

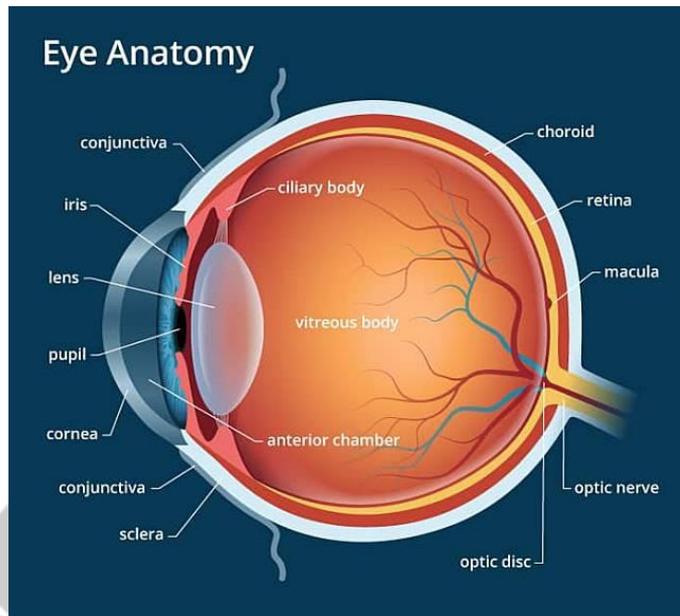
BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Mata

Mata manusia memiliki struktur yang sangat kompleks dan memungkinkan penglihatan, salah satu organ penting dari indera manusia. Mata membantu manusia untuk mengenali dan memahami obyek disekitarnya. Mata juga memberi tahu kepada kita banyak hal. Perasaan, emosi dan ekspresi pun dapat diketahui dengan mata manusia. Sejumlah informasi penting yang terjadi dalam tubuh dapat diketahui pula dengan iris mata (Colton, 1996).

Diameter mata berukuran sekitar 24 mm yang mampu mendeteksi cahaya dan memberikan resolusi tinggi. Secara anatomis, mata tersusun dari tiga lapisan jaringan, yaitu lapisan serat luar yang terdiri dari sklera dan kornea, lapisan dalam yang sebagian besar terdiri dari retina termasuk iris, dan lapisan pembuluh darah menengah yang terdiri dari koroid dan bagian-bagian dari tubuh siliaris dan iris (Hall, 1989).



Gambar 3. 1 Struktur Mata

Sklera terdiri dari lapisan luar yang longgar, episclera, dan lapisan jaringan ikat berserat. *Sklera* berwarna putih dan terletak di bawah konjungtiva. Bagian ini merupakan salah satu jaringan mata berserat dan bertanggung jawab untuk menggerakkan mata (Jensen, 1980).

Kornea terdiri dari lapisan luar epitel bertingkat, lapisan kolagen, dan lapisan stroma. Kornea memiliki ukuran ketebalan yang beragam dari 0.6 sampai 1.1 mm. Kornea bertugas untuk memfokuskan bayangan dengan membelokkan atau membiaskan berkas cahaya (Hall, 1989).

Uvea merupakan mantel yang berada di tengah mata. Terdiri dari tiga bagian yaitu iris, korpus siliar, dan koroid. Bagian posterior uvea yaitu koroid merupakan lapisan pembuluh darah dan jaringan ikat yang terjepit antara sklera dan retina. Bagian depan dari uvea yaitu tubuh ciliary dan iris, lebih kompleks, mengandung seperti halnya otot ciliary dan *sphincter* dan dilator pupil.

Pupil merupakan tempat masuknya cahaya menuju lensa sebelum difokuskan ke retina mata. Lebar sempitnya pupil dipengaruhi oleh iris. Bila dalam kondisi terang (cukup cahaya) pupil akan menyempit, namun bila cahaya kurang maka pupil akan melebar. Pupil melebar dipengaruhi oleh saraf simpatis, sedangkan mengecil dipengaruhi oleh saraf parasimpatis. Pupil berbentuk bulatan hitam yang ada di tengah mata.

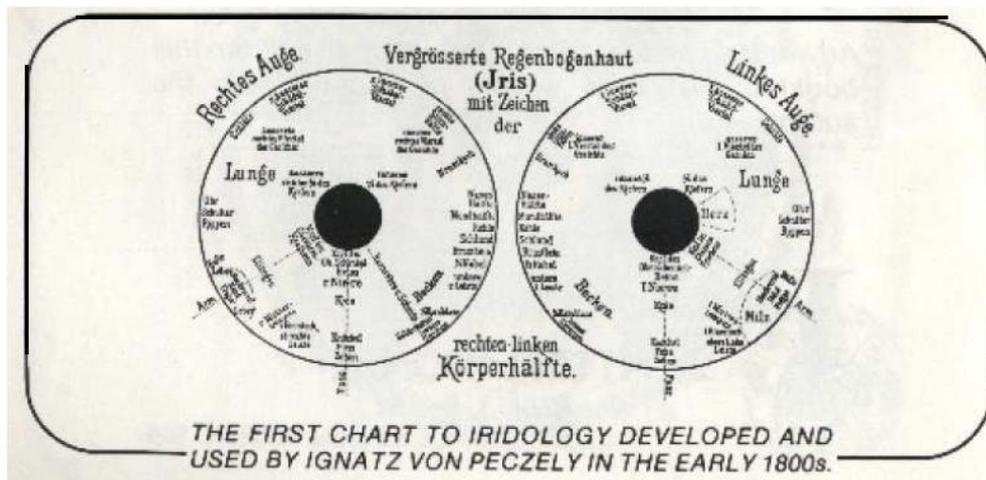
Retina merupakan lapisan jaringan saraf yang menutupi bagian dalam dua pertiga bagian belakang bola mata. Retina sebenarnya adalah perpanjangan dari otak, terbentuk secara embrionik dari jaringan saraf dan terhubung ke otak yang tepat oleh saraf optik. Retina berfungsi secara khusus untuk menerima cahaya dan mengubahnya menjadi energi kimia. Energi kimia mengaktifkan saraf yang melakukan pesan listrik keluar dari mata ke daerah yang lebih tinggi dari otak. Retina inilah yang membuat manusia dapat melihat obyek di sekelilingnya.

Iris merupakan salah satu bagian mata yang terletak diantara *sklera* dan pupil. Iris mata terdiri dari beberapa lapisan yaitu lapisan *endothelium anterior*, stroma, dan epitel iris posterior. Stroma berisi pembuluh darah dan dua lembar otot polos, otot sfingter dan dilator, yang mengontrol kontraksi (penyempitan) dan ekspansi (pelebaran) iris, masing-masing. Selain itu, stroma mengandung sel-sel pigmen yang menentukan warna mata. Di dalam iris mata, tersimpan segala informasi penting yang terkait dengan kondisi kesehatan tubuh.

3.2 Iridologi

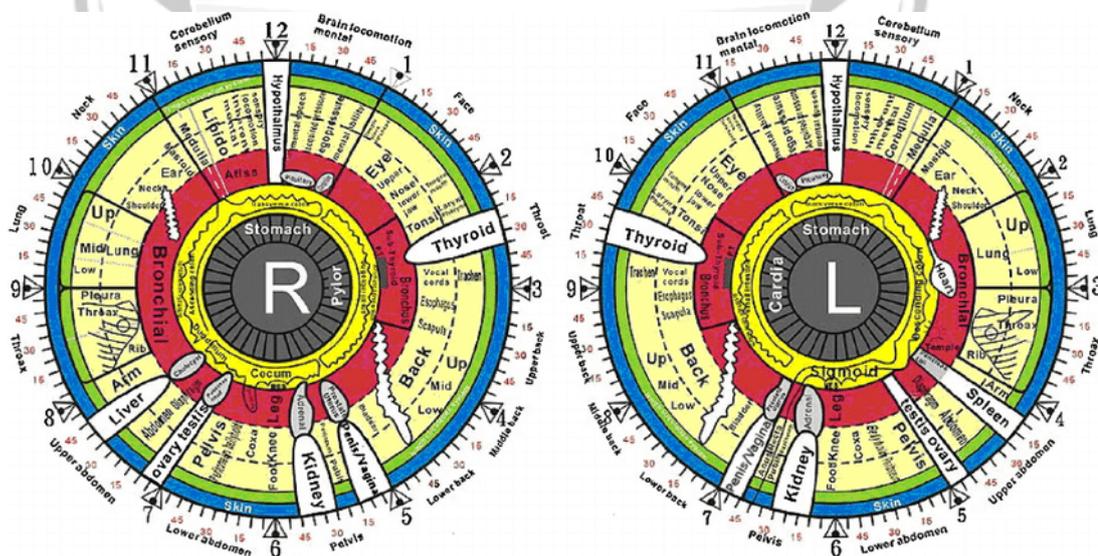
Iridologi merupakan salah satu ilmu medical yang menitikberatkan pada iris mata sehingga memungkinkan manusia untuk memahami kondisi kesehatan badannya. Warna-warna dan tanda yang tampak pada iris mata menunjukkan kondisi tubuh baik dari segi kesehatan, kekuatan, maupun kelemahan. Iridologi mampu mengidentifikasi area yang sering dikaitkan dengan penumpukan racun seperti hati, ginjal atau kulit (James Colton).

Awal mula iridologi dimulai pada awal 1800-an oleh Ignatz von Peczely. Kala itu, beliau secara tidak sengaja mematahkan kaki burung hantu. Von Peczely membalut kaki burung tersebut dan merawatnya. Secara tidak sengaja, Peczely mengamati mata burung hantu tersebut dan menemukan garis hitam yang dikelilingi garis putih dan bayangan. Sebelum dirawat, garis hitam tersebut nampak jelas, namun setelah sembuh menjadi titik hitam kecil. Peczely berprofesi sebagai dokter dan berkesempatan untuk mengamati iris mata pasien setelah kecelakaan, sebelum dan sesudah operasi. Dari sinilah studi tentang iris mata dimulai. Von Peczely membuat diagram iris mata pertama berdasarkan temuannya.



Gambar 3. 2 Bagan iridologi pertama

Dr. Bernard Jensen memelopori iridologi dari USA. Beliau mengembangkan bagan iris mata yang paling komprehensif yang menunjukkan lokasi organ dan masih merupakan bagan yang paling akurat sampai saat ini (Bernard Jensen).



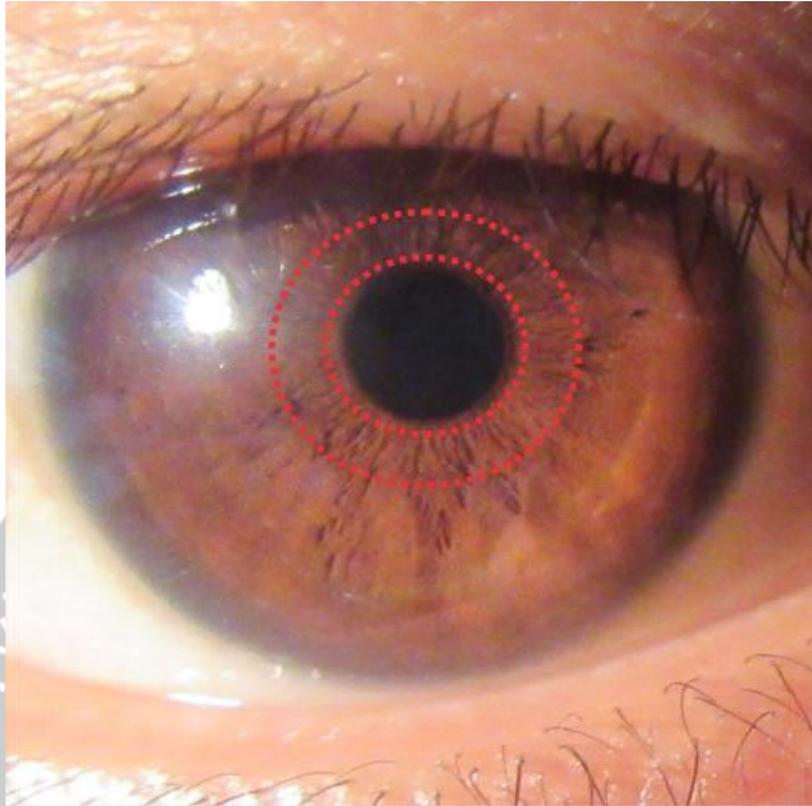
Gambar 3. 3 Chart Iridology yang dikembangkan Bernard Jensen

Iris mata merupakan jaringan tubuh yang sangat kompleks yang bertemu dengan dunia luar dan merupakan perpanjangan dari otak. Memiliki ratusan ribu ujung saraf, pembuluh darah mikroskopis, otot dan jaringan lainnya. Iris

terhubung ke setiap organ dan jaringan tubuh melalui otak dan sistem saraf. Impuls diterima oleh serabut saraf melalui hubungan saraf optic, talami optic, dan sumsum tulang belakang. Sistem saraf simpatis maupun parasimpatis juga terdapat dalam iris, sehingga gambaran kondisi organ tubuh manusia dapat terekam melalui respon refleks saraf. Serabut saraf iris merespons perubahan jaringan pada tubuh manusia dengan memanifestasi fisiologi reflek yang sesuai dengan perubahan dan lokasi jaringan tertentu. Terdapat sekitar 80-90 zona pada iris mata yang menggambarkan lokasi organ tubuh tertentu.

3.3 Gangguan Pencernaan

Gangguan pencernaan merupakan salah satu dari gangguan kesehatan yang terekam dalam penampang iris mata. Letak area dalam iris mata ditunjukkan gambar berikut ini:

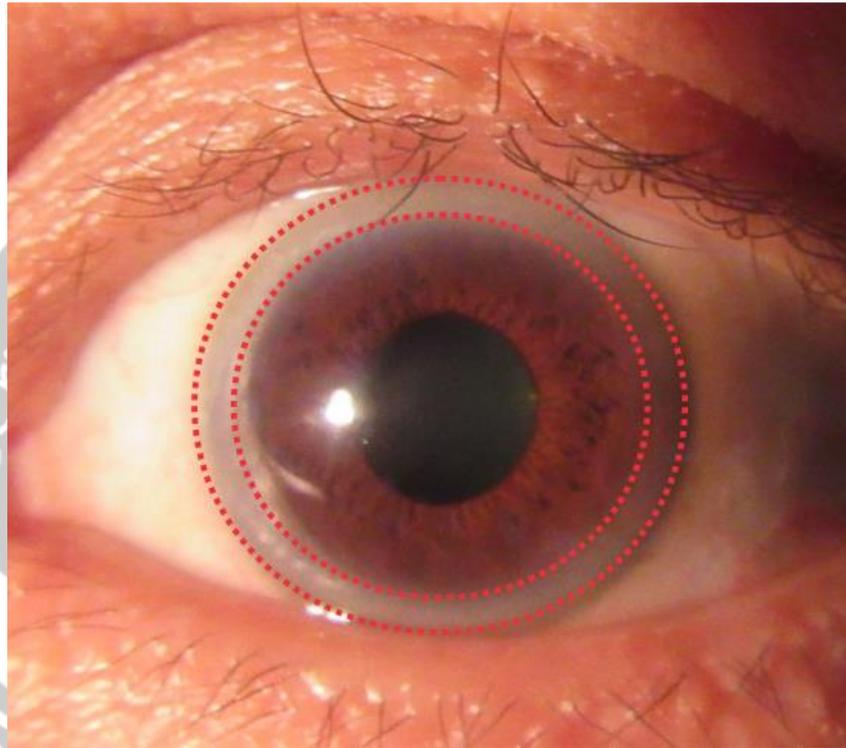


Gambar 3. 4 Zona gangguan pencernaan

Tanda-tanda yang tampak adalah adanya garis-garis hitam dan terdapat di sekeliling pupil. Gangguan pencernaan ditunjukkan pada zona yang terlingkari garis putus-putus warna merah.

3.4 Kolesterol

Kolesterol dalam penampang iris mata ditunjukkan dengan cincin sodium, berupa lingkaran putih di tepi iris. Letak sodium ring ditunjukkan dalam gambar berikut:

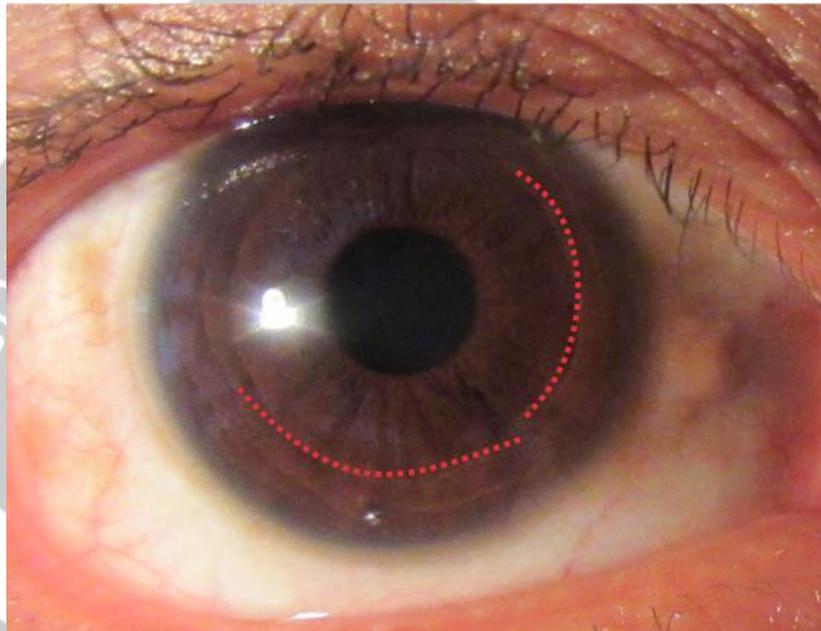


Gambar 3. 5 Sodium ring

Sodium ring merupakan indikasi adanya penumpukan kolesterol di dalam tubuh manusia. Semakin tebal sodium ring menunjukkan semakin banyak penumpukan kolesterol dalam tubuh.

3.5 Stress

Stress ditunjukkan dengan adanya lipatan-lipatan berbentuk lingkaran yang terletak di tepi iris. Bedanya dengan kolesterol, lipatan ini tidak berwarna putih namun berupa garis-garis lengkungan. Stress ditunjukkan pada gambar berikut:



Gambar 3. 6 Lingkaran stress

Semakin tebal dan banyak lingkaran stress, maka orang tersebut memiliki indikasi sedang stress.

3.6 Citra Digital

Citra digital adalah gambar dengan dua dimensi yang dihasilkan dari gambar analog dua dimensi yang *continues* menjadi gambar diskrit melalui proses sampling. Proses mengubah citra menjadi citra digital dinamakan digitasi. Digitasi terdiri dari beberapa proses meliputi mengubah citra, tulisan/teks atau *voice* (suara) dari perangkat *input* ke dalam bentuk digital.

Olah citra digital diartikan sebagai teknik mengolah suatu gambar dengan menggunakan komputer. Citra yang dimaksud dapat berupa gambar diam (foto) ataupun bergerak (video) (Sutoyo *et al.*, 2009).

Gambar digital dipetakan ke dalam bentuk grid dan elemen piksel dengan bentuk matrik 2D. Setiap *pixel* mewakili *channel* warna. Setiap piksel menyimpan angka secara berurutan oleh komputer. Apabila melakukan kompresi atau pengolahan tertentu, angka dalam piksel tentu akan berubah. Matrik dua dimensi dalam citra kolom (M) dan baris (N). Piksel mempunyai dua parameter, yaitu koordinat dan intensitas. Nilai yang terdapat pada koordinat (x, y) adalah $f(x, y)$, yaitu besar intensitas atau warna dari piksel di titik itu. Oleh karena itu, citra dapat dituliskan kedalam sebuah matrik:

$$f(x, y) = \begin{bmatrix} f(0,0) & f(0,1) & \dots & f(0, M - 1) \\ f(1,0) & f(1,0) & \dots & f(1, M - 1) \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ f(N - 1,0) & f(N - 1,1) & \dots & f(N - 1, M - 1) \end{bmatrix}$$

Berdasarkan persamaan tersebut, gambar $f(x, y)$ secara matematis dapat ditulis berikut ini:

$$0 \leq x \leq M - 1$$

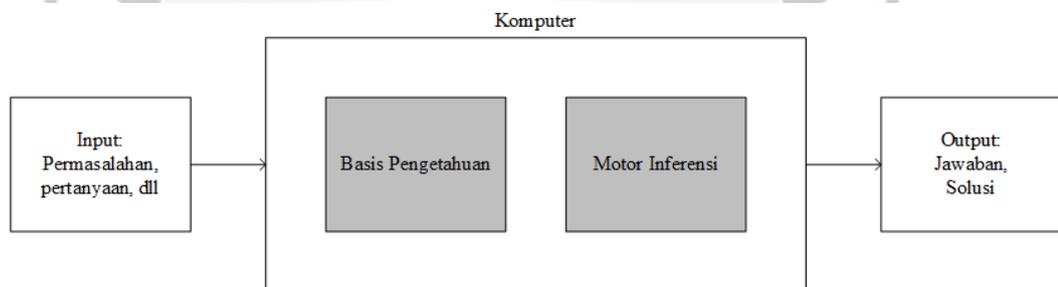
$$0 \leq y \leq N - 1$$

$$0 \leq f(x, y) \leq G - 1$$

Dengan M merupakan jumlah piksel baris pada array citra, N jumlah kolom, dan G nilai skala keabuan (*grayscale*).

3.7 Kecerdasan Buatan

Kecerdasan buatan (*artificial intelligent*) merupakan salah satu ilmu komputer yang mempelajari penggunaan komputer sehingga bisa menyelesaikan pekerjaan sebaik atau lebih baik seperti manusia. AI merupakan cara untuk memodelkan cara manusia berpikir dan memodelkan perangkat (mesin) sedemikian rupa sehingga bisa menirukan perilaku manusia. Basis pengetahuan dan motor inferensi merupakan bagian utama yang dibutuhkan dalam AI. Basis pengetahuan berisi fakta, pemikiran, serta teori-teori yang saling berhubungan satu sama lain. Pengetahuan yang digunakan mesin untuk mengambil kesimpulan atau keputusan disebut motor inferensi (Russell & Norvig, 2009). Gambar berikut ini merepresentasikan mengenai bagian dari *artificial intelligent*:



Gambar 3. 7 Bagian-bagian A

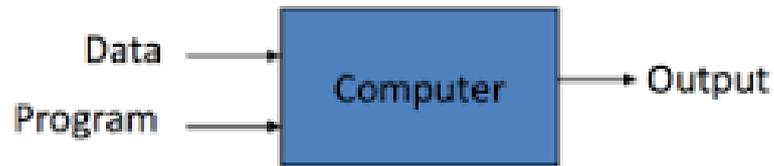
Artificial intelligent adalah salah satu disiplin ilmu yang mempunyai cakupan luas. Beberapa lingkup utama AI antara lain adalah Sistem Pakar (*expert system*), Pengolahan Bahasa Alami (*Natural Language Processing/NLP*), Pengenalan Ucapan (*Speech Recognition*), *Computer Vision*, *Intelligent Computer-Aided Instruction*, dan lainnya. Sistem pakar adalah usaha untuk menirukan seorang pakar. Tujuan dari sistem pakar yaitu untuk

mentransfer kepakaran dari seorang pakar ke komputer, kemudian ke orang lain (orang yang bukan pakar). Pengolahan Bahasa Alami yaitu dimana pengguna bisa melakukan komunikasi dengan komputer menggunakan bahasa sehari-hari. Pengenalan ucapan yaitu dimana manusia dapat melakukan komunikasi dengan komputer menggunakan suara. *Computer vision* yaitu dalam hal menginterpretasikan objek atau gambar yang tampak melalui komputer. *Intelligent Computer-Aided Instruction* yaitu bagaimana komputer dapat berperan sebagai tutor yang dapat mengajar atau melatih.

3.8 Machine Learning

Machine Learning adalah cabang ilmu dari Artificial Intelligence yang memungkinkan komputer memiliki kemampuan untuk mempelajari sesuatu tanpa perlu diprogram kembali. Arthur Samuel pada tahun 1959 mendefinisikan *machine learning* untuk pertama kali. *Machine learning* membangun sebuah algoritma yang memungkinkan program komputer untuk mempelajari dan melaksanakan tugasnya sendiri tanpa adanya perintah dari pengguna. Algoritma seperti ini akan bekerja dengan cara membangun sebuah model dari masukan atau input untuk dapat menghasilkan sebuah prediksi atau pengambil keputusan berdasarkan data yang telah ada (Christopher Bishop, 2006). Menurut Mohri dkk (2012) *machine learning* dapat didefinisikan sebagai metode komputasi berdasarkan pengalaman untuk meningkatkan performa atau membuat prediksi yang akurat. Pengalaman yang dimaksud adalah informasi sebelum yang telah tersedia dan bisa dijadikan data pembelajaran. Gambar berikut adalah perbandingan program tradisional dengan *Machine Learning*.

Traditional Programming



Machine Learning



Gambar 3. 8 Perbandingan *machine learning* dan tradisional program

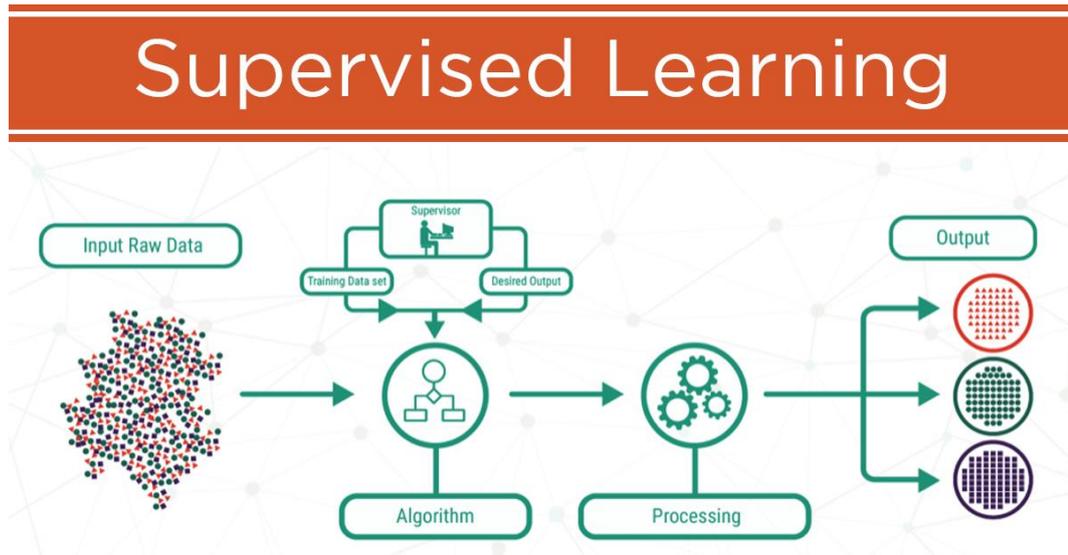
Dari gambar diatas dapat dilihat bahwa pemrograman secara tradisional data dan program dijalankan di komputer untuk menghasilkan output. Sedangkan pada *Machine Learning* data dan output dijalankan di komputer untuk membuat sebuah program.

Ada banyak algoritma *Machine Learning* yang dikembangkan setiap tahunnya. Setiap algoritma pembelajaran mesin memiliki tiga komponen penting, antara lain:

1. **Representasi** : bagaimana merepresentasikan pengetahuan. Contohnya termasuk *Decision tree*, *Neural Network*, *Support Vector Machine* dan lain-lain.
2. **Evaluasi**: cara mengevaluasi prediksi dan hipotesis. Contohnya meliputi *Mean Squared Error*, *Cost function* dan lain-lain.
3. **Optimasi**: cara program dari model dihasilkan dan proses pencarian parameter terbaik. Misalnya *Convex Optimization* dan *Gradient Descent*

Machine learning memiliki empat jenis cara pembelajaran yaitu:

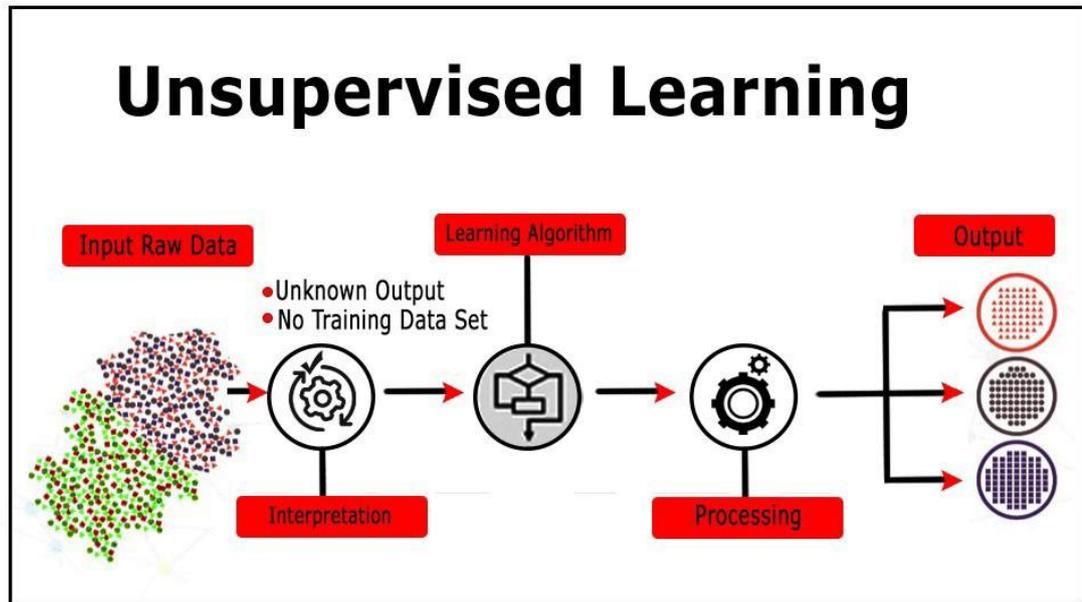
1. ***Supervised Learning***: Data pembelajaran ditentukan berdasarkan *output*. Gambar berikut merupakan contoh pembelajaran *Supervised Learning*.



Gambar 3. 9 *Supervised learning*

2. ***Unsupervised learning***

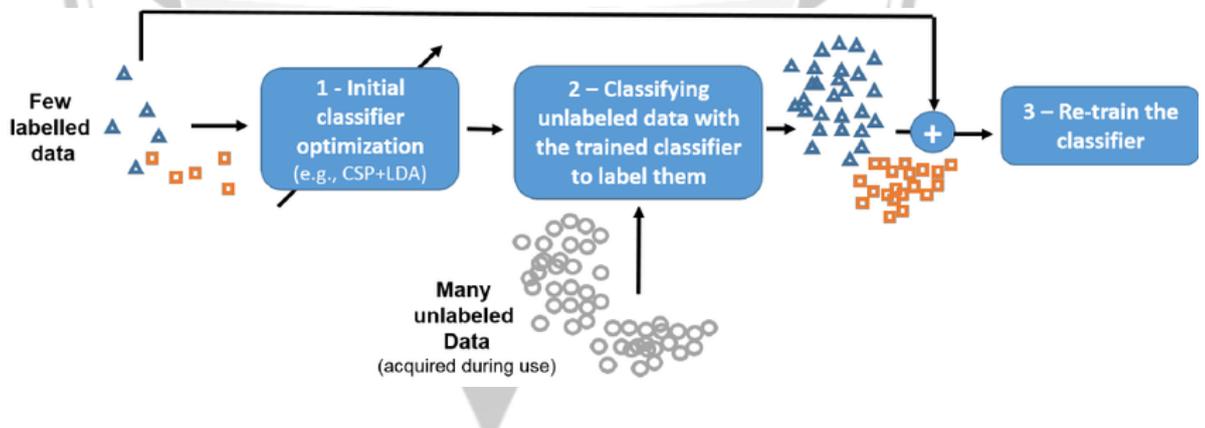
Data yang digunakan untuk pelatihan dalam metode ini tidak mencakup *output* yang ditentukan. Gambar berikut menggambarkan *unsupervised learning*.



Gambar 3. 10 *Unsupervised learning*

3. *Semi-supervised learning*

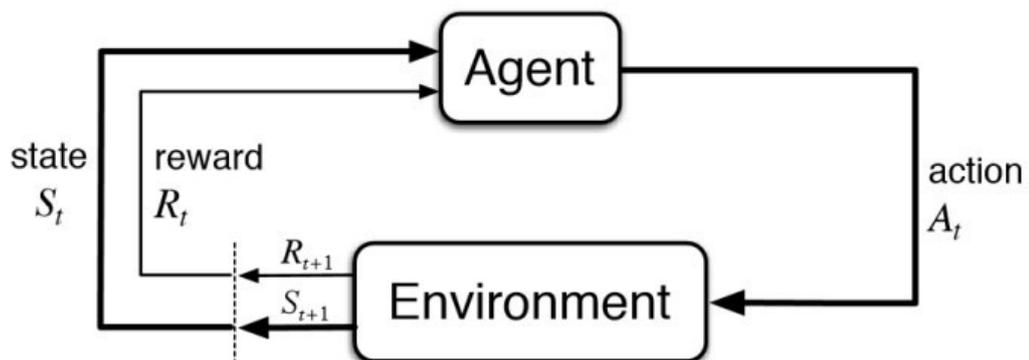
Gambar berikut menggambarkan *semi supervised learning*:



Gambar 3. 11 *Semi supervised learning*

4. *Reinforcement Learning*

Merupakan bagian dari pelatihan *machine learning* yang mengajari *agent* sehingga dapat memberikan keputusan yang terbaik. Gambar berikut menggambarkan *reinforcement learning*:



Gambar 3. 12 *Reinforcement learning*

Dalam penelitian ini, penulis menggunakan supervised learning untuk diterapkan dalam *deep learning*. *Supervised learning* merupakan cara pembelajaran yang banyak dipelajari sekaligus memiliki berbagai macam algoritma. Ada lima langkah dasar yang digunakan untuk melakukan tugas dalam mempersiapkan *machine learning* maupun *deep learning*. Kelima langkah tersebut adalah:

1. Mengumpulkan data: Dibentuk dari beberapa file yang berisi deretan data yang dapat dipelajari dan setelah itu dipisah antara fitur masukan dan keluaran.
2. Mempersiapkan data: Penentuan kualitas data dan *preprocessing data* sehingga hasil yang didapat dapat optimal.

3. Melatih sebuah model: Pemilihan algoritma dan representasi data yang tepat diperlukan dalam pembentukan model.

4. Mengevaluasi model: Menguji hasil akurasi berdasarkan *test set* pada dataset.

5. Meningkatkan kinerja: Langkah ini melibatkan pemilihan *hyperparameter* untuk meningkatkan efisiensi dan biasanya menggunakan *cross-validation*.

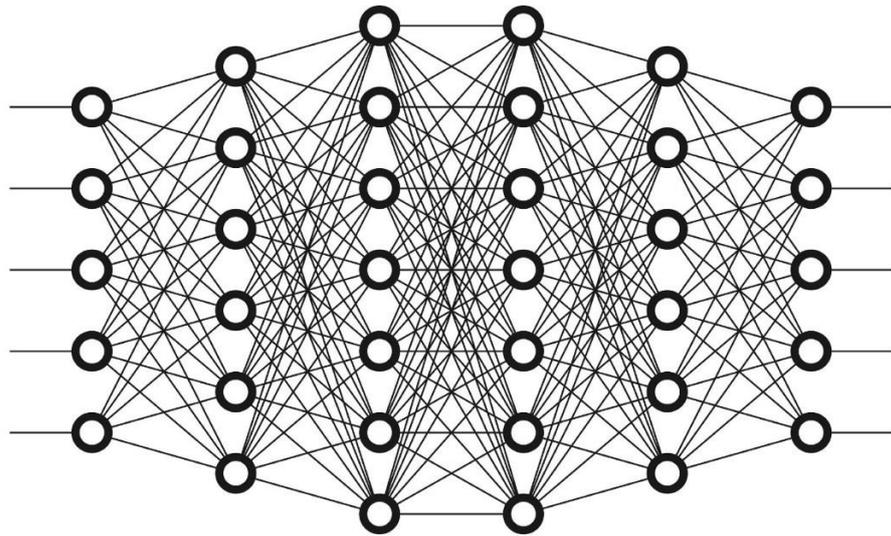
3.9 Pembelajaran Mendalam (deep learning)

Bagian dari mesin pembelajaran dengan kemampuan jaringan saraf tiruan dalam mengatasi data yang kompleks dan besar, antara lain ekstraksi fitur, pengenalan pola, dan klasifikasi (Deng & Yu, 2014). *Supervised learning* menggunakan teknik pembelajaran mendalam untuk membangun arsitektur yang kuat. Menambahkan lebih banyak lapisan akan membuat model pembelajaran tersebut dapat mewakili citra berlabel lebih baik.. *Supervised, semi-supervised* atau *unsupervised* merupakan cara-cara dalam mempelajari data. Penggunaan pembelajaran mendalam sudah diterapkan dalam berbagai bidang seperti *computer vision*, pengenalan suara, *natural language processing*, filterisasi pada sosial media, translasi mesin dan *bioinformatics*.

Pembelajaran mendalam mempunyai salah satu fitur yaitu *feature engineering*. Fitur tersebut digunakan untuk mendapatkan pola dari suatu citra. Tingkat prediksi dapat dicari hasil yang terbaik dengan menggunakan fitur tersebut, namun sulit untuk dipelajari jika data yang diberikan berbeda.

Untuk menemukan fitur yang bagus dalam citra, teknik *deep learning* dengan arsitektur *convolutional neural network* dapat digunakan. Waktu dan proses

pelatihan akan memakan waktu yang lama bila data yang diberikan semakin besar dan kompleks. Untuk mempercepat pelatihan dan proses komputasi, peneliti memanfaatkan GPU yang sesuai dengan kebutuhan.



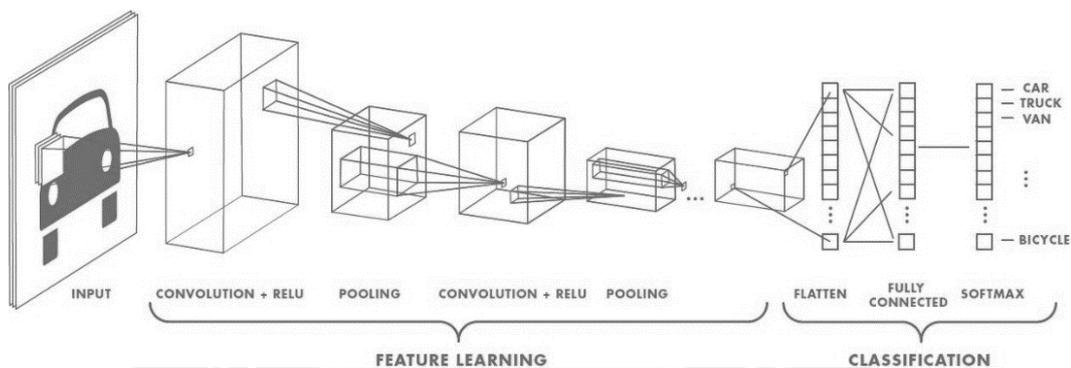
Gambar 3. 13 Contoh *neuron* dan layer pada pembelajaran mendalam

3.10 Convolutional neural network

Neural network ialah salah satu representasi buatan dari otak manusia yang selalu mencoba untuk mensimulasikan proses pembelajaran pada otak manusia tersebut (Hopfield, 1982). Otak manusia terdiri dari ratusan juta sel syaraf yang disebut neuron. Otak digambarkan sebagai sebuah mesin yang menghubungkan neuron satu dengan lainnya dalam bentuk impuls saraf sehingga dapat mengkoordinasikan berbagai fungsi tubuh. Cara kerja neuron tersebut ditiru oleh neural network sebagai langkah membuat mesin yang pintar (LeCun *et al.*, 2010).

Data dalam bentuk citra banyak mengaplikasikan CNN karena kemampuan dalam mengolah dan kedalaman struktur jaringan. Arsitektur ini

dapat dilatih dengan citra yang sudah terlabeli sampai beberapa tahap. Bagan arsitektur *convolutional neural network* dapat dilihat pada gambar 3.14 berikut ini (Rahneemoonfar & Sheppard, 2017).



Gambar 3. 14 Contoh arsitektur CNN

Dalam gambar tersebut, ada dua tahap yaitu proses pelatihan (*feature learning*) dan klasifikasi. Proses pelatihan terdiri dari beberapa tahap, yaitu lapisan konvolusi, aktivasi, dan *pooling*. Sedangkan proses klasifikasi merupakan lapisan-lapisan yang berhubungan sepenuhnya dan memberikan keluaran mengenai obyek yang dipelajari.

Jaringan syaraf manusia menginspirasi adanya jaringan saraf konvolusional, perkembangan model *Multilayer Perceptron*. Penelitian awal pertama kali dilakukan oleh Hubel dan Wiesel (Hubel, D. and Wiesel, T., 1968) yang melakukan penelitian pada visual cortex indera penglihatan kucing. *Neocognitron* (Fukushima, K., 1980), *HMAX* (Serre, T., et al., 2007), dan *LeNet-5* (LeCun, et al., 1998) merupakan penelitian-penelitian yang terinspirasi dari cara kerja *perceptron*.

Jaringan saraf konvolusional tersusun atas lebar, tinggi, dan kedalaman (3 dimensi). Ukuran layer ditentukan lebar dan tinggi sedangkan kedalaman

merepresentasikan jumlah layer. Ada dua layer pada jaringan saraf konvolusional, yaitu:

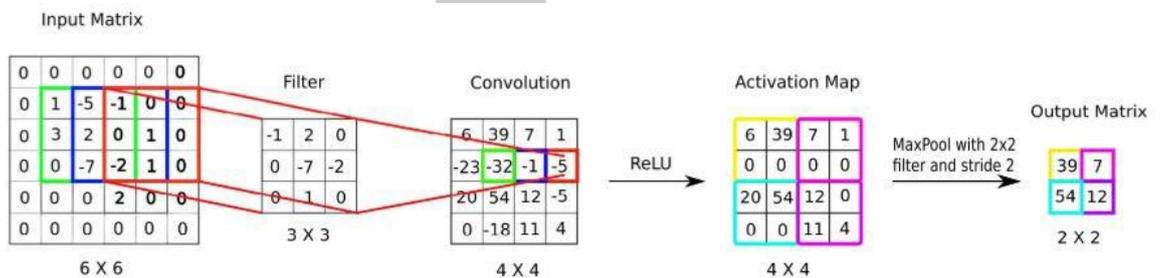
a. Lapisan ekstraksi fitur gambar. Terletak pada awal arsitektur. Tersusun atas beberapa layer dan terdapat neuron yang terkoneksi pada daerah lokal layer sebelumnya. Lapisan pertama adalah lapisan konvolusi sedangkan yang kedua adalah lapisan *pooling*.

b. Lapisan klasifikasi. Lapisan dalam bagian ini terkoneksi satu sama lain (*fully connected layer*).

Jaringan saraf konvolusional adalah cara untuk mengubah citra original *layer per layer* yang bertujuan untuk klasifikasi.

3.11 Lapisan Konvolusional

Lapisan pertama menerima masukan citra langsung pada arsitektur disebut *convolutional layer*. Operasi konvolusi ini melakukan operasi kombinasi linier filter terhadap daerah lokal (Kestur *et al.*, 2019). Tujuan dilakukannya konvolusi pada data citra adalah untuk mengekstraksi fitur dari citra input.

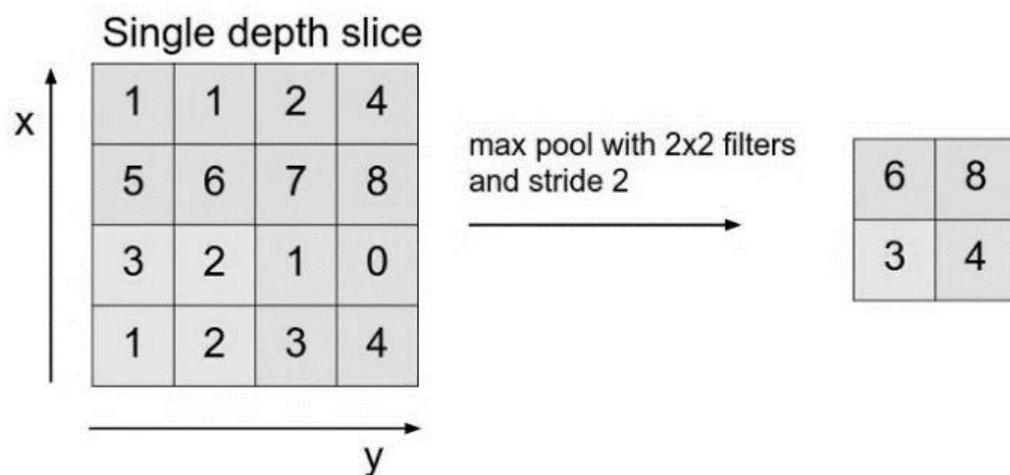


Gambar 3. 15 Ilustrasi *convolutional layer*

3.12 Pooling layer

Memperkecil *spasial size*, komputasi lebih cepat dan mencegah terjadinya *overfitting* merupakan tugas dari lapisan *pooling*. Lapisan ini sangat berguna dalam penggunaannya pada arsitektur jaringan saraf konvolusional karena tugas dan fungsi dari lapisan tersebut. (Farhadi & Lodi Vahid, 2017).

Gambar 3.16 merupakan salah satu contoh lapisan *pooling* dengan matrik berukuran 4x4 dan dikenakan filter 2x2 operasi maximum. Hal ini berarti, masukan yang semula 4x4 akan menjadi 2x2 dengan nilai tiap pikselnya maksimum. Hasil dari *pooling* dapat dilihat seperti berikut:



Gambar 3. 16 Pooling layer dengan max pool

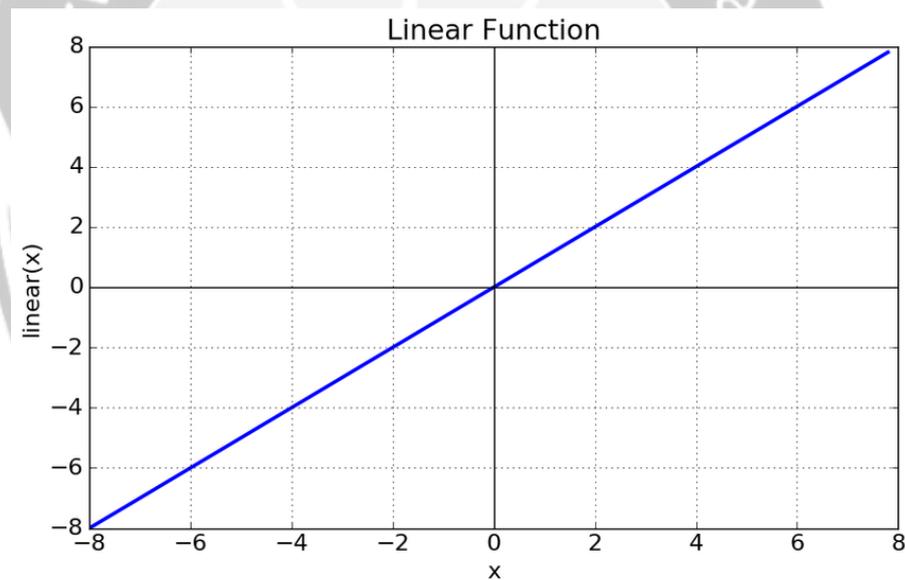
3.13 Activation Function

Fungsi aktivasi yaitu fungsi non-linier untuk memungkinkan sebuah jaringan dapat menyelesaikan permasalahan yang kompleks. Topologi jaringan saraf konvolusional menunjukkan fungsi aktivasi terletak dalam keluaran *feature map* atau sesudah proses perhitungan konvolusi (Farhadi & Vahid, 2017). *Rectified Linear Unit* (ReLU), *tanh*, *Sigmoid*, *Parametric*

ReLU, dan *Leaky ReLU*(*LReLU*) merupakan beberapa aktivasi yang sering digunakan dalam penelitian. Beberapa penjelasan mengenai fungsi aktivasi sebagai berikut ini:

Fungsi Aktivasi Linear

Fungsi Aktivasi linear merupakan fungsi yang memiliki nilai *output* yang sama dengan nilai *inputnya*. Hal ini berkaitan dengan, jika sebuah *neuron* menggunakan *linear activation*, maka keluaran dari *neuron* tersebut adalah *weighted sum* dari *input* + bias. Grafik fungsi *linear* ditunjukkan oleh gambar berikut ini:

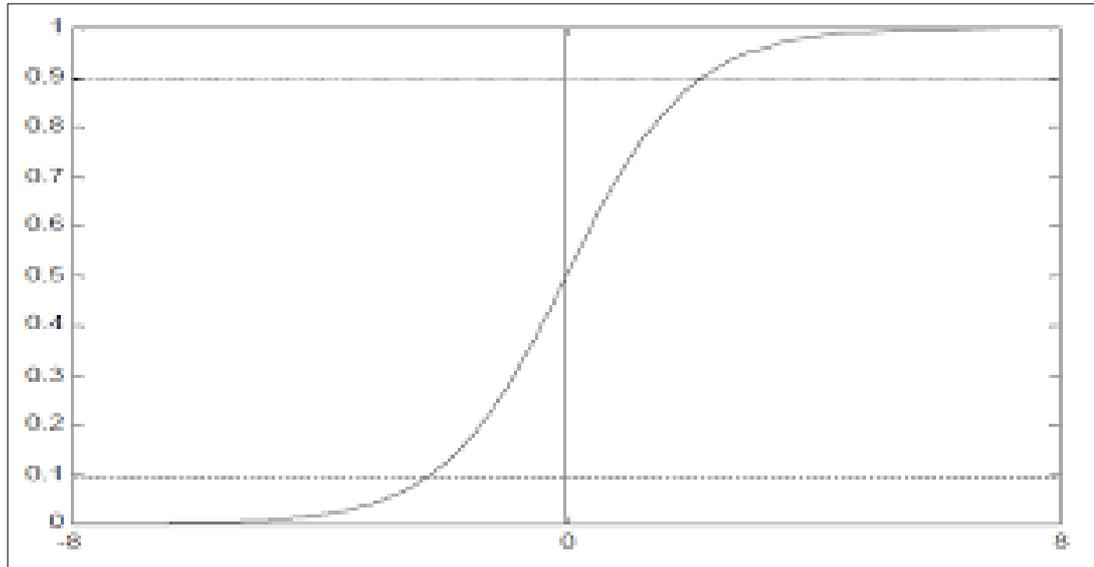


Gambar 3. 17 Fungsi aktivasi linear

Fungsi Aktivasi Sigmoid

Fungsi aktivasi sigmoid merupakan fungsi nonlonear. Masukan untuk fungsi aktivasi ini berupa bilangan real dan output dari fungsi tersebut memiliki range antara 0 sampai 1. Berikut ini grafik fungsi aktivasi sigmoid:

$$S = \frac{1}{1 + e^{-x}}$$



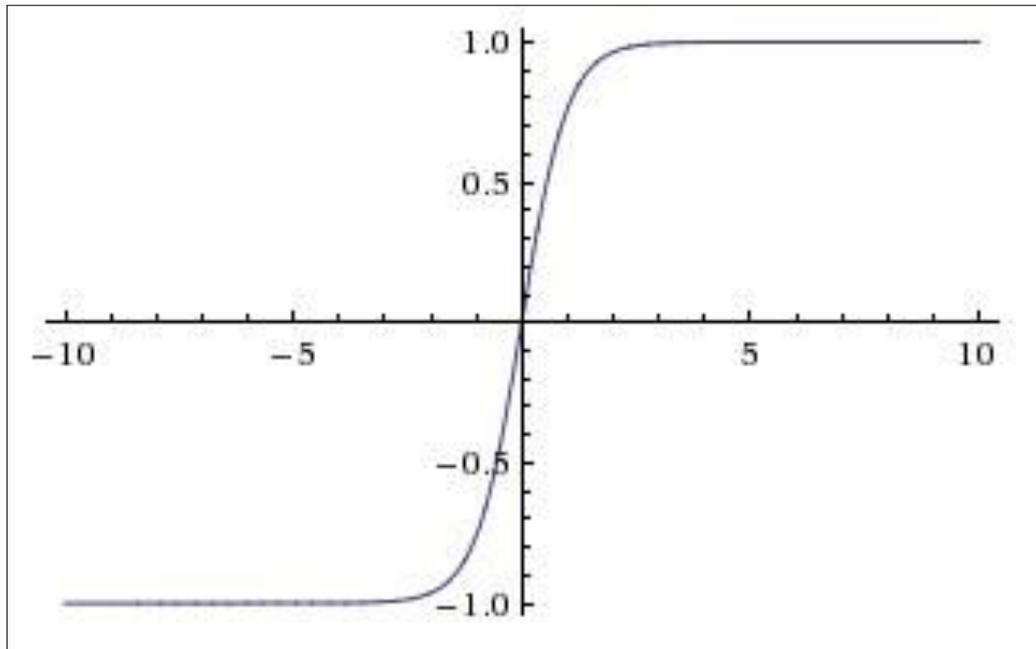
Gambar 3. 18 Aktivasi sigmoid

Jika input dari suatu node pada *neural network* bernilai negatif maka keluaran yang didapatkan adalah 0, sedangkan jika masukannya bernilai positif maka keluaran nilainya adalah satu. Fungsi ini memiliki kekurangan yaitu sigmoid dapat mematikan gradient.

Fungsi Aktivasi Tanh

Fungsi aktivasi Tanh merupakan fungsi nonlinear. Masukan untuk fungsi aktivasi ini berupa bilangan real dan output dari fungsi tersebut memiliki range antara -1 sampai 1. Berikut ini grafik fungsi aktivasi tanh :

$$\tanh(x) = 2\sigma(2x) - 1$$

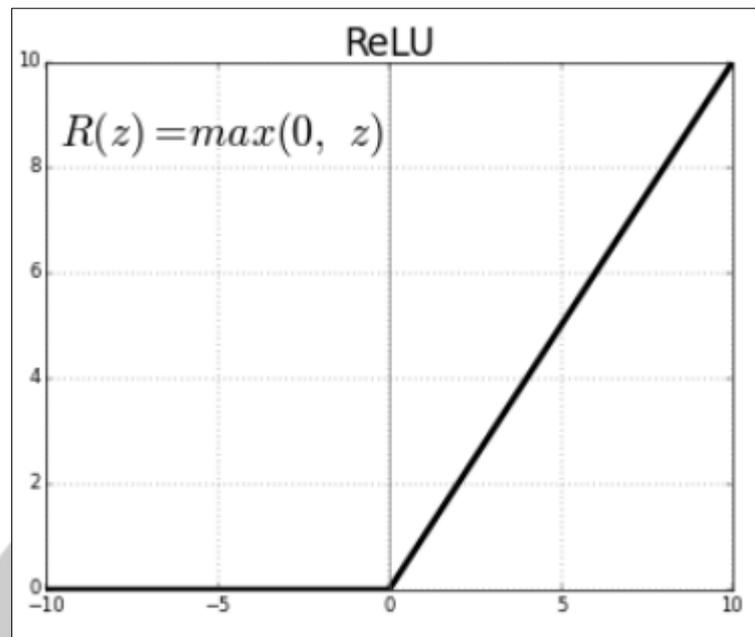


Gambar 3. 19Aktivasi tanh

Nilai input (x) akan diubah oleh aktivasi Tanh menjadi sebuah nilai yang memiliki rentang dari -1 sampai 1. Kelebihan dari aktivasi ini yaitu output yang dihasilkan berupa *zero centered*, walau kekurangan dari aktivasi ini dapat mematikan *gradient*. Fungsi aktivasi ini merupakan pengembangan dari Sigmoid.

Fungsi Aktivasi ReLU

Pada dasarnya fungsi ReLU (*Rectified Linear Unit*) melakukan “*threshol*” dari 0 hingga *infinity*. Fungsi ini merupakan fungsi aktivasi yang paling banyak digunakan saat ini karena membuat pembatas pada angka nol (0). Berikut ini grafik fungsi aktivasi ReLU:



Gambar 3. 20 Aktivasi ReLU

Jika bilangan neuron bernilai *negative* atau sama dengan nol(0), maka fungsi ini akan mengatur nilai tersebut menjadi nol (0). Namun, jika bilangan neuron bernilai positif, maka fungsi ini akan mengatur nilai tersebut berupa nilai positif itu sendiri. Secara matematis dapat ditulis sebagai berikut:

$$x \leq 0, \text{ maka } x = 0$$

$$x > 0, \text{ maka } x = x$$

Kelebihan dari fungsi ini adalah mampu mempercepat konvigurasi yang dipadukan dengan *Stochastic Gradient Descent*.

3.14 *Stochastic Gradient Descent*

Gradient Descent adalah salah satu algoritma paling populer dalam melakukan optimasi pada *artificial neural network*. Algoritma ini digunakan untuk mengupdate sebuah parameter dalam hal ini adalah bobot (*weight*) dan bias. Algoritma ini cukup sederhana untuk dipahami. Pada dasarnya algoritma

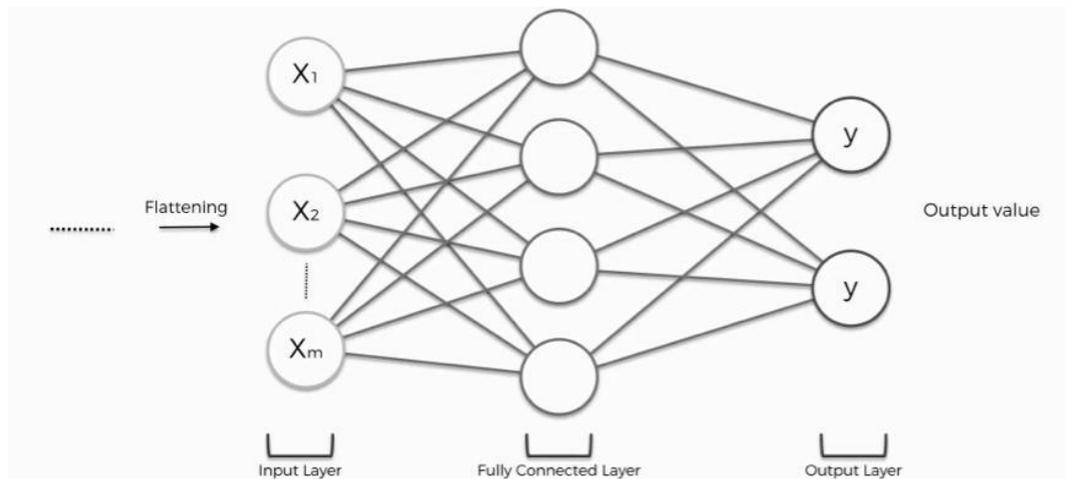
ini berfungsi untuk mengurangi inisial *weight* dengan “sebagian” dari nilai *gradient* yang sudah didapatkan. Tujuan pengoptimalan dari algoritma ini untuk menemukan parameter yang dapat meminimalkan *loss function* (Ruder, 2018). Tingkat laju belajar yang dimiliki pada SGD digunakan untuk menentukan langkah-langkah yang dapat diambil untuk mencapai titik minimum. Dapat dianalogikan dengan menuruni sebuah bukit hingga mencapai titik paling bawah. Setiap data pelatihan $x(i)$ serta label $y(i)$ parameternya akan diupdate dengan metode SGD ini.

3.15 Fully connected layer

Fully connected layer adalah lapisan dimana semua neuron aktivasi dari lapisan sebelumnya terhubung semua dengan neuron di lapisan selanjutnya seperti halnya jaringan saraf tiruan biasa. Setiap aktivasi dari lapisan sebelumnya perlu diubah menjadi data satu dimensi sebelum dapat dihubungkan ke semua neuron di fully connected layer. Lapisan ini biasanya digunakan pada metode Multi-Layer Perceptron (MLP) dan bertujuan untuk mengolah data sehingga bisa diklasifikasikan (Farhadi & Lodi Vahid, 2017).

Fully connected layer mengambil masukan dari hasil keluaran lapisan pooling yang berupa *feature map*. *Feature map* tersebut masih berbentuk multi dimensional array maka lapisan ini akan melakukan reshape feature map dan menghasilkan vektor sebanyak n-dimensi dimana n adalah jumlah kelas keluaran yang harus dipilih program. Misalnya lapisan terdiri dari 500 neuron, maka akan diterapkan softmax yang mengembalikan daftar probabilitas

terbesar untuk masing-masing 10 label kelas sebagai klasifikasi akhir dari jaringan (Alom, *et al.*, 2017). Gambar 3.10 menampilkan proses yang ada dalam *fully connected layer*.



Gambar 3. 21 *fully connected layer*