

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI**

#### **2.1. Tinjauan Pustaka**

Berikut ini adalah tinjauan pustaka yang digunakan dalam dokumen ini yang mengacu kepada beberapa penelitian tentang pengenalan pola tanda nomor kendaraan bermotor menggunakan metode *Convolutional Neural Network* diantaranya adalah sebagai berikut :

1. Andi Setiawan, dkk yang membuat penelitian tentang Sistem Pengenalan Plat Nomor Mobil untuk Aplikasi Informasi Karcis Parkir.
2. Donny Avianto yang membuat penelitian tentang Pengenalan Pola Karakter Nomor Kendaraan Menggunakan Algoritma Momentum Backpropagation Neural Network pada tahun 2016.
3. I Wayan Suartika E. P, dkk yang membuat penelitian tentang Klasifikasi Citra Menggunakan Convolutional Neural Network (CNN) pada Caltech 101.
4. Muhammad Syuhada yang membuat penelitian tentang Realisasi Pengenalan Plat Nomor Kendaraan dengan Metode Histogram Citra dan Jaringan Saraf Tiruan Backpropagation.
5. Reza Fuad Rachmadani dan Ketut Eddy Purnama yang membuat penelitian tentang Vehicle Color Recognition Using Convolutional Neural Network
6. Shrutia Saunshi, dkk yang membuat penelitian tentang Licence Plate Recognition Using Convolutional Neural Network
7. Teik Koon Cheang, dkk yang membuat penelitian tentang Segmentation-free Vehicle License Plate Recognition using ConNet-RNN
8. Xingcheng Luo, dkk yang membuat penelitian tentang A Deep Convolution Neural Network Model for Vehicle Recognition and Face Recognition

Tabel 2.1 Tinjauan Pustaka

Parameter Peneliti	Judul Penelitian	Metode Penelitian	Hasil
Andi Setiawan, dkk	Sistem Pengenalan Plat Nomor Mobil untuk Aplikasi Informasi Karcis Parkir	<i>Integral Proyeksi dan Feature Reduction PCA</i>	Hasil pengujian pengenalan pola kendaraan dengan menggunakan Integral Proyeksi menunjukkan tingkat keberhasilan pengenalan rata-rata sebesar 84,3%. Sedangkan pengenalan pola kendaraan dengan berdasarkan nilai kontribusi PCA dengan tingkat keberhasilan rata-rata sebesar 81.3%.
Donny Avianto (2016)	Pengenalan Pola Karakter Nomor Kendaan Menggunakan Algoritma Momentum Backpropagation Neural Network	<i>Momentum Backpropagation on Neural Network</i>	Pengenalan karakter menggunakan algoritma Momentum Backpropagation memberikan hasil yang menjanjikan dengan akurasi pengenalan karakter yang terbaik pada penelitian kali ini didapatkan dengan konfigurasi nilai laju belajar = 0,2 dan momentum = 0,7 untuk kedua jaringan.
I Wayan Suartika E. P, dkk	Klasifikasi Citra Menggunakan <i>Convolutional Neural Network</i> (CNN) pada Caltech 101	<i>Convolutional Neural Network</i>	Penelitian ini menghasilkan kesimpulan bahwa metode praproses dan metode klasifikasi dengan menggunakan <i>Convolutional Neural Network</i> cukup handal untuk menentukan kebenaran dari klasifikasi citra objek. Hal ini terbukti dengan hasil akurasi sebesar 20% sampai 50%. Perubahan tingkat confusion tidak mempengaruhi hasil akurasi.
Muhammad Syuhada	Realisasi Pengenalan Plat Nomor Kendaraan	<i>Image Histogram Method</i> dan	Penelitian ini menggunakan Algoritma <i>Backpropagation Neural Network</i> , penelitian ini

	dengan Metode Histogram Citra dan Jaringan Saraf Tiruan Backpropagation	<i>Neural Network Backpropagation</i>	menghasilkan kesimpulan bahwa meskipun pada perangkat pelatihan nilai kesalahan yang dihasilkan relative kecil, namun pada perangkat aplikasi masih belum bisa mengenali karakter secara sempurna. sistem yang dibuat sudah cukup baik dengan tingkat rata-rata kesalahan pelatihan 1.907% dan 1.963% serta tingkat pengujian sebesar 88% dan 60%.
Reza Fuad Rachmadani dan Ketut Eddy Purnama	Vehicle Color Recognition Using <i>Convolutional Neural Network</i>	<i>Convolutional Neural Network</i>	Hasil dari sistem pengenalan warna kendaraan menggunakan <i>Convolutional Neural Network</i> ini berhasil menangkap warna kendaraan dengan akurasi sangat tinggi, 94,47%. Dari percobaan tersebut, akurasi terbaik dicapai dengan menggunakan ruang warna RGB.
Shrutia Saunshi, dkk	Licence Plate Recognition Using Convolutional Neural Network	<i>Convolutional Neural Network</i>	Pengenalan karakter menggunakan <i>Convolutional Neural Network</i> yang dilatih pada sejumlah besar kumpulan data dapat meningkatkan tingkat keberhasilan lebih dari teknik pencocokan template untuk mengenali karakter yang digunakan sebelumnya.
Teik Koon Cheang, dkk	Segmentation-free Vehicle License Plate Recognition using ConNet-RNN	<i>Convolutional Neural Network (ConvNet) dan Recurrent Neural Network (RNN)</i>	Kerangka kerja CNN-RNN yang digunakan dalam pengenalan plat nomor kendaraan memiliki keunggulan pembelajaran fitur dan joint image / label embedding dengan menerapkan CNN dan RNN memodelkan urutan fitur dan label. Hasil pada dataset VLP yang digunakan menunjukkan

			bahwa Pendekatan yang diusulkan mencapai kinerja yang sebanding dengan metode rekayasa manual seperti metode sliding window.
Xingcheng Luoa, dkk	A Deep Convolution Neural Network Model for Vehicle Recognition and Face Recognition	<i>Convolution Neural Network</i>	Dalam tulisan ini digunakan jaringan sembilan lapis. Hasil pengenalan kendaraan, dan keakuratan pengenalan kendaraan mencapai lebih dari 92,2% dengan menggunakan Kerangka belajar yang dalam Caffe.

## 2.2. Dasar Teori

### 2.2.1. Kendaraan Bermotor

Menurut Undang-Undang 28 tahun 2009 Kendaraan bermotor adalah semua kendaraan beroda beserta gandengannya yang digunakan di semua jenis jalan darat, dan digerakkan oleh peralatan teknik berupa motor atau peralatan lainnya yang berfungsi untuk mengubah suatu sumber daya energi tertentu menjadi tenaga gerak kendaraan bermotor yang bersangkutan, termasuk alat-alat berat dan alat-alat besar yang dalam operasinya menggunakan roda dan motor dan tidak melekat secara permanen serta kendaraan bermotor yang dioperasikan di air. Termasuk dalam pengertian Kendaraan Bermotor adalah kendaraan bermotor beroda beserta gandengannya, yang dioperasikan di semua jenis jalan darat dan kendaraan bermotor yang dioperasikan di air dengan ukuran isi kotor GT 5 (lima *Gross Tonnage*) sampai dengan GT 7 (tujuh *Gross Tonnage*).

Dikecualikan dari pengertian Kendaraan Bermotor sebagaimana dimaksud diatas adalah :

- a. Kereta api
- b. Kendaraan Bermotor yang semata-mata digunakan untuk keperluan pertahanan dan keamanan Negara

- c. Kendaraan bermotor yang dimiliki dan/atau dikuasai kedutaan, konsulat, perwakilan negara asing dengan asas timbal balik dan lembaga-lembaga internasional yang memperoleh fasilitas pembebasan pajak dari Pemerintah dan objek Pajak lainnya yang ditetapkan dalam Peraturan Daerah.

### **2.2.2. Tanda Nomor Kendaraan Bermotor**

Menurut Peraturan Kepala Kepolisian Negara Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2012 Tanda Nomor Kendaraan Bermotor yang selanjutnya disingkat TNKB adalah tanda registrasi dan identifikasi kendaraan bermotor yang berfungsi sebagai bukti legitimasi pengoperasian kendaraan bermotor berupa pelat atau berbahan lain dengan spesifikasi tertentu yang diterbitkan Polri dan berisikan kode wilayah, nomor registrasi, serta masa berlaku dan dipasang pada kendaraan bermotor.

Menurut Undang-Undang RI No. 22 Tahun 2009 Pasal 68 setiap kendaraan bermotor yang dioperasikan di jalan wajib dilengkapi dengan Surat Tanda Nomor Kendaraan Bermotor dan Tanda Nomor Kendaraan Bermotor. Surat Tanda Nomor Kendaraan Bermotor memuat data kendaraan bermotor, identitas pemilik, nomor registrasi kendaraan bermotor, masa berlaku dan kode wilayah. Tanda Nomor Kendaraan Bermotor harus memenuhi syarat bentuk, ukuran, bahan dan cara pemasangan.

### **2.2.3. Citra**

Pengertian citra menurut Murni (1992) adalah keluaran suatu sistem perekaman data yang dapat bersifat optik berupa foto, bersifat analog berupa sinyal-sinyal video seperti gambar pada monitor televisi, atau bersifat digital sehingga dapat disimpan langsung pada suatu pita magnetik. Sedangkan menurut Banks (1990) citra diartikan sebagai representasi dua dimensi dari bentuk 3 dimensi yang nyata. Bentuknya dapat bervariasi dari foto hitam putih hingga sebuah gambar bergerak dari TV berwarna.

Citra dapat dikelompokkan menjadi empat kelas berdasarkan presisi yang digunakan untuk menyatakan titik-titik koordinat dan untuk menyatakan nilai/tingkat keabuan (gray scale) atau warna suatu citra, yaitu:

1. Citra kontinu-kontinu
2. Citra kontinu-diskrit

3. Citra diskrit-kontinu
4. Citra diskrit-diskrit

Label pertama menyatakan presisi dari titik-titik koordinat pada bidang citra, sedangkan label kedua menyatakan tingkat keabuan atau warna. Kontinu dinyatakan dengan presisi angka tak terhingga sedangkan diskrit dinyatakan dengan presisi angka tertentu.

#### 2.2.4. Citra Digital

Citra digital merupakan suatu array dua dimensi atau suatu matriks yang elemen-elemennya menyatakan tingkat keabuan dari elemen citra tersebut (Murni, 1992). Untuk mengubah citra yang bersifat kontinu menjadi citra digital, diperlukan proses pembuatan kisi-kisi arah horizontal dan vertikal, sehingga diperoleh gambar dalam bentuk array dua dimensi. Proses tersebut dikenal sebagai proses dijitasi atau sampling. Setiap elemen array tersebut dikenal sebagai elemen gambar atau piksel (pixel) yang merupakan singkatan dari picture element. Tingkat keabuan setiap piksel dinyatakan dengan suatu harga integer.

Hubungan yang ada antara piksel-piksel, antara lain.

1. *Neighbours of a pixel*

Dimisalkan piksel F terletak di koordinat  $(x, y)$ , maka yang disebut delapan *neighbours* (*neighbours of a pixel*) atau N 8 (F) adalah piksel-piksel yang memiliki koordinat:

$(x+1, y)$ ,  $(x-1, y)$ ,  $(x, y+1)$ ,  $(x, y-1)$ ,  $(x+1, y+1)$ ,  $(x-1, y+1)$ ,  $(x+1, y-1)$ , dan  $(x-1, y-1)$ .

**Tabel 2.2** Posisi *Neighbours of a Pixel*

$(x-1, y-1)$	$(x, y+1)$	$(x+1, y-1)$
$(x-1, y)$	$(x, y)$	$(x+1, y)$
$(x-1, y+1)$	$(x, y+1)$	$(x+1, y+1)$

## 2. Konektivitas (*Connectivity*)

Konektivitas antara piksel yang satu dengan yang lainnya ditentukan selain oleh letaknya, juga oleh toleransi skala warna yang terdapat dalam citra.

(Gonzales dan Woods, 1993)

### 2.2.5. Model Warna RGB

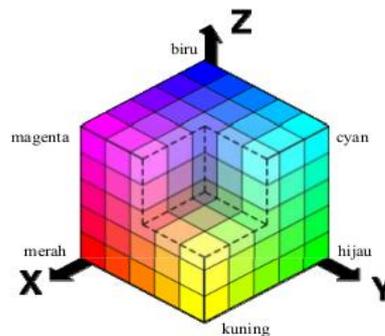
Sesuai dengan namanya, RGB merupakan model warna yang menggunakan tiga warna dasar, yaitu merah (*red*), hijau (*green*), dan biru (*blue*), dimana masing-masing warna memiliki tingkat intensitas warna dari 0 sampai dengan 255, yang menyatakan tingkat keterangan warna mulai dari yang paling gelap hingga yang paling terang. Memang tidak semua warna dapat diperoleh dengan menggunakan variasi nilai dari ketiga warna tersebut, akan tetapi sebagian warna yang diperlukan sudah tercakup dalam model warna RGB ini. Banyaknya warna yang dapat dibentuk oleh model warna RGB ini adalah  $256$  (intensitas piksel merah)  $\times$   $256$  (intensitas piksel hijau)  $\times$   $256$  (intensitas piksel biru), hasilnya lebih kurang enam belas juta tujuh ratus ribu warna, merupakan varian warna yang sangat banyak.

Sebuah citra berwarna dapat dibentuk dengan mengatur nilai dari tingkat kecerahan gambar pada setiap piksel, dengan menggunakan warna-warna dasar seperti merah, hijau, dan biru dari cahaya yang terdeteksi. Salah satu caranya dapat dilakukan dengan menggunakan sebuah kamera digital, dimana sensornya dapat mengukur radiasi panjang gelombang dari merah, hijau, dan biru untuk semua titik dalam citra. Adapun arsitektur warna dari model warna RGB sebagai berikut:

1. Warna merah akan terbentuk jika piksel hijau dan biru bernilai 0, sedangkan piksel merah bernilai antara 1 – 254.
2. Warna hijau akan terbentuk jika piksel merah dan biru bernilai 0, sedangkan piksel hijau bernilai antara 1 – 254.
3. Warna biru akan terbentuk jika piksel merah dan hijau bernilai 0, sedangkan piksel biru bernilai antara 1 – 254.
4. Warna kuning akan terbentuk jika hanya piksel biru saja yang bernilai 0, sedangkan piksel merah dan hijau bernilai sama besar.

5. Warna magenta akan terbentuk jika hanya piksel hijau saja yang bernilai 0, sedangkan piksel merah dan biru bernilai sama besar.
6. Warna cyan akan terbentuk jika hanya piksel merah saja yang bernilai 0, sedangkan piksel hijau dan biru bernilai sama besar.
7. Warna keabuan akan terbentuk jika semua warna dasar RGB bernilai sama.
8. Warna hitam akan terbentuk jika semua warna dasar RGB bernilai 0.
9. Warna putih akan terbentuk jika semua warna dasar RGB bernilai 255.
10. Selain kesembilan penjelasan di atas, warna yang dibentuk merupakan varian model warna RGB.

Ilustrasi dan penjelasan dari model warna RGB dapat dilihat pada gambar di bawah ini :



**Gambar 2.1** Model Warna RGB

### 2.2.6. Pengolahan Citra (*Image Processing*)

Menurut Murni pengolahan citra merupakan proses pengolahan dan analisis citra yang banyak melibatkan persepsi visual. Proses ini mempunyai ciri data masukan dan informasi keluaran berbentuk citra. Teknik pengolahan citra menggunakan komputer untuk mendigitasi pola bayangan dan warna dari gambar yang sudah tersedia. Informasi yang telah terdigitasi ini kemudian ditransfer ke layar dari monitor video. Pengolahan citra banyak digunakan dalam dunia fotografi (misalnya mengubah intensitas cahaya sebuah foto), dunia perfilman (animasi), dunia kedokteran (untuk membuat analisa medis), dan dunia game.

### 2.2.7. Binerisasi

Binerisasi merupakan sebuah metode untuk mengubah citra keabuan menjadi citra biner. Citra biner adalah citra digital yang hanya memiliki dua

kemungkinan nilai pixel yaitu hitam dan putih. Citra biner juga disebut sebagai citra B&W (*Black and White*) atau citra monokrom. Citra biner sering kali muncul sebagai hasil dari proses pengolahan seperti segmentasi, pengembangan, morfologi, ataupun dithering. (Putra, 2010)

Binerisasi dilakukan agar objek yang diinginkan dalam gambar dapat terpisah dari latar belakangnya (Jain, Kasturi, dan Schunck, 1995). Pengertian serupa juga diungkapkan oleh Davies (1990) yang mengatakan bahwa binerisasi adalah sebuah metode untuk mengubah citra keabuan menjadi citra biner dengan objek terlihat hitam sedangkan latar belakang berwarna putih.

Tujuan dari binerisasi adalah untuk memisahkan piksel yang mempunyai nilai keabuan (*grey level*) lebih tinggi dengan yang lebih rendah. Piksel yang nilai keabuannya lebih tinggi akan diberi nilai biner 1, sedangkan piksel dengan nilai keabuan lebih rendah akan diberi nilai biner 0. Pemberian nilai biner dapat pula dibalik, disebut binerisasi terbalik (*inverse thresholding*), untuk lebih memperjelas objek yang diteliti. Sebagai contoh, pada plat nomor kendaraan bermotor, bila dilakukan binerisasi terbalik, maka karakter hasil binerisasi akan terlihat hitam dan latar belakang terlihat putih. Berdasarkan penentuan nilai ambangnya, binerisasi dibedakan menjadi 2 macam, yaitu:

1. *Fixed threshold*, nilai ambang dipilih secara independen
2. *Histogram derived thresholding*, nilai ambang ditentukan secara otomatis berdasarkan histogram

### **2.2.8. Segmentasi**

Segmentasi menurut Ramesh Jain, Kasturi, dan Schunck (1995) diartikan sebagai sebuah metode untuk membagi sebuah gambar menjadi sub-sub gambar yang disebut area (*region*). Ada 2 pendekatan yang dapat digunakan untuk membagi gambar-gambar menjadi daerah-daerah tertentu (Jain, Kasturi, Schunck, 1995):

1. *Region-based*
2. *Boundary estimation* menggunakan *edge detection*

Pada pendekatan *region-based*, semua piksel yang berkorespondensi dengan sebuah objek dikelompokkan bersama dan diberikan flag yang menandakan bahwa

mereka merupakan satu area. Dua prinsip yang penting dalam pendekatan ini adalah value similiarity dan spatial proximity. Dua piksel dapat dikelompokkan menjadi satu bila mempunyai karakteristik intensitas yang serupa atau bila keduanya memiliki jarak yang berdekatan. Sedangkan pada pendekatan boundary estimation menggunakan edge detection, segmentasi dilakukan dengan menemukan piksel-piksel yang terletak pada batas area. Piksel-piksel tersebut (yang disebut edges) dapat diperoleh dengan melihat piksel-piksel yang bertetangga (neighbouring pixels).

### 2.2.9. Pengenalan Pola (*Pattern Recognition*)

Pengenalan pola memiliki arti bidang studi yang melakukan proses analisis gambar yang bentuk masukannya adalah gambar itu sendiri atau dapat juga berupa citra digital dan bentuk keluarannya adalah suatu deskripsi (Murni, 1992). Tujuan dari adanya pengenalan pola ini adalah untuk meniru kemampuan manusia (otak manusia) dalam mengenali suatu objek/pola tertentu. Berdasarkan pendapat (Bow, 1982), objek/pola yang dapat dikenali ada 2 macam :

#### 1. Abstrak

Contoh bentuk abstrak antara lain adalah ide dan argumen. Pengenalan untuk bentuk semacam ini misalnya dengan *conceptual recognition*.

#### 2. Konkrit

Bentuk konkrit contohnya karakter, simbol, gambar, tanda tangan, tulisan tanagn, gelombang suara (speech waveform), dll. Pengenalan untuk bentuk semacam ini misalnya ICR (Intelligence Character Recognition), OCR (Optical Character Recognition), handwriting recognition, dll.

Teknik pattern recognition yang umum (Pearson, 1991):

#### 1. *Template matching*

*Template matching* merupakan teknik pengenalan pola yang paling sederhana. Pola identifikasi dengan cara membandingkan pola masukan (*input pattern*) dengan daftar representasi pola yang sudah disimpan. Representasi pola yang sudah disimpan tersebut disebut *template*.

2. Metode statistik (*statistical method*)

Teknik pengenalan pola secara statistik (disebut juga *decision-theoretic technique*) menentukan masukan yang bagaimanakah yang termasuk ke dalam suatu kelas tertentu.

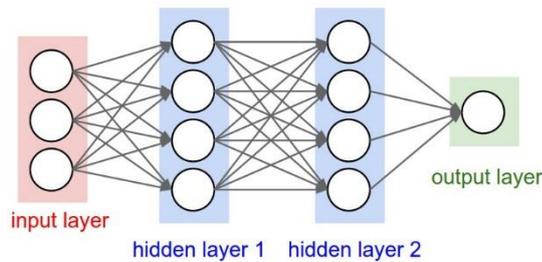
3. Teknik struktural atau semantic (*structural or semantic technique*)

Prinsip dari teknik ini adalah pengamatan terhadap banyak pola yang berstruktur dan dapat diekspresikan sebagai komposisi dari sub-sub pola. Oleh karena itu, pola dapat ditentukan dengan sebuah kalimat dari pola sederhana yang primitive (misalnya garis lurus dan garis lengkung). Contoh penggunaan pengenalan pola: pengenalan huruf kanji, analisa medis, interpretasi citra suatu area/daerah.

#### **2.2.10. Convolutional Neural Network (CNN)**

*Convolutional Neural Network* (CNN) adalah pengembangan dari *Multilayer Perceptron* (MLP) yang didesain untuk mengolah data dua dimensi. CNN termasuk dalam jenis *Deep Neural Network* karena kedalaman jaringan yang tinggi dan banyak diaplikasikan pada data citra. Pada kasus klasifikasi citra, MLP kurang sesuai untuk digunakan karena tidak menyimpan informasi spasial dari data citra dan menganggap setiap piksel adalah fitur yang independen sehingga menghasilkan hasil yang kurang baik. CNN pertama kali dikembangkan dengan nama NeoCognitron oleh Kunihiko Fukushima, seorang peneliti dari NHK Broadcasting Science Research Laboratories, Kinuta, Setagaya, Tokyo, Jepang. Konsep tersebut kemudian dimatangkan oleh Yann LeChun, seorang peneliti dari AT&T Bell Laboratories di Holmdel, New Jersey, USA. Model CNN dengan nama LeNet berhasil diterapkan oleh LeChun pada penelitiannya mengenai pengenalan angka dan tulisan tangan. Pada tahun 2012, Alex Krizhevsky dengan penerapan CNN miliknya berhasil menjuarai kompetisi ImageNet Large Scale Visual Recognition Challenge 2012. Prestasi tersebut menjadi momen pembuktian bahwa metode *Deep Learning*, khususnya CNN. Metode CNN terbukti berhasil mengungguli metode *Machine Learning* lainnya seperti SVM pada kasus klasifikasi objek pada citra.

Cara kerja CNN memiliki kesamaan pada MLP, namun dalam CNN setiap neuron dipresentasikan dalam bentuk dua dimensi, tidak seperti MLP yang setiap neuron hanya berukuran satu dimensi.

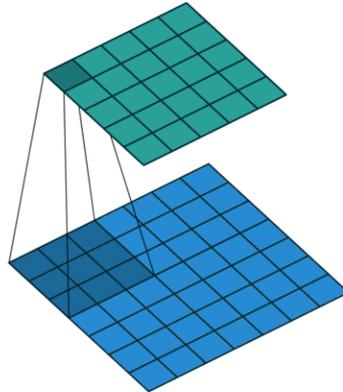


**Gambar 2.2** Arsitektur MLP Sederhana

Sebuah MLP seperti pada Gambar. 1. memiliki  $i$  layer (kotak merah dan biru) dengan masing-masing layer berisi  $j$  neuron (lingkaran putih). MLP menerima input data satu dimensi dan mempropagasikan data tersebut pada jaringan hingga menghasilkan output. Setiap hubungan antar neuron pada dua layer yang bersebelahan memiliki parameter bobot satu dimensi yang menentukan kualitas mode. Di setiap data input pada layer dilakukan operasi linear dengan nilai bobot yang ada, kemudian hasil komputasi akan ditransformasi menggunakan operasi non linear yang disebut sebagai fungsi aktivasi.

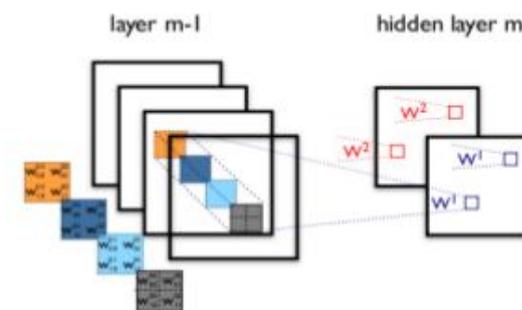
Pada CNN, data yang dipropagasikan pada jaringan adalah data dua dimensi, sehingga operasi linear dan parameter bobot pada CNN berbeda. Pada CNN operasi linear menggunakan operasi konvolusi, sedangkan bobot tidak lagi satu dimensi saja, namun berbentuk empat dimensi yang merupakan kumpulan kernel konvolusi seperti pada Gambar.2. Dimensi bobot pada CNN adalah:

$$\text{neuron input} \times \text{neuron output} \times \text{tinggi} \times \text{lebar}$$



**Gambar 2.3** Ilustrasi Proses Konvolusi

Karena sifat proses konvolusi, maka CNN hanya dapat digunakan pada data yang memiliki struktur dua dimensi seperti citra dan suara.



**Gambar 2.4** Proses Konvolusi pada CNN

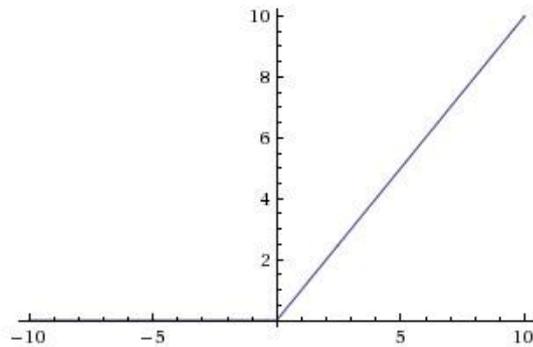
### 2.2.11. ReLu (Rectified Linear Unit)

ReLU merupakan fungsi aktivasi pada *Artificial Neural Network* yang saat ini banyak digunakan dikarenakan, berikut rumus ReLU.

$$f(x) = \max(x, 0)$$

Dimana  $x$  adalah input *neuron* ini juga dikenal sebagai fungsi *ramp* dan analog dengan rektifikasi *half-wave* pada teknik elektro. Unit linier yang dikoreksi memiliki output 0 jika input kurang dari 0, dan output mentah dinyatakan. Artinya, jika input lebih besar dari 0, outputnya sama dengan input. Fungsi ReLU lebih mirip *neuron* seperti pada tubuh manusia. Aktivasi ReLU pada dasarnya sebuah fungsi aktivasi non-linier yang paling sederhana. Bila mendapat input positif, turunannya hanya 1, dengan kata lain, aktivasi hanya men-threshold pada nilai nol. Penelitian

menunjukkan bahwa ReLu menghasilkan pelatihan yang lebih cepat untuk jaringan besar.



**Gambar 2.5** Grafik Fungsi Aktifasi ReLu

### 2.2.12. Python

Python merupakan salah satu contoh bahasa tingkat tinggi. Contoh lain bahasa tingkat tinggi adalah Pascal, C++, Pert, Java, dan sebagainya. Sedangkan bahasa tingkat rendah merupakan bahasa mesin atau bahasa assembly. Secara sederhana, sebuah komputer hanya dapat mengeksekusi program yang ditulis dalam bentuk bahasa mesin. Oleh karena itu, jika suatu program ditulis dalam bentuk bahasa tingkat tinggi, maka program tersebut harus diproses dulu sebelum bisa dijalankan dalam komputer. Hal ini merupakan salah satu kekurangan bahasa tingkat tinggi yang memerlukan waktu untuk memproses suatu program sebelum program tersebut dijalankan. Akan tetapi, bahasa tingkat tinggi mempunyai banyak sekali keuntungan. Bahasa tingkat tinggi mudah dipelajari, mudah ditulis, mudah dibaca, dan tentu saja mudah dicari kesalahannya. Bahasa tingkat tinggi juga mudah diubah portabel untuk disesuaikan dengan mesin yang menjalankannya. Hal ini berbeda dengan bahasa mesin yang hanya dapat digunakan untuk mesin tersebut. Dengan berbagai kelebihan ini, maka banyak aplikasi ditulis menggunakan bahasa tingkat tinggi. Proses mengubah bentuk bahasa tingkat tinggi ke tingkat rendah dalam bahasa pemrograman ada dua tipe, yakni interpreter dan compiler. (Utami, 2004)

### **2.2.13. TensorFlow**

TensorFlow adalah perpustakaan perangkat lunak, yang dikembangkan oleh Tim Google Brain dalam organisasi penelitian Mesin Cerdas Google, untuk tujuan melakukan pembelajaran mesin dan penelitian jaringan syaraf dalam. TensorFlow kemudian menggabungkan aljabar komputasi teknik pengoptimalan kompilasi, mempermudah penghitungan banyak ekspresi matematis dimana masalahnya adalah waktu yang dibutuhkan untuk melakukan perhitungan. Fitur utamanya meliputi:

1. Mendefinisikan, mengoptimalkan, dan menghitung secara efisien ekspresi matematis yang melibatkan array multi dimensi (tensors).
2. Pemrograman pendukung jaringan syaraf dalam dan teknik pembelajaran mesin
3. Penggunaan GPU yang transparan, mengotomatisasi manajemen dan optimalisasi memori yang sama dan data yang digunakan. Tensorflow bisa menulis kode yang sama dan menjalankannya baik di CPU atau GPU. Lebih khusus lagi, TensorFlow akan mengetahui bagian perhitungan mana yang harus dipindahkan ke GPU.
4. Skalabilitas komputasi yang tinggi di seluruh mesin dan kumpulan data yang besar.