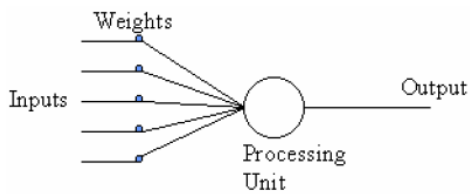
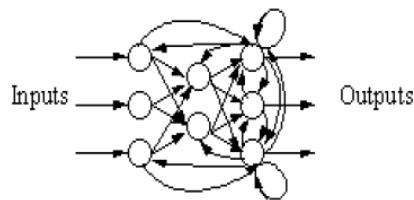


Neural Network (NN) adalah suatu prosesor yang melakukan pendistribusian secara besar-besaran, yang memiliki kecenderungan alami untuk menyimpan suatu pengenalan yang pernah dialaminya, dengan kata lain NN ini memiliki kemampuan untuk dapat melakukan pembelajaran dan pendeteksian terhadap sesuatu objek.

Secara mendasar, sistem pembelajaran merupakan proses penambahan pengetahuan pada NN yang sifatnya kontinuitas sehingga pada saat digunakan pengetahuan tersebut akan dieksploitasikan secara maksimal dalam mengenali suatu objek. Neuron adalah bagian dasar dari pemrosesan suatu neural network. Dibawah ini merupakan bentuk dasar dari suatu neuron.



Bentuk dasar neuron



Arsitektur dasar Neural Network

Keterangan :

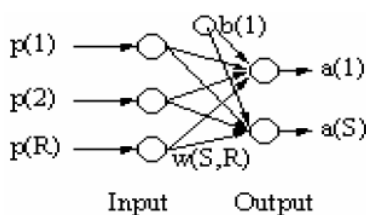
- ☒ Input merupakan masukan yang digunakan baik saat pembelajaran maupun dalam mengenali suatu objek.
- ☒ Weight, beban yang selalu berubah setiap kali diberikan input sebagai proses pembelajaran.
- ☒ Processing Unit merupakan tempat berlangsungnya proses pengenalan suatu objek berdasarkan pembebanan yang diberikan.
- ☒ Output, keluaran dari hasil pengenalan suatu objek.

Keuntungan penggunaan Neural Network :

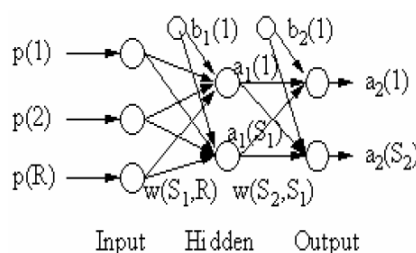
- ☒ Perangkat yang mampu untuk mengenali suatu objek secara non-linier.
- ☒ Mempermudah pemetaan input menjadi suatu hasil tanpa mengetahui proses sebenarnya.
- ☒ Mampu melakukan pengadaptasian terhadap pengenalan suatu objek
- ☒ Perangkat yang memiliki toleransi terhadap suatu kesalahan dalam pengenalan suatu objek.
- ☒ Neural Network mampu diimplementasikan pada suatu *Hardware* atau perangkat keras.
- ☒ Perangkat yang mampu diimplementasikan secara parallel.

Secara umum, **terdapat tiga jenis neural network** yang sering digunakan berdasarkan jenis *network*-nya, yaitu :

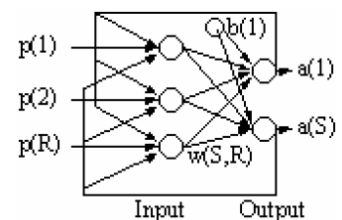
- ☒ **Single-Layer Neural Network**
Neural network jenis ini memiliki koneksi pada inputnya secara langsung ke jaringan output. Jenis neural network ini sangatlah terbatas, hanya digunakan pada kasus-kasus yang sederhana.
- ☒ **Multilayer Perceptron Neural Network**
Jenis neural network ini memiliki layer yang dinamakan "hidden", ditengah layer input dan output. Hidden ini bersifat variable, dapat digunakan lebih dari satu hidden layer.
- ☒ **Recurrent Neural Networks**
Neural network jenis ini memiliki ciri, yaitu adanya koneksi umpan balik dari output ke input. Kelemahan dari jenis ini adalah Time Delay akibat proses umpan balik dari *output* ke titik *input*.



Single-layer Neural Network



Multilayer Perceptron Neural Network



Recurrent Network

Proses Pembelajaran pada Neural Network

Proses pembelajaran merupakan suatu metoda untuk proses pengenalan suatu objek yang sifatnya kontinuitas yang selalu direspon secara berbeda dari setiap proses pembelajaran tersebut. Tujuan dari pembelajaran ini sebenarnya untuk memperkecil tingkat suatu error dalam pengenalan suatu objek. Secara mendasar, neural network memiliki sistem pembelajaran yang terdiri atas beberapa jenis berikut :

- ☒ *Supervised Learning*

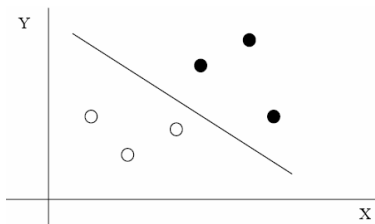
Sistem pembelajaran pada metoda Supervised learning adalah sistem pembelajaran yang mana, setiap pengetahuan yang akan diberikan kepada sistem, pada awalnya diberikan suatu acuan untuk memetakan suatu masukan menjadi suatu keluaran yang diinginkan. Proses pembelajaran ini akan terus dilakukan selama kondisi *error* atau kondisi yang diinginkan belum tercapai. Adapun setiap perolehan error akan dikalkulasikan untuk setiap pemrosesan hingga data atau nilai yang diinginkan telah tercapai.

☒ *Unsupervised Learning*

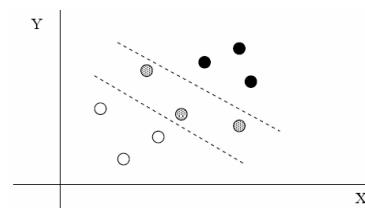
Sistem pembelajaran pada *neural network*, yang mana sistem ini memberikan sepenuhnya pada hasil komputasi dari setiap pemrosesan, sehingga pada sistem ini tidak membutuhkan adanya acuan awal agar perolehan nilai dapat dicapai. Meskipun secara mendasar, proses ini tetap mengkalkulasikan setiap langkah pada setiap kesalahannya dengan mengkalkulasikan setiap nilai *weight* yang didapat.

Mekanisme Kerja Multilayer Perceptron Neural Network

Sesuai dengan karakteristik neural network, pada dasarnya Multilayer Perceptron memiliki kecenderungan yang sama dengan jenis neural network lainnya, namun setiap jenis memiliki karakteristik masing-masing, seperti halnya *Single layer Neural Network*, biasanya hanya digunakan untuk memberikan solusi yang sifatnya hanya sederhana saja, sebagai contoh berikut ini



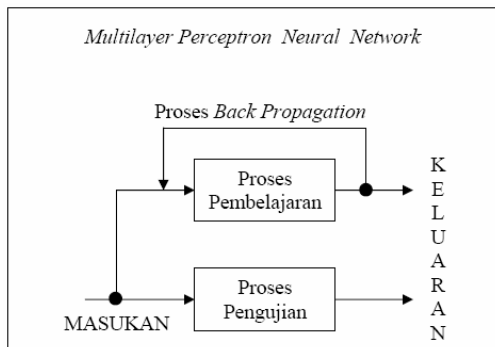
Penggunaan *Single Layer Neural Network*



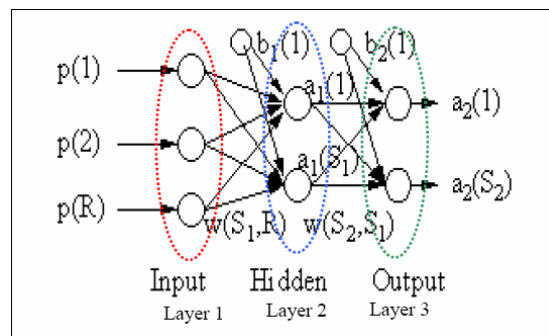
Penggunaan *Multilayer Perceptron Neural Network*

Gambar diatas menunjukkan bahwa *single layer neural network* digunakan untuk menganalisa dua bagian yang berbeda saja, yaitu agar dapat mengetahui posisi lingkaran hitam dan lingkaran yang berwarna putih. Lain halnya dengan dengan kondisi pada gambar disampingnya.

Pada gambar disampingnya, menunjukkan bahwa dengan karakteristik *Single Layer Neural Network* yang hanya mampu mendeteksi dua daerah saja membuat kasus ini sulit untuk dapat diselesaikan. *Multilayer Perceptron Neural Network* adalah jenis neural network yang memiliki kemampuan untuk mendeteksi atau melakukan analisa untuk permasalahan yang sifatnya cukup atau bahkan sangat kompleks, seperti pada masalah Pemrosesan Bahasa, Pengenalan suatu Pola serta Pemrosesan suatu *Image* atau gambar. Adapun Proses yang terjadi Pada *Multilayer Perceptron Neural Network*, adalah sebagai berikut :



Proses *Multilayer Perceptron Neural network*



Multilayer Perceptron Neural Network 3 Layer

☒ *Masukan*

Proses ini merupakan bagian dari sistem kerja secara keseluruhan, karena proses masukan digunakan untuk menunjang pada proses pembelajaran serta proses pengujian. Pada proses ini, masukan diklasifikasikan berdasarkan keinginan dari pembuat, dimana bentuk masukan dapat berupa nilai *logic* atau bilangan biner (1 atau 0), atau juga bisa berupa nilai angka atau bilangan *real* (120.3 atau 100) bahkan dapat melakukan proses dengan menggunakan bilangan negatif.

☒ *Proses Pembelajaran*

Pada bagian ini merupakan sisi kelebihan dari metoda *Neural network*, dimana setiap permasalahan yang akan dihadapi dapat dipecahkan dengan melalui tahapan pembelajaran, seperti halnya otak manusia yang secara sifat biologis, memiliki kemampuan untuk mempelajari hal-hal yang baru. Memang pada dasarnya, neural network ini dibuat untuk dapat mempelajari sesuatu hal yang baru sehingga mampu melakukan penganalisaan tanpa menggunakan suatu rumusan yang baku.

Proses pembelajaran ini sangat mempengaruhi sensitifitas kemampuan dalam melakukan penganalisaan, semakin banyak bahan atau masukan sebagai pembelajaran maka akan semakin mudah dan sensitif dalam melakukan analisa.

Biasanya untuk membahas hal-hal yang cukup kompleks, *Multilayer Perceptron Neural network* memiliki *hidden neuron* yang digunakan untuk mengimbangi setiap permasalahan yang akan dihadapi, umumnya untuk melakukan penganalisaan pada hal-hal yang rumit, rancangan *neural network* yang dibuat minimal memiliki tiga layer seperti pada gambar dibawah ini, namun hal ini tergantung pada tingkat kompleksitas yang dihadapi.

☒ **Proses Perhitungan saat pembelajaran**

Proses ini melibatkan dua faktor penting, yaitu masukan dan keluaran yang ditentukan. Keluaran tersebut merupakan bagian dari sistem atau metoda pembelajaran yang dinamakan "Supervised Learning", dengan demikian setiap masukan memiliki keluaran yang nantinya akan dijadikan sebagai acuan pembelajaran. Hal inilah yang membuat *Neural Network* melakukan penganalisaan, selain banyaknya masukan yang diberikan, proses pembelajaran yang dilakukan secara berulang pun akan menunjang kemampuan *Neural Network* saat menganalisa.

☒ **Keluaran**

Bagian ini merupakan proses yang digunakan untuk mengetahui seberapa besar pengaruh pembelajaran terhadap keluaran yang diinginkan, jika hasil yang diinginkan kurang sesuai maka kemungkinan yang terjadi adalah :

- Variabel masukan (informasi yang diberikan) kurang menunjang
- Kurangnya layer pada rancangan keseluruhan
- Jumlah neuron yang terlalu sedikit

Namun tidak menutup kemungkinan karena ketidaksesuaian penerapan saat proses pembelajaran dilakukan juga dapat mempengaruhi proses pembelajaran. Hal lainnya yang dapat mempengaruhi proses pencapaian target adalah pemilihan metoda *Back Propagation*, yang akan dijelaskan pada sub bab berikut.

Back Propagation Multilayer Perceptron Neural Network

Back Propagation adalah istilah dalam penggunaan metoda MLP-NN untuk melakukan proses *update* pada nilai vektor *weight* dan *bias*. Adapun bentuk metoda *weight* ini memiliki beberapa macam, antara lain adalah sebagai berikut :

☒ **Gradient Descent Back Propagation (GD)**

Metoda ini merupakan proses *update* untuk nilai *weight* dan *bias* dengan arah propagasi fungsinya selalu menurunkan nilai *weight* sebelumnya. Bentuk vektor *weight* tersebut berlaku seperti metoda berikut.

$$W_{k+1} = W_k - \alpha \cdot g_k$$

Dimana α , merupakan *Learning rate* serta g , merupakan *gradient* yang berhubungan dengan nilai *error* yang diakibatkan oleh *weight* tersebut.

☒ **Gradient Descent Back Propagation dengan Momentum (GDM)**

Penggunaan Momentum pada Metoda ini memberikan nilai tambah dimana hasil *update* diharapkan tidak berhenti pada kondisi yang dinamakan "Local Minimum", sehingga proses penelusuran hingga mencapai nilai minimum yang paling puncak dalam pengertian nilai *error* yang paling kecil dapat tercapai. Adapun bentuk metoda penggunaan Momentum ini adalah seperti dibawah ini.

$$W_{k+1} = W_k - \alpha \cdot g_k + \mu \cdot W_{k-1}$$

☒ **Variable Learning Rate Back Propagation dengan Momentum (GDX)**

Penggunaan metoda ini bertujuan untuk mempercepat waktu penyelesaian sehingga proses mendapatkan nilai *error* yang paling kecil dapat tercapai dengan cepat serta penelusuran yang lebih singkat. Sebaliknya jika nilai yang digunakan dalam praktisnya maka hasil yang didapatkan biasanya akan memperlambat proses penelusuran nilai *error* yang paling kecil. Dalam penggunaan metoda ini para peneliti biasanya menggunakan cara memperbesar nilai dari *Variable Learning Rate* saat hasil yang dicapai jauh dari target, dan sebaliknya saat hasil yang dicapai dekat dengan nilai target. Secara perhitungan metoda ini memang tidak begitu jauh dari metoda yang telah dijelaskan sebelumnya, namun perbedaannya adalah seperti dibawah ini.

$$W_{k+1} = W_k - \alpha_{k+1} \cdot g_k + \mu \cdot W_{k-1}$$

$$\alpha_{k+1} = \beta \cdot \alpha_k$$

$$\beta = \begin{cases} 0.7 & \text{jika nilai new error} > 1.04 \text{ (old error)} \\ 1.05 & \text{jika nilai new error} < 1.04 \text{ (old error)} \end{cases}$$

☒ **Conjugate Gradient Back Propagation (CGP)**

Conjugate Gradient Back Propagation memiliki perbedaan dibandingkan dengan metoda GD yaitu pada saat melakukan proses *update*, dimana untuk metoda GD proses tersebut dilakukan setiap penggunaan rumus sedangkan pada proses CGX, *update* dilakukan setiap iterasi dilakukan. Berikut ini merupakan proses *update* nilai *weight*.

$$W_{k+1} = W_k + \alpha \cdot p_k$$

$$p_k = -g_k + \beta_k \cdot p_{k-1}$$

$$\beta = \frac{\Delta g_{k-1}^T \cdot g_k}{g_{k-1}^T \cdot g_{k-1}}$$

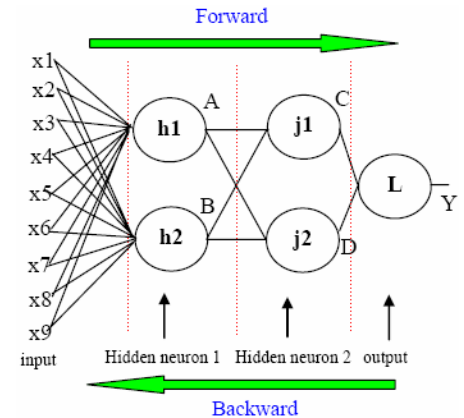
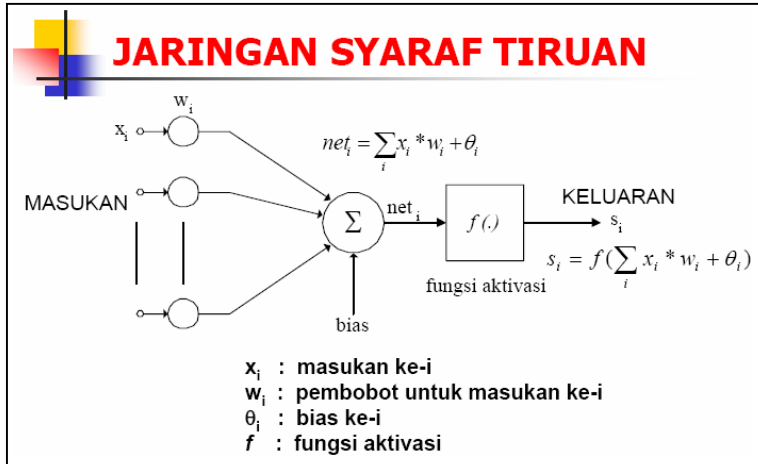
☒ Quasi-Newton Back Propagation (BPGS)

Metoda *Newton* ini merupakan improvisasi dari metoda CGX, dimana pencapaian nilai konfigurasi dapat dilakukan lebih cepat. Metoda yang digunakan adalah sebagai berikut :

$$-1$$

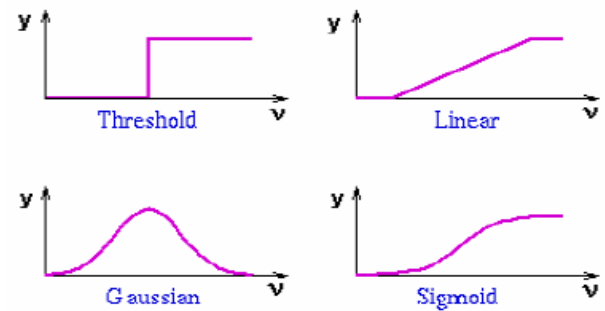
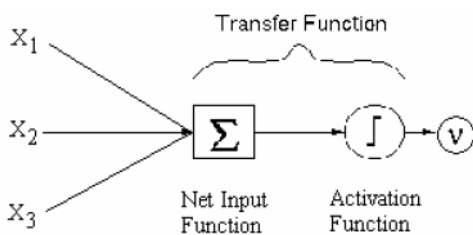
$$W_{k+1} = W_k - A_k \cdot g_k$$

Ak merupakan Hessian Matrix untuk nilai *wieght* dan *Bias*.



Rancangan *Multilayer Perceptron Neural Network*

Jaringan Syaraf Tiruan Umpan Maju



Proses umpan maju di titik aktif

Jenis fungsi transfer yang bisa digunakan dalam jaringan syaraf tiruan

Dengan demikian, secara matematis proses umpan maju dilihat dari satu titik aktif seperti yang terlihat pada Gambar di atas, persamaan umumnya adalah :

$$v_j^{(l)} = \sum_{i=0}^p w_{ji}^{(l)} x_i^{(l-1)}$$

Keterangan :

- j = neuron pada lapisan tersembunyi ke-l
- l = lapisan tersembunyi
- x = masukan dari lapisan aktif
- v = keluaran dari lapisan aktif
- w = bobot
- p = jumlah neuron

Keluaran dari elemen proses di atas merupakan fungsi transfer yang umumnya menggunakan fungsi sigmoid dengan persamaan umum :

$$y_j^{(l)} = \frac{1}{1 + \exp(-v_j^{(l)})}$$

Fungsi sigmoid digunakan sebagai fungsi transfer dengan alasan bahwa fungsi sigmoid memiliki gradien yang proporsional dengan refleksi keluaran.

Metode Backpropagation

Metode *backpropagation* dikembangkan oleh Rumelhart yang tidak lain adalah pelatihan delta rule. Ralat global E pada lapisan keluaran jaringan syaraf tiruan umpan maju adalah :

$$E = \frac{1}{2} \sum_j^N (d_j - o_j)^2 \quad \begin{array}{l} d_j = \text{keluaran yang diharapkan} \\ o_j = \text{keluaran jaringan syaraf tiruan} \end{array}$$

Algoritma ini diciptakan dengan melakukan generalisasi hukum pembelajaran Widrow-Hoff yang dikenal sebagai *delta rule* atau metode *Least Mean Square* (LMS). LMS melibatkan teknik *gradient descent*, teknik dimana parameter setiap bobot bergerak dalam arah yang berlawanan dengan *error gradient*. Setiap langkah menurun *gradient* menghasilkan *error* yang lebih kecil sampai suatu *error* minimum tercapai. Fungsi aktivasi yang dipergunakan pada JST dengan memakai algoritma *Back Propagation* (BP) harus fungsi yang dapat diturunkan. Umumnya fungsi aktivasi yang dipergunakan adalah fungsi Sigmoid.

Fuzzy Logic

Fuzzy merupakan representasi suatu pengetahuan yang dikonstruksikan dengan *if-then rules*. Karakteristik dari metode ini adalah :

- ☒ Pemecahan masalah dilakukan dengan menjelaskan sistem bukan lewat angka-angka, melainkan secara linguistik, atau variable-variable yang mengandung ketidakpastian/ketidaktegasan.
- ☒ Pemakaian if-then rules untuk menjelaskan kaitan antara satu variable dengan yang lain.
- ☒ Menjelaskan sistem memakai algoritma fuzzy

Fuzzy memiliki kelebihan-kelebihan, diantaranya :

- ☒ Dapat mengekspresikan konsep yang sulit untuk dirumuskan, seperti misalnya "suhu ruangan yang nyaman"
- ☒ Pemakaian *membership-function* memungkinkan fuzzy untuk melakukan observasi obyektif terhadap nilai-nilai yang subyektif. Selanjutnya *membership-function* ini dapat dikombinasikan untuk membuat pengungkapan konsep yang lebih jelas.
- ☒ Penerapan logika dalam pengambilan keputusan

Dewasa ini, fuzzy merupakan salah satu metode memiliki aplikasi luas di bidang kontrol. Hal ini disebabkan :

- ☒ Kontrol memiliki potensi aplikasi yang sangat luas dan dibutuhkan di berbagai bidang
- ☒ Kuantitas suatu materi dalam sistem kontrol sangat jelas, dan dapat diekspresikan dengan istilah-istilah yang *fuzzy* seperti "besar", "banyak"
- ☒ Aturan dalam kontrol mudah untuk didefinisikan memakai kata-kata. Misalnya "jika suhu dalam ruangan terlalu dingin, naikan suhu penghangat"
- ☒ Perkembangan teori fuzzy sangat pesat, sehingga batas-batasnya dapat dirumuskan dengan jelas.

Genetic Algorithm (GA)

Beberapa keunggulan yang dimiliki oleh GA adalah sbb :

- ☒ GA memiliki kemampuan untuk mencari nilai optimal secara paralel, melalui proses kerjasama antara berbagai unit yang disebut kromosom individu.
- ☒ GA tidak memerlukan perhitungan matematika yang rumit seperti differensial yang diperlukan oleh algoritma optimisasi yang lain.

Namun demikian GA memiliki juga kelemahan dan keterbatasan :

- ☒ Tidak memiliki rumusan yang pasti, bagaimana mentransfer parameter permasalahan ke dalam kode genetik. Dengan kata lain, hal ini memerlukan pengalaman dan wawasan dari desainer.
- ☒ Banyak parameter yang perlu diset secara baik agar proses evolusi dalam GA berjalan sesuai dengan yang diharapkan.
- ☒ Penentuan rumus menghitung fitness merupakan hal yang sangat penting dan mempengaruhi proses evolusi pada GA. Sayangnya tidak ada prosedur yang baku bagaimana menentukan rumus tsb. Dalam hal ini pengalaman dari desainer memegang peranan penting.

SOFTCOMPUTING

"Berbeda dengan pendekatan konvensional hardcomputing, softcomputing dapat bekerja dengan baik walaupun terdapat ketidakpastian, ketidakakuratan maupun kebenaran parsial pada data yang diolah. Hal inilah yang melatarbelakangi fenomena dimana kebanyakan metode softcomputing mengambil human-mind sebagai model."

Selain kemampuan pembelajaran, otak manusia juga memiliki kemampuan untuk mengambil keputusan walaupun informasi mengandung unsur ketidakpastian dan kekurangtegasan, seperti "manis", "pahit", "tinggi", "rendah", dsb. Hal ini merupakan konsep yang mendasari pengembangan metode fuzzy, yang mencerminkan cara berfikir manusia. Otak manusia merupakan mesin molekuler, yang terdiri dari dua jenis sel: neuron dan glia. Dalam otak kita terdapat sekitar 10^{11} sel neuron, sedangkan sel glia sekitar 3 sampai 4 kali lipatnya. Sel neuron berfungsi sebagai pemroses informasi yang diterima oleh otak. Sel neuron terhubung antara satu dengan yang lain dengan benang-benang panjang.