampuan memorisasi = kemampuan JST untuk memanggil kembali secara sempurna sebuah pola yang telah dipelajari.
- Kemampuan generalisasi = adalah kemampuan JST untuk menghasilkan respon yang bisa diterima terhadap pola-pola input yang serupa (namun tidak identik) dengan pola-pola yang sebelumnya telah dipelajari.

Hal ini sangat bermanfaat bila pada suatu saat ke dalam JST diinputkan informasi baru yang belum pernah dipelajari, maka JST masih akan tetap dapat memberikan tanggapan yang baik, memberikan keluaran yang paling mendekati.

- Paradigma/metode pembelajaran/pelatihan JST :

1. **Pembelajaran terawasi (supervised learning)**

Pada pembelajaran ini kumpulan input yang digunakan, output-outputnya telah diketahui. Perbedaan antara output-output aktual dengan output-output yang diinginkan digunakan untuk mengoreksi bobot JST agar JST dapat menghasilkan jawaban sedekat (semirip) mungkin dengan jawaban yang benar yang telah diketahui oleh JST.

2. **Pembelajaran tak terawasi (unsupervised learning) / pembelajaran tanpa guru**

Pada pembelajaran ini, JST mengorganisasi dirinya sendiri untuk membentuk vektor-vektor input yang serupa, tanpa menggunakan data atau contoh-contoh pelatihan. Struktur menggunakan dasar data atau korelasi antara pola-pola data yang dieksplorasi. Paradigma pembelajaran ini mengorganisasi pola-pola ke dalam kategori-kategori berdasarkan korelasi yang ada.

3. **Gabungan pembelajaran terawasi dan tak terawasi (hybrid)**

Merupakan kombinasi dari kedua pembelajaran tersebut. Sebagian dari bobot-bobotnya ditentukan melalui pembelajaran terawasi dan sebagian lainnya melalui pembelajaran tak terawasi.

## FUNGSI AKTIVASI

- Dipakai ntuk menentukan keluaran suatu neuron
- Merupakan fungsi yang menggambarkan hubungan antara tingkat aktivasi internal (summation function) yang mungkin berbentuk linier atau nonlinear. Beberapa fungsi aktivasi JST diantaranya hard limit, purelin, dan sigmoid. Yang populer digunakan adalah fungsi sigmoid yang memiliki beberapa varian : sigmoid logaritma, sigmoid biner, sigmoid bipolar, sigmoid tangen.
- Hard limit memberikan batasan tegas 0 atau 1, purelin memisahkan secara linier, sigmoid berupa fungsi smooth bernilai antara 0 sampai dengan 1 (bila biner) atau antara -1 sampai 1 (bila bipolar)

## SUMMATION FUNCTION

- Fungsi yang digunakan untuk mencari rata-rata bobot dari semua elemen input.
- Bentuk sederhananya adalah dengan mengalikan setiap nilai input ( $X_j$ ) dengan bobotnya ( $W_{ij}$ ) dan menjumlahkannya (disebut penjumlahan berbobot atau  $S_i$ )

$$S_i = \sum_{j=1}^N W_{ij} * X_j$$

- Diibaratkan dengan sebuah neuron yang memonitor sinyal yang datang dari neuron-neuron lain. Neuron ini menghitung penjumlahan berbobotnya dan kemudian menentukan sinyal untuk dikirim ke neuron-neuron lain.

## SUM SQUARE ERROR dan ROOT MEAN SQUARE ERROR

- Perhitungan kesalahan merupakan pengukuran bagaimana jaringan dapat belajar dengan baik sehingga jika dibandingkan dengan pola yang baru akan dengan mudah dikenali.
- Kesalahan pada keluaran jaringan merupakan selisih antara keluaran sebenarnya (current output) dan keluaran yang diinginkan (desired output)
- Selisih yang dihasilkan antara keduanya biasanya ditentukan dengan cara dihitung menggunakan suatu persamaan.

- Sum Square Error (SSE) :
  1. Hitung keluaran jaringan syaraf untuk masukan pertama
  2. Hitung selisih antara nilai keluaran jaringan syaraf dan nilai target/yang diinginkan untuk setiap keluaran
  3. Kuadratkan setiap keluaran kemudian hitung seluruhnya

$$SSE = \sum_p \sum_j (T_{jp} - X_{jp})^2$$

$T_{jp}$  : nilai keluaran jaringan syaraf

$X_{jp}$  : nilai target/yang diinginkan untuk setiap keluaran

- Root Mean Square Error (RMS Error) :
  1. Hitung SSE
  2. Hasilnya dibagi dengan perkalian antara banyaknya data pada pelatihan dan banyaknya keluaran, kemudian diakarkan.

$$RMSError = \sqrt{\frac{\sum_p \sum_j (T_{jp} - X_{jp})^2}{n_p n_o}}$$

$T_{jp}$  : nilai keluaran jaringan syaraf

$X_{jp}$  : nilai target/yang diinginkan untuk setiap keluaran

$n_p$  : jumlah seluruh pola

$n_o$  : jumlah keluaran

Keberhasilan suatu proses belajar JST ditunjukkan dengan besarnya error yang minimum. Pada kondisi inilah JST tersebut dapat digunakan. Ketika ada hal baru yang harus diketahui oleh JST maka proses belajar harus diulang kembali dengan menggunakan informasi-informasi yang lama ditambah dengan informasi-informasi baru.

#### **APLIKASI JARINGAN SYARAF TIRUAN**

- Aerospace
  - autopilot pesawat terbang, simulasi jalur penerbangan, sistem kendali pesawat, perbaikan autopilot, simulasi komponen pesawat
- Otomotif : sistem kendali otomatis mobil
- Keuangan dan perbankan
  - pendeteksian uang palsu, evaluator aplikasi kredit, pengidentifikasian pola-pola data pasar saham
- Militer
  - Pengendali senjata, pendeteksi bom, penelusuran target, pembedaan objek, pengendali sensor, sonar, radar, dan pengolahan sinyal citra yang meliputi kompresi data, ekstraksi bagian istimewa, dan penghilangan derau, pengenalan sinyal atau citra.
- Elektronik
  - Pembuatan perangkat keras yang bisa mengimplementasikan JST secara efisien, machine vision, pengontrol gerakan dan penglihatan robot, sintesis suara
- Broadcast : pencarian klip berita melalui pengenalan wajah
- Keamanan : JST digunakan untuk mengenali mobil dan mengenali wajah oknum
- Medis : analisis sel kanker
- Pengenalan suara : pengenalan percakapan, klasifikasi suara
- Pengenalan tulisan : pengenalan tulisan tangan, penerjemahan tulisan ke dalam tulisan latin
- Matematika : alat pemodelan masalah dimana bentuk eksplisit dari hubungan antara variabel-variabel tertentu tidak diketahui
- Pengenalan benda bergerak
  - selain pola dari citra diam, JST juga bisa digunakan untuk mendeteksi citra bergerak dari video seperti citra orang yang bergerak, dll.
- JST digunakan sebagai detektor virus komputer, penginderaan bau, dll