

## **BAB II**

### **LANDASAN TEORI**

Bab ini membahas mengenai beberapa penelitian sebelumnya yang terkait dengan alat bantu bagi penyandang tunanetra. Pada bab ini juga, membahas mengenai teori-teori yang melandasi pembuatan alat pemandu arah dengan output suara menggunakan sensor ultrasonik dan kamera untuk penyandang tunanetra.

#### **2.1 Tinjauan Pustaka**

Beberapa peneliti sebelumnya telah melakukan penelitian terhadap alat bantu bagi penyandang tunanetra. Pada penelitian sebelumnya, terdapat kekurangan yang menjadikan penelitian tersebut dapat dikembangkan. Berikut merupakan beberapa penelitian terkait alat bantu bagi penyandang tunanetra.

##### **2.1.1 Alat Bantu Tongkat Bagi Penyandang Tunanetra**

Penyandang tunanetra memiliki keterbatasan dalam bergerak yang menyebabkan mereka memerlukan alat bantu. Alat bantu yang umum digunakan oleh penyandang tunanetra adalah sebuah tongkat, namun ternyata tidak semua penyandang tunanetra menggunakan tongkat dalam melakukan aktivitas atau dalam bergerak. Hal tersebut dijadikan sebuah penelitian oleh beberapa peneliti, diantaranya Affifah Azzahro dan Dedy Kurniadi yang melakukan penelitian terhadap siswa tunanetra di sebuah Sekolah Menengah Atas Luar Biasa (SMALB) [1]. Adapun Neno Azni Khamil dan Asep Ahmad Sopandi yang melakukan penelitian terhadap tunanetra di salah satu Sekolah [2].

Pada kedua penelitian tersebut menyimpulkan terdapat beberapa penyandang tunanetra yang tidak menggunakan tongkat sebagai alat bantu dalam bergerak atau

beraktivitas karena berbagai alasan. Beberapa alasan tersebut meliputi; adanya rasa malu ketika menggunakan tongkat, saat menggunakan tongkat dapat menyebabkan salah arah dan menabrak, pergerakan yang menjadi lambat dan terhambat apabila menggunakan tongkat, dan adanya perasaan tidak nyaman saat menggunakan tongkat.

#### 2.1.2 Tongkat Navigasi Tunanetra Berbasis Arduino Atmega 328 Menggunakan Sensor Ultrasonik

Sulistyo, dkk. menilai bahwa, menggunakan tongkat yang ada dipasaran menjadi kurang efektif, karena hanya dapat membaca penghalang dari satu arah [3]. Oleh karena itu, mereka merancang sebuah tongkat yang dapat membaca penghalang dari berbagai arah secara otomatis yaitu arah kanan, arah kiri, dan arah depan. Tongkat tersebut dilengkapi dengan sensor ultrasonik serta *buzzer* dan motor fibrasi sebagai indikator.

Sensor ultrasonik digunakan untuk mendeteksi adanya sebuah objek yang menjadi penghalang. Ketika sensor mendeteksi adanya penghalang, maka akan mengaktifkan sebuah *buzzer* dan motor fibrasi sebagai indikator untuk penyandang tunanetra. Arah yang tidak terdapat penghalang atau arah yang harus dituju oleh penyandang tunanetra dibedakan berdasarkan durasi dari aktifnya indikator. Pada alat yang dirancang tersebut terdapat kekurangan, yaitu alat tersebut masih menggunakan sebuah tongkat.

### 2.1.3 Rancang Bangun Alat Penuntun Arah Untuk Penyandang Tuna Netra dengan Output Suara Berbasis Mikrokontroler

Dede Samsudin merancang sebuah alat penuntun arah untuk penyandang tunanetra tanpa sebuah tongkat [6]. Alat tersebut dipasang pada tubuh penyandang tunanetra. Alat penuntun arah ini, menggunakan sensor ultrasonik untuk mendeteksi adanya objek yang menghalangi. Selain menggunakan sensor ultrasonik, digunakan sensor kompas untuk mendeteksi kemana penyandang tunanetra sedang menghadap. Output dari alat ini berupa suara kemana penyandang tunanetra harus bergerak yang tidak terdapat penghalang, dan kemana penyandang tunanetra sedang menghadap.

Pada alat penuntun arah untuk penyandang tunanetra dengan menggunakan sensor ultrasonik dan kamera ini memiliki kekurangan. Kekurangan pada alat ini, yaitu tidak bisa mendeteksi adanya sebuah tangga, sehingga akan dianggap sebagai sebuah penghalang atau tidak ada penghalang. Sebuah tangga yang tidak bisa terdeteksi dapat membahayakan bagi penyandang tunanetra, karena saat ini di sudah banyak sebuah fasilitas umum atau gedung bertingkat yang tentunya terdapat sebuah tangga didalamnya.

### 2.1.4 Rancang Bangun Alat Penuntun Arah Untuk Penyandang Tunanetra Dengan Output Suara Berbasis Raspberry Pi Menggunakan Kamera

Asep Saipudin merancang sebuah alat penuntun arah untuk penyandang tunanetra tanpa sebuah tongkat [5]. Alat yang dirancang ini sama seperti alat sebelumnya, yaitu menggunakan sensor ultrasonik sebagai pendeteksi objek yang menghalangi. Selain menggunakan sensor ultrasonik, alat ini dilengkapi dengan

kamera untuk mendeteksi objek apa yang menghalangi. Objek yang dapat dideteksi yaitu meja, kursi, dan lemari. Output yang dihasilkan dalam bentuk suara yang akan memberitahu kemana penyandang tunanetra harus bergerak. Sama halnya dengan alat penuntun arah yang sudah ada sebelumnya, alat ini memiliki kekurangan. Kekurangan dari alat ini yaitu, tidak bisa mendeteksi adanya tangga.

## 2.2 Raspberry Pi

Raspberry Pi adalah komputer *singleboard* berukuran kecil [7]. Sama halnya seperti komputer pada umumnya, Raspberry Pi membutuhkan *keyboard*, *mouse*, unit *display* dan catu daya [8]. Sebagai media penyimpanan, Raspberry Pi menggunakan kartu SD. Raspberry Pi terdiri dari beberapa model dari, yaitu Raspberry Pi 1, Raspberry Pi 2, Raspberry Pi 3, Model A, Model A+, Model B, dan Model B+. Semua model tersebut kompatibel satu sama lain, sehingga *software* untuk salah satu model, dapat digunakan pada model lainnya.



**Gambar 2.1** Bentuk Fisik Raspberry Pi 3

Raspberry Pi 3 terdiri dari beberapa port dan komponen yang memiliki fungsinya masing-masing. Beberapa port dan komponen pada Raspberry Pi 3 ditunjukkan oleh nomor-nomor yang terdapat pada **Gambar 2.1**. Berikut merupakan beberapa nama serta fungsi dari port dan komponen tersebut.

1. *System on Chip* (SOC)

SOC merupakan sebuah prosesor pada Raspberry Pi. SOC yang digunakan yaitu BCM2837 dengan kecepatan 1,2 GHz.

2. *Random Access Memory* (RAM)

RAM merupakan sebuah media penyimpanan sementara. Ketika Raspberry Pi dimatikan, maka data akan ditulis dan disimpan ke dalam mikro SD. RAM pada Raspberry Pi ini sebesar 1 GB.

3. Port USB dan Port *Ethernet*

Raspberry Pi 3 memiliki beberapa port, yaitu 4 buah port USB tipe 2.0 dan sebuah port *ethernet*. Port USB dapat dihubungkan dengan beberapa perangkat lainnya, seperti *keyboard* dan *mouse*. Port *ethernet* dapat digunakan untuk menghubungkan ke jaringan komputer dengan menggunakan konektor RJ45. Bagian bawah pada port *ethernet* ini, terdapat 2 buah LED indikator.

4. *Jack* Audio dan Vidio

Pada Raspberry Pi3 terdapat jack audio-vidio yang berukuran 3,5 mm. Selain digunakan untuk mendapatkan suara yang dapat dihubungkan dengan *speaker* atau *headphone*, jack ini juga dapat dihubungkan ke TV, proyektor, dan tampilan lain yang mendukung.

5. *Camera Serial Interface (CSI)*

CSI ini dihubungkan dengan sebuah modul kamera yang dirancang khusus.

6. *Port High-Definition Multimedia Interface (HDMI)*

Port HDMI merupakan audio-vidio *output* yang digunakan untuk menghubungkan Raspberry Pi pada monitor.

7. *USB Power Port*

USB *power port* ini digunakan untuk menghubungkan Raspberry Pi dengan sumber listrik.

8. *General-Purpose Input/Output (GPIO)*

Port GPIO yang dimiliki oleh Raspberry Pi 3 yaitu sebanyak 40 pin. Fungsi dari pin-pin tersebut dapat dilihat pada **Gambar 2.2**. Warna kuning menandakan pin yang digunakan untuk GPIO. Warna merah menandakan pin yang digunakan untuk sumber, diantaranya untuk 3,3 V dan 5,5 V. Warna hitam menandakan pin yang digunakan untuk *ground* (GND). Warna jingga menandakan pin yang digunakan untuk *Serial Peripheral Interface* (SPI). Warna hijau menandakan pin yang digunakan untuk I2C. Warna biru muda menandakan pin yang digunakan untuk *Universal Asynchronous Receiver-Transmitter* (UART). Warna putih menandakan pin yang tidak dapat digunakan, disediakan untuk fungsi internal dari BCM2837.

	Pin No.		
3.3V	1	2	5V
GPIO2	3	4	5V
GPIO3	5	6	GND
GPIO4	7	8	GPIO14
GND	9	10	GPIO15
GPIO17	11	12	GPIO18
GPIO27	13	14	GND
GPIO22	15	16	GPIO23
3.3V	17	18	GPIO24
GPIO10	19	20	GND
GPIO9	21	22	GPIO25
GPIO11	23	24	GPIO8
GND	25	26	GPIO7
DNC	27	28	DNC
GPIO5	29	30	GND
GPIO6	31	32	GPIO12
GPIO13	33	34	GND
GPIO19	35	36	GPIO16
GPIO26	37	38	GPIO20
GND	39	40	GPIO21

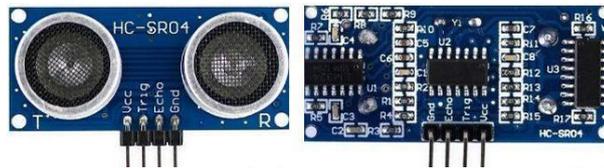
**Gambar 2.2** Pin Pada Port GPIO

## 2.2 Sensor Ultrasonik HC SR-04

Sensor ultrasonik merupakan sensor yang dapat digunakan untuk mengukur jarak dan mendeteksi keberadaan objek tanpa adanya kontak fisik. Sensor ultrasonik memanfaatkan pantulan gelombang ultrasonik. Gelombang ultrasonik adalah gelombang suara yang tidak dapat didengar oleh manusia. Sensor ultrasonik HC SR-04 memiliki spesifikasi seperti pada **Tabel 2.1**. **Gambar 2.3** merupakan bentuk fisik dari sensor ultrasonik HC SR-04. Sensor ini memiliki dua bagian, yaitu bagian pemancar (*transmitter*) dan bagian penerima (*receiver*).

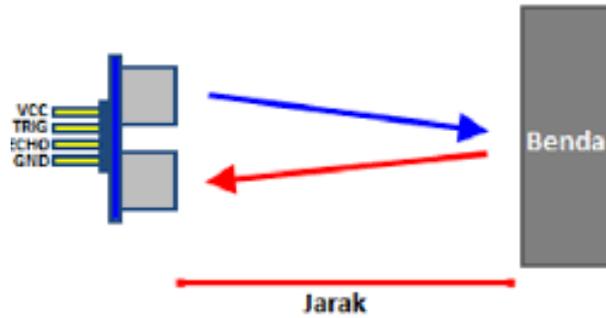
**Tabel 2.1** Spesifikasi Sensor Ultrasonik HC SR-04

Tegangan Kerja	5 V
Arus Kerja	15 mA
Frekuensi Kerja	40 Hz
Jarak Maksimum	400 cm
Jarak Minimum	2 cm



**Gambar 2.3** Sensor Ultrasonik HC SR-04

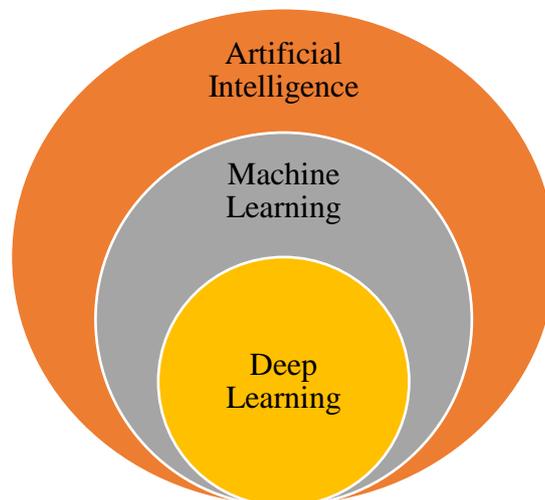
Sensor ultrasonik akan memancarkan gelombang ultrasonik pada suatu objek yang berada dalam bidang pandang sensor. Gelombang ultrasonik tersebut akan dipantulkan kembali oleh objek dan diterima oleh sensor. Sebagaimana prinsip kerja tersebut seperti pada **Gambar 2.4**. Setelah sensor menerima gelombang pantul, sensor akan menghitung selisih antara waktu pengiriman gelombang dengan waktu gelombang pantul diterima. Oleh karena itu sensor ini dapat mengukur jarak suatu benda. Besar amplitudo sinyal yang dihasilkan *receiver* dipengaruhi oleh jauh dekatnya objek yang dideteksi [9].



**Gambar 2.4** Prinsip Kerja Sensor Ultrasonik

### 2.3 Kecerdasan Buatan atau *Artificial Intelligence* (AI)

Kecerdasan buatan lahir pada tahun 1950-an, ketika segelintir pelopor dari bidang ilmu komputer mulai bertanya apakah komputer dapat dibuat untuk "berpikir". Kecerdasan buatan adalah upaya untuk mengotomatiskan tugas-tugas intelektual yang biasanya dilakukan oleh manusia. Kecerdasan buatan mencakup *machine learning* dan *deep learning* [10], seperti yang terlihat pada **Gambar 2.5**.



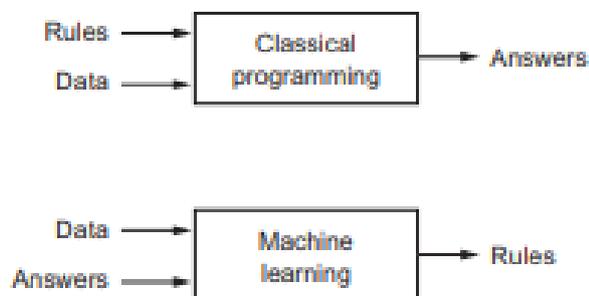
**Gambar 2.5** Hubungan AI, *Machine Learning* dan *Deep Learning*

Kecerdasan buatan simbolik yang merupakan paradigma dominan dalam AI dari tahun 1950-an hingga akhir 1980-an. Kecerdasan buatan simbolik adalah kecerdasan buatan tingkat manusia dengan seperangkat aturan eksplisit yang cukup

besar untuk memanipulasi pengetahuan. AI simbolik terbukti cocok untuk memecahkan masalah logis yang terdefinisi dengan baik [11]. Namun, AI simbolik sulit untuk mengetahui aturan eksplisit untuk memecahkan masalah yang lebih kompleks dan tidak jelas, seperti klasifikasi gambar, pengenalan ucapan, dan terjemahan bahasa. Oleh karena itu, muncul sebuah pendekatan baru, yaitu *machine learning*.

## 2.4 *Machine Learning*

*Machine learning* berkembang pada tahun 1990-an, *machine learning* merupakan subbidang AI yang memiliki ketersediaan perangkat keras yang lebih cepat dan kumpulan data yang lebih besar [12]. *Machine learning* cenderung menangani kumpulan data yang besar dan kompleks, seperti kumpulan data jutaan gambar yang masing-masing terdiri dari puluhan ribu piksel).



**Gambar 2.6** Paradigma AI dan *Machine Learning*

Seperti pada **Gambar 2.6** AI simbolik mempunyai input aturan manusia (program) dan data untuk diproses sesuai aturan dan output sebuah jawaban. Sedangkan, pada *machine learning* manusia memasukkan data serta jawaban yang diharapkan dari data tersebut, dan menghasilkan sebuah aturan. Aturan dari output

*machine learning* ini dapat diterapkan pada data baru, untuk menghasilkan jawaban yang sebenarnya.

*Machine learning* secara teknis [13], yaitu: mencari representasi yang berguna dari beberapa data input, dalam ruang kemungkinan yang telah ditentukan sebelumnya, menggunakan panduan dari sinyal umpan balik. *Machine learning* memungkinkan untuk menyelesaikan berbagai tugas intelektual yang sangat luas, Aturan dalam *machine learning* ditentukan dengan menjalankan tugas pemrosesan data dan diberikan contoh tentang apa yang diharapkan. Untuk melakukan *machine learning*, dibutuhkan tiga hal sebagai berikut [14]:

- a. Memasukkan titik data, jika tugasnya adalah pengenalan suara, titik data ini bisa menjadi file suara orang yang berbicara. Jika tugasnya adalah menandai gambar, itu bisa berupa gambar.
- b. Output yang diharapkan, contoh dalam tugas pengenalan suara, ini bisa berupa transkrip file suara yang dibuat oleh manusia. Dalam tugas gambar, output yang diharapkan bisa berupa tag seperti "anjing", "kucing", dan seterusnya.
- c. Cara untuk mengukur, apakah algoritma berfungsi dengan baik. Hal ini diperlukan untuk menentukan jarak antara output algoritma saat ini dan hasil yang diharapkan. Pengukuran tersebut digunakan sebagai sinyal umpan balik untuk mengatur cara kerja algoritma. Langkah penyesuaian inilah yang disebut *training*.

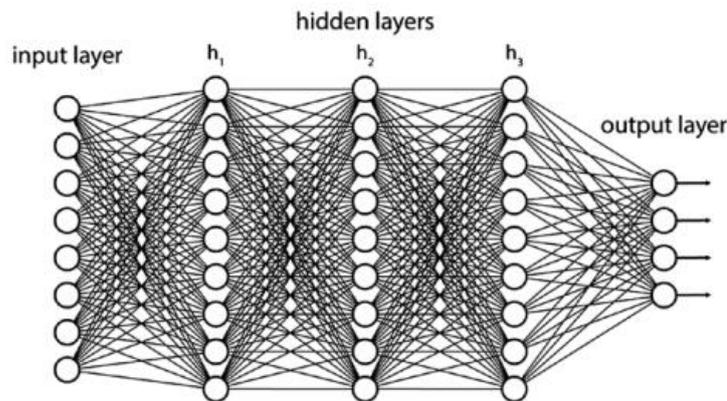
## 2.5 *Deep Learning*

*Deep learning* adalah kerangka kerja matematika untuk mempelajari representasi dari data, yang dapat dikategorikan sebagai bagian dari *machine learning* dan kecerdasan buatan (AI). *Deep learning* merupakan subbidang *machine learning* yang dikhususkan untuk membangun algoritma, yang menjelaskan dan mempelajari abstraksi data tingkat tinggi maupun rendah. Algoritma tersebut seringkali, tidak dapat dilakukan oleh *machine learning*. Model dalam *deep learning* terinspirasi oleh banyak sumber pengetahuan [15], seperti teori permainan, ilmu saraf, dan model yang seringkali meniru struktur dasar sistem saraf manusia.

Konsep utama *deep learning* adalah mengotomatisasikan ekstraksi representasi dari data. Algoritma *deep learning* menggunakan puluhan atau ratusan lapisan representasi data yang berurutan secara otomatis, sedangkan algoritma lain cenderung berfokus pada satu atau dua lapisan representasi data [16]. Sebagai contoh, sebuah gambar terdiri dari berbagai macam sumber variasi seperti cahaya, bentuk benda, dan bahan benda. Representasi abstrak yang disediakan oleh algoritma *deep learning* dapat memisahkan berbagai sumber variasi data. Algoritma ini, sebagian besar dilandasi oleh bidang kecerdasan buatan, yang memiliki tujuan umum meniru kemampuan otak manusia untuk mengamati, menganalisis, mempelajari, dan membuat keputusan, terutama untuk masalah yang sangat kompleks.

Fokus utama *deep learning* adalah kepuasan batasan untuk berbagai tingkat kompleksitas, mencakup definisi algoritma yang mampu memahami berbagai tingkat representasi data yang sesuai, ke hierarki kompleksitas yang berbeda [17]. Algoritma *deep learning* sebenarnya adalah arsitektur dalam dari lapisan yang

berurutan. Setiap lapisan menerapkan transformasi nonlinier pada inputnya dan memberikan representasi pada outputnya. Tujuannya adalah untuk mempelajari representasi data yang rumit dan abstrak secara hierarkis dengan melewati data melalui beberapa lapisan transformasi. Data sensorik (misalnya piksel dalam gambar) diumpangkan ke lapisan pertama. Akibatnya output dari setiap lapisan disediakan sebagai input untuk lapisan berikutnya, seperti pada **Gambar 2.7**.



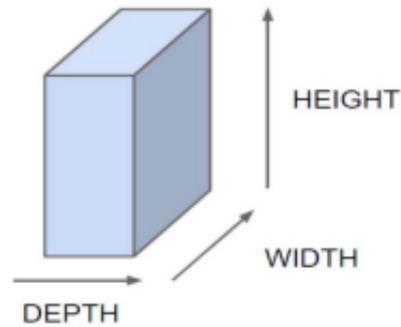
**Gambar 2.7** *Deep Neural Network*

*Deep neural network* dibedakan dengan banyaknya lapisan tersembunyi atau *hidden layers*. Dinamakan *hidden layers* karena kita tidak perlu melihat apa input dan output neuron ini secara eksplisit, cukup dengan mengetahui bahwa output saat ini adalah output dari lapisan sebelumnya. Penambahan lapisan dan fungsi di dalam lapisan neuron ini berfungsi untuk membedakan arsitektur dan untuk menetapkan kasus penggunaan dari berbagai model tertentu.

#### **2.4** *Convolutional Neural Network*

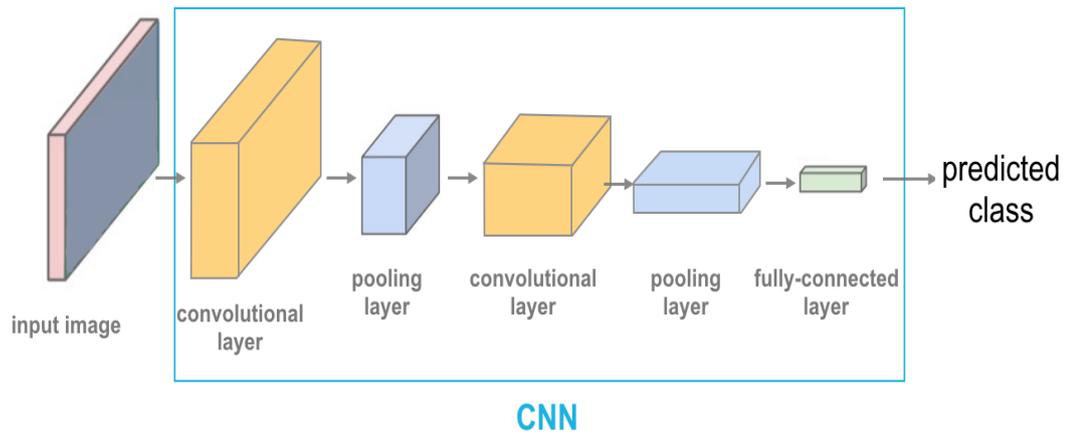
*Convolutional Neural Network* (CNN) merupakan model yang banyak digunakan untuk pemrosesan gambar dan *computer vision*. Secara khusus, CNN memiliki neuron yang tersusun dalam tiga dimensi seperti pada **Gambar 2.8**, yaitu:

lebar (*width*), tinggi (*height*), dan kedalaman (*depth*) [18]. CNN adalah jenis model *deep learning* untuk memproses data yang memiliki pola grid, seperti gambar. CNN dirancang untuk mempelajari hierarki spasial fitur, dari pola rendah ke pola tingkat tinggi secara otomatis dan adaptif.



**Gambar 2.8** Representasi Input 3D CNN

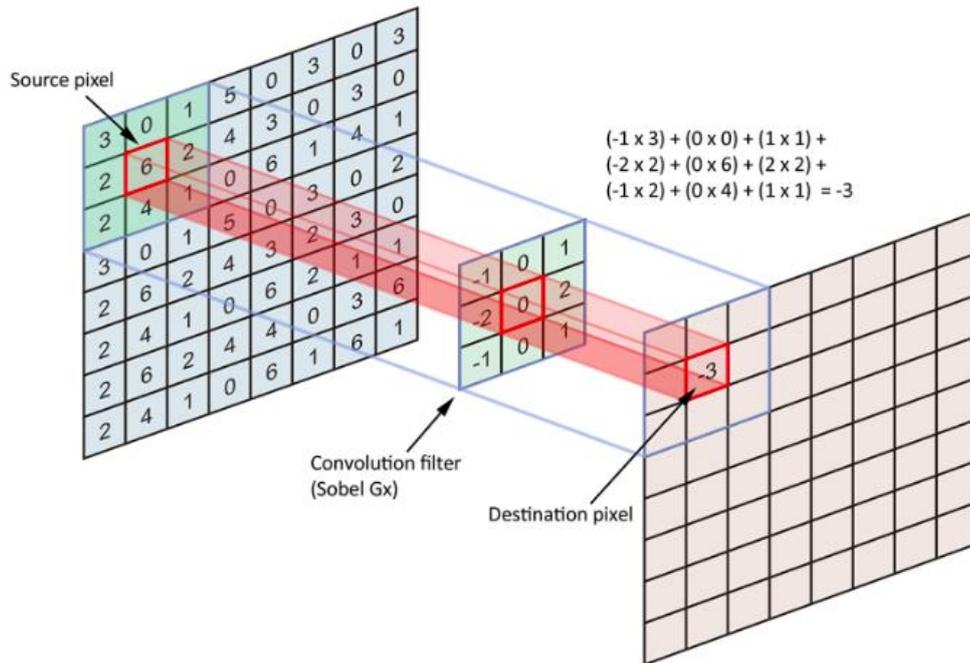
CNN dapat digunakan pada berbagai tugas visual, seperti: segmentasi gambar [19], pengambilan gambar [20], pembuatan teks gambar [21], pengenalan wajah [22], dan lain sebagainya. Model dasar CNN, memiliki struktur yang terdiri dari tiga jenis lapisan [23], seperti pada **Gambar 2.9**. Tiga lapisan tersebut adalah lapisan konvolusional (*convolutional layers*), lapisan penyatuan (*polling layers*), dan lapisan yang terhubung sepenuhnya (*fully connected layers*). Selain tiga lapisan dasar tersebut, pada arsitektur CNN terdapat lapisan input. Input dapat berupa array data multidimensi, dimana data diumpankan ke jaringan. Data input dapat berupa piksel gambar atau transformasinya, pola, rangkaian waktu, ataupun sinyal video.



**Gambar 2.9** Arsitektur CNN

#### 2.4.1 Lapisan Konvolusional (*Convolutional Layers*)

Lapisan konvolusional merupakan blok utama dari CNN. Lapisan konvolusional bertujuan untuk mengestrak fitur yang berbeda dari input [24]. Lapisan ini terdiri dari serangkaian filter atau kernel, setiap kernel digunakan untuk menghitung peta kernel. Lapisan konvolusional memiliki lebih dari satu tahap, setiap tahap lapisan konvolusional dapat dipisahkan dan pemrosesannya dapat diatur dengan haknya sendiri. Pada lapisan ini, diselingi dengan lapisan sub-sampling untuk mengurangi waktu komputasi dan secara bertahap membangun invariansi spasial dan konfigurasi lebih lanjut. Lapisan konvolusional pertama, mengestrak fitur tingkat rendah, seperti: tepi, sudut, tekstur, dan garis. Lapisan berikutnya mengestrak fitur dengan tingkat yang lebih tinggi, hingga pada Lapisan konvolusional terakhir yang mengestrak fitur dengan tingkat tertinggi.



**Gambar 2.10** Contoh Proses Konvolusi

Ukuran kernel mengacu pada ukuran filter, yang berputar di sekitar peta fitur sedangkan langkah untuk proses geser menggunakan jumlah dari filter tersebut. Proses geser ini mengontrol bagaimana filter berputar di sekitar peta fitur input dengan menggeser satu unit setiap kali. Ukuran filter yang umum digunakan memiliki ukuran 3x3, 5x5, 7x7. Pada **Gambar 2.10** merupakan contoh proses konvolusi pada lapisan ini dengan menggunakan filter 3x3. Dimensi ketiga filter sesuai dengan jumlah saluran di input. Kedalaman citra *grayscale* adalah 1 dan citra berwarna memiliki 3 kanal warna, yaitu *Red*, *Green*, *Blue* (RGB).

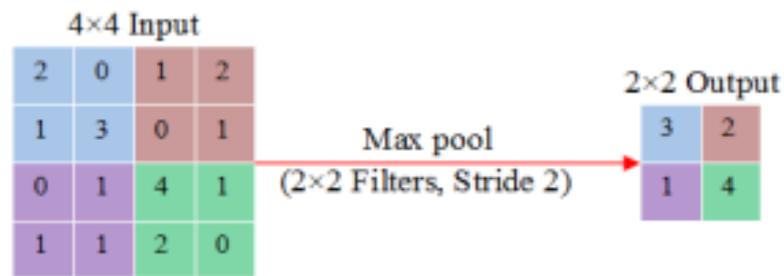
Lapisan konvolusi dapat sangat mengurangi kerumitan model melalui pengoptimalan outputnya. Namun, ini dioptimalkan melalui tiga *hyperparameter* [25], yaitu kedalaman, langkah, dan pengaturan *zero-padding*. *Zero-padding* adalah

metode langsung untuk mengisi batas input dan teknik yang efisien untuk memberikan manajemen tambahan pada dimensi volume output.

#### 2.4.2 Lapisan Penyatuan (*Polling Layers*)

CNN tidak hanya berisi lapisan konvolusi, tetapi juga terdapat beberapa *polling layer*. Setelah lapisan konvolusi, CNN menggunakan operasi *polling* yang berfungsi untuk mereduksi dimensi atau memotong dimensi data secara bertahap. Operasi *polling* memotong dimensi pada peta fitur dengan beberapa fungsi untuk meringkas subkawasan, seperti mengambil nilai maksimum. *Polling layers* dapat mengurangi jumlah parameter dan juga kerumitan prosedur model, sehingga dapat mengontrol masalah *overfitting*. Pada lapisan ini, tidak mempengaruhi jumlah filter. *Polling layers* dapat menyederhanakan informasi dalam output dari lapisan konvolusional. Lapisan ini mengambil setiap output peta fitur pada lapisan konvolusional dan menyiapkan peta fitur yang dipadatkan.

Lapisan ini disebut juga *subsampling* atau *downsampling*. Operasi *polling* umumnya menggunakan filter dengan ukuran  $2 \times 2$ . Karena sifat *polling* yang apabila memiliki ukuran kernel lebih tinggi dari tiga, terkadang dapat menurunkan kinerja model secara signifikan [26]. Bentuk paling populer dari operasi *polling* adalah penggabungan maksimal (*max-polling*), yang mengekstrak tambalan dari peta fitur input, mengeluarkan nilai maksimum di setiap tambalan, dan membuang semua nilai lainnya. *Max-polling* dengan filter berukuran  $2 \times 2$  dengan langkah 2, seperti pada **Gambar 2.11** ini, menurunkan dimensi bidang peta fitur dengan faktor 2. Namun tinggi dan lebar dari peta fitur berubah, tetapi dimensi kedalaman peta fitur tetap atau tidak berubah.

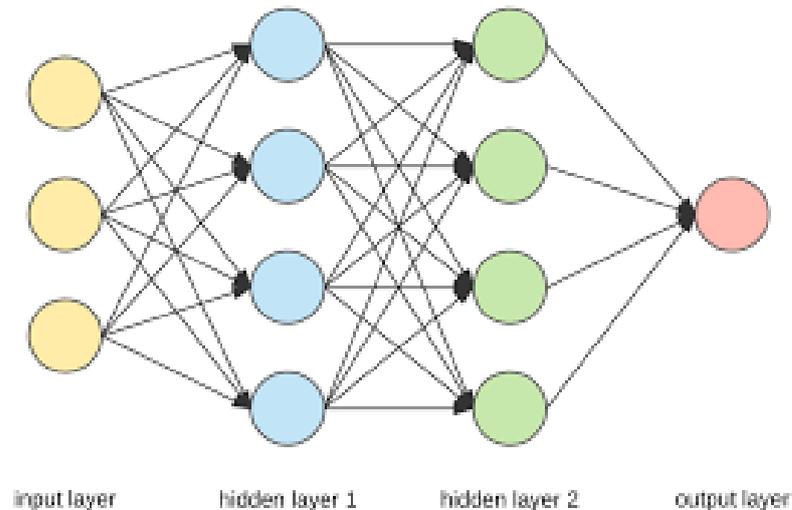


**Gambar 2.11** Contoh Proses *Polling*

*Max-pooling* menyebarkan nilai maksimum dalam bidang reseptif ke lapisan berikutnya. Secara formal, *max-polling* memilih elemen terbesar dalam setiap bidang reseptif. Intuisi dari apa yang dilakukan pada *max-polling* adalah bahwa jumlah yang besar berarti memungkinkan ada fitur yang terdeteksi. Sejumlah operasi *polling* umum selain *max-polling* [27], adalah penggabungan rata-rata, penggabungan stokastik, penggabungan spektral, penggabungan piramida spasial, penggabungan norma-L2, dan penggabungan tanpa urutan multi skala.

#### 2.4.3 Lapisan Yang Terhubung Sepenuhnya (*Fully Connected Layers*)

Lapisan terakhir dari arsitektur CNN adalah *fully connected layers*. Lapisan ini menghubungkan setiap neuron dari lapisan yang dikumpulkan. Lapisan *fully connected* menafsirkan representasi fitur dan menjalankan fungsi penalaran tingkat tinggi []. Setiap node yang ada lapisan ini, terhubung langsung ke setiap node, baik pada lapisan sebelumnya maupun pada lapisan berikutnya, seperti yang ditunjukkan pada **Gambar 2.12**. Jumlah node output yang dimiliki lapisan *fully connected* sama dengan jumlah kelas [28]. Kelemahan utama dari lapisan ini adalah bahwa ia menyertakan banyak parameter yang membutuhkan komputasi kompleks dalam proses pelatihannya [29]. Teknik dropout dapat digunakan untuk mengatasi kelemahan tersebut.



**Gambar 2.12** *Fully Connected Layers*

Output dari lapisan *polling*, ditransformasikan menjadi deretan angka atau vector satu dimensi (1D) dan terhubung ke satu atau lebih lapisan *fully connected layers*. Lapisan ini juga dikenal sebagai lapisan padat, dimana setiap input dihubungkan ke setiap output. Lapisan *fully connected* memetakan fitur yang telah diekstraksi oleh lapisan konvolusi dan telah di *down-sampling* oleh lapisan *polling*. Fitur tersebut dipetakan ke output akhir dari jaringan, seperti probabilitas untuk setiap kelas dalam tugas klasifikasi.

## 2.5 Klasifikasi gambar

Klasifikasi adalah proses menetapkan kelas spektral menjadi informasi kelas. Kelas spektral adalah kelompok piksel yang seragam sehubungan dengan nilai kecerahannya dalam saluran spektral data yang berbeda. Klasifikasi gambar adalah proses menetapkan semua piksel dalam gambar ke kelas tertentu, berdasarkan informasi spektral yang diwakili oleh angka digital. Kelas informasi adalah kategori dalam gambar yang didefinisikan oleh seorang analisis berdasarkan pengetahuan dan pengalaman. Dalam kelas informasi, terdapat banyak kelas spektral yang

ditentukan berdasarkan pada sifat fitur gambar yang mewakili atau menjadi tujuan klasifikasi. Pendekatan umum klasifikasi gambar dibagi menjadi dua [30], yaitu *supervised classification* dan *unsupervised classification*.

### 2.5.1 *Supervised Classification*

*Supervised classification* adalah proses identifikasi kelas dalam data, dengan input berdasarkan arahan analis dalam bentuk data pelatihan. Teknik klasifikasi ini, membutuhkan pelatihan (*training*) kumpulan data untuk menentukan keputusan. *Supervised classification* membutuhkan campur tangan manusia atau analis. Seorang analis memilih sekelompok piksel yang berdekatan dari bagian gambar, yang dikenal sebagai area pelatihan. Area pelatihan ini, menentukan nilai digital di setiap saluran untuk sebuah kelas.

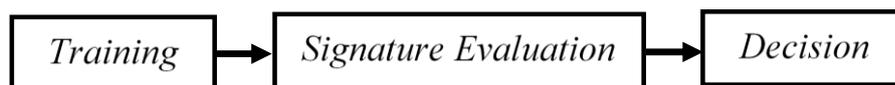
Algoritma klasifikasi, menghitung properti tertentu, seperti atribut data dari kumpulan piksel pelatihan atau rata-rata nilai digital untuk setiap saluran. Nilai dari setiap piksel pada gambar dibandingkan dengan atribut set pelatihan. Klasifikasi dikendalikan oleh pengetahuan analis, tetapi terbatas oleh pandangan subjektif dari analis tersebut. Kelebihan dari teknik *supervised classification* ini, adalah kesalahan dapat mudah diidentifikasi dan diselesaikan [31]. Sedangkan, kelemahannya adalah membutuhkan banyak waktu dalam proses pelatihan.

### 2.5.2 *Unsupervised Classification*

*Unsupervised classification* adalah proses identifikasi otomatis tanpa panduan interpretatif dari seorang analis. Struktur yang mendasari data dan partisi dieksplorasi secara otomatis. *Unsupervised classification* ini digunakan untuk klasifikasi tingkat lanjut. Teknik ini juga dikenal sebagai metode *clustering*.

*Clustering* dibagi menjadi dua kelompok [32], yaitu *hierarchical clustering* yang mengelompokkan data berdasarkan urutan partisi. Serta *partitioning clustering* yang membagi data menjadi jumlah *cluster* yang ditentukan sebelumnya.

Algoritma dari *unsupervised classification* ini, secara otomatis mengatur nilai piksel yang serupa ke dalam kelompok, yang menjadi dasar untuk setiap kelas. Proses tersebut sepenuhnya didasarkan pada statistik distribusi data gambar yang disebut pengelompokan. Proses ini secara otomatis dioptimalkan sesuai dengan statistik *cluster*, tanpa menggunakan kontrol berbasis pengetahuan, seperti data referensi lapangan. Oleh karena itu, metode ini bersifat objektif dan sepenuhnya didorong oleh data.



**Gambar 2.13** Proses Klasifikasi Gambar

Proses klasifikasi gambar terdiri dari tiga tahap [33], seperti pada **Gambar 2.13**. Tahap pertama yaitu proses pelatihan atau *training*. Pelatihan adalah proses menghasilkan *signature* spektral dari setiap kelas. Pelatihan dapat dilakukan oleh analisis gambar dengan panduan dari pengalaman atau pengetahuannya, yaitu *supervised classification*. Dapat pula dilakukan dengan beberapa teknik pengelompokan statistik yang memerlukan masukan dari analisis gambar, yaitu *unsupervised classification*. Untuk menentukan jumlah pelatihan pada setiap kelas tidak terdapat aturan khusus. Namun, apabila jumlah pelatihan sedikit, maka akan sulit untuk mendapatkan *signature* spektral yang benar-benar mewakili kelas tersebut.

Tahap kedua dari proses klasifikasi gambar yaitu *signature evaluation*. *Signature evaluation* adalah pemeriksaan tanda tangan spektral untuk keterwakilan kelas yang akan digambarkan. Proses ini untuk memastikan minimal tumpang tindih spektral antara tanda tangan dari kelas yang berbeda. Tahap ketiga yaitu proses pengambilan keputusan atau *decision making*. Pengambilan Keputusan adalah proses menugaskan semua piksel gambar ke dalam kelas tematik menggunakan tanda tangan yang telah dievaluasi. Pada pengambilan keputusan terdapat aturan keputusan. Aturan keputusan digunakan untuk menetapkan kriteria tertentu. Jika tanda tangan calon piksel melewati set kriteria untuk kelas tertentu, maka ditetapkan ke kelas tersebut. Piksel yang gagal memenuhi kriteria apa pun tetap tidak diklasifikasikan.