

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terdahulu

Penelitian terdahulu berisi pembahasan tentang penelitian serupa yang telah dilakukan terdahulu untuk membedakan dengan penelitian terdahulu ataupun menyempurnakan penelitian terdahulu sehingga dapat ditemukan keterbaruan penelitian. Maka dalam tinjauan pustaka ini peneliti mencantumkan hasil-hasil penelitian terdahulu sebagai berikut:

Tabel 2.1 Perbandingan Jurnal

NO	JUDUL	ALGORITMA	MASALAH	TUJUAN	HASIL	KELEBIHAN/KEKURANGAN
1	Sistem Klasifikasi Limbah Menggunakan Metode Convolutional Neural Network (CNN) Pada Web Service Berbasis Framework Flask(Dacipta & Putra, 2022)	CNN	Penulis ingin melakukan penelitian mengenai “Klasifikasi limbah menggunakan metode cnn pada web service berbasis Framework Flask”. Penelitian ini mengimplementasikan deep learning dengan metode CNN dengan arsitektur VGGnet dan backend python pada web service berbasis Framework Flask sehingga diharapkan dapat melakukan pengembangan aplikasi web yang lebih efisien, fleksibel dan mempunyai ketersediaan yang tinggi (high availability).	Sebagai media agar masyarakat dapat membedakan jenis sampah yang di miliki sehingga sampah – sampah tersebut dapat diklasifikasikan dan mempermudah proses klasifikasi pada pabrik daur ulang.	Penelitian ini menggunakan 9 class limbah sampah. Dataset yang digunakan yaitu 8371 citra limbah sampah. Dimana dataset tersebut digunakan untuk melakukan training data yang telah dibagi menjadi 1.122 citra battery, 729 pakaian, 624 e-limbah, 773 kaca, 651 bola lampu, 1092 metal, 671 organic, 1468 kertas dan 1241 plastic. Pada proses training dilakukan sebanyak 28 epoch, yang mendapatkan akurasi tertinggi 69,77% dengan loss terendah 0,34. Untuk data testing didapatkan hasil	<ul style="list-style-type: none"> - Banyak jenis class yang akan dideteksi dan hasil akhir akurasi di angka 69,77%. - Menggunakan lebih banyak epoch dalam pelatihan agar lebih akurat lagi dan data los lebih kecil serta data akurasi lebih tinggi.

					64,45% accuracy.	
2	Perbandingan Performa Algoritma VGG16 dan VGG19 Melalui Metode CNN Untuk Klasifikasi Varietas Beras(Weny Indah Kusumawati & Adisaputra Zidha Noorizki, 2023)	CNN	Penulis ingin melakukan penelitian mengenai pengujian varietas beras yang ada menggunakan arsitektur GG16 dan VGG19	Mengetahui arsitektur terbaik yang digunakan apakah GG16 atau VGG19.	Hasil penelitian ini menyatakan bahwa algoritma VGG16 mampu mencapai akurasi sebesar 98% dengan waktu training 73,405 detik, sementara algoritma VGG19 mencapai akurasi 97% dengan waktu training 78,098 detik. Hal ini menunjukkan bahwa algoritma VGG16 secara signifikan lebih unggul dibandingkan dengan algoritma VGG19 dalam mengklasifikasikan varietas beras menggunakan dataset yang terdiri atas lima kelas.	<ul style="list-style-type: none"> - Semua jenis arsitektur berjalan baik tetapi VGG16 adalah yang terbaik. - Pengujian harus dilakukan satu persatu untuk mengetahui mana arsitektur yang terbaik.
3	Perbandingan Algoritma Xception dan VGG16 Untuk Pengenalan Lebah	CNN	Dengan adanya pengamatan yang terjadwal akan membantu pemelihara lebah dalam mengetahui	Penelitian ini bertujuan membuat analisis performa kinerja algoritma Xception	Hasil eksperimen diatas model VGG16 dengan fine_tuning memperoleh nilai akurasi testing	Arsitektur VGG16 lebih baik dengan fine tuning daripada menggunakan Xception baik dengan fine tuning ataupun tidak.

	Pollen-Bearing(Noprisson et al., 2022)		penyakit lebah, kesehatan sarang lebah dan racun yang mungkin dibawa oleh lebah. Jika ini dapat dilakukan dengan bantuan komputer, maka ini akan mengurangi waktu dan biaya pemeliharaan lebah.	dan VGG16 untuk pengenalan lebah pollen-bearing.	terbaik yaitu 83.33%. Untuk model Xception terbaik diperoleh dengan tanpa fine tuning yaitu sebesar 72.22%.	
4	Analisis Performa dan Pengembangan Sistem Deteksi Ras Anjing pada Gambar dengan Menggunakan Pre-Trained CNN Model(Pangestu & Bunyamin, 2018)	CNN	Bagaimana mengembangkan sistem pengenalan gambar untuk membedakan ras anjing menggunakan model Jaringan Syaraf Tiruan.	Tujuan penelitian ini adalah membandingkan performa dari ketiga model Convolutional Neural Network (CNN) di atas dan mengembangkan tampilan antar muka untuk mempermudah penggunaan bagi end user dan menampilkan hasil prediksi ketiga model tersebut.	Dari tiga pre-trained model dari Keras yang diujikan (ResNet50, Xception dan VGG16), Xception memiliki performa keakuratan yang lebih baik daripada dua model lainnya. Selain itu, tersedianya tampilan antar muka juga akan membantu user dalam menggunakan sistem deteksi ras anjing ini.	<ul style="list-style-type: none"> - Arsitektur Xception lebih baik daripada dua lainnya. - Data dan model yang diuji mungkin masih sedikit.
5	Klasifikasi Penyakit pada Citra Buah	CNN	Bagaimana implementasi algoritma	Bertujuan untuk mendapatkan hasil	Berdasarkan hasil pengujian yang sudah	Arsitektur Alexnet cukup baik dalam proses training

	Jeruk Menggunakan Convolutional Neural Networks (CNN) dengan Arsitektur Alexnet(Swasono et al., 2023)		CNN dengan menggunakan arsitektur AlexNet pada klasifikasi citra buah jeruk.	yang terbaik dengan perbandingan data training dan data validasi.	dilakukan, implementasi algoritma CNN dengan menggunakan arsitektur AlexNet pada klasifikasi citra buah jeruk dengan empat kelas yaitu blackspot, canker, fresh, dan grenning dapat bekerja dengan sangat baik. Arsitektur AlexNet tanpa batch normalization dengan pemisahan dataset 90% data training (latih) dan 10% data validasi memberikan kinerja yang paling baik dengan akurasi sebesar 94,34%.	dengan hasil akurasi sebesar 94,34%.
6	Implementasi Deep Learning pada Sistem Klasifikasi Hama Tanaman Padi	CNN	Pengendalian hama pada tanaman padi seringkali mengakibatkan terbunuhnya organisme	Proses klasifikasi jenis hama pada tanaman padi akan membantu petani melakukan	Nilai akurasi tertinggi yaitu 77,33% diraih oleh model dengan pembagian data 90%:10% dengan	Semua pelatihan pada penelitian ini menghasilkan overfitting, bahkan sudah menggunakan padding dan

	Menggunakan Metode Convolutional Neural Network (CNN)(Yuliany et al., 2022)		bukan hama. Beberapa peneliti telah mencoba mengklasifikasi kerusakan pada tanaman alih-alih mengklasifikasikan hama itu sendiri.	penanganan hama pada tanaman padi sesuai jenis hama dengan segera.	akurasi training sebesar 78,30%.	dropout juga. Tetapi tidak bisa sepenuhnya menghilangkan overfitting dikarenakan dataset yang tidak terlalu jelas dan tidak fokus pada objek yang diklasifikasi.
7	IDENTIFIKASI PENYAKIT TANAMAN JERUK SIAM MENGGUNAKAN METODE M-SVM(Lestari et al., 2019)	M-SVM	Menurut Badan Pusat Statistika Provinsi Sulawesi Tenggara pada tahun 2018 jeruk siam merupakan komoditas buah terbesar yang banyak diproduksi dibandingkan buah lainnya, Sehingga perlu adanya pemeliharaan yang baik bagi tanaman.	Berdasarkan masalah tersebut dibuatlah sistem identifikasi penyakit tanaman jeruk siam. Dalam proses identifikasi beberapa tahap dilakukan, yaitu akuisisi citra, preprocessing, ekstraksi fitur, dan klasifikasi dengan metode M-SVM. Metode M-SVM (Multi-Support Vector Machine) digunakan sebagai metode pengidentifikasian.	pengujian ke 4 merupakan yang paling baik karena menggunakan citra latih sebanyak 40 citra pada setiap jenis penyakit dan menghasilkan akurasi sebesar 86,67%.	Penerapan metode M-SVM (Multi Support Vector Machine) dalam mengidentifikasi daun jeruk siam berpenyakit memberikan hasil yang cukup baik dengan pengujian citra latih sebanyak 40 citra pada setiap jenis penyakit menghasilkan akurasi sebesar 86,67%.
8	DETEKSI PENYAKIT KULIT WAJAH	CNN	Masyarakat Indonesia mempunyai kondisi kulit	Penelitian ini akan mendeteksi	Hasil uji dengan citra penyakit kulit	- Sistem deteksi penyakit kulit

MENGUNAKAN TENSORFLOW DENGAN METODE CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK(Prastika & Zuliarso, 2021)	wajah yang berbeda. Hal tersebut menyebabkan beberapa penyakit dapat menyerang kulit wajah. Di Indonesia, banyak wanita yang menderita penyakit kulit, hal ini dibuktikan dari profil kesehatan Indonesia tahun 2015, ada 192.414 kunjungan. Di masyarakat ada 8 dari 10 belum mengetahui penyakit kulit diakibatkan dari kebersihan dan keterlambatan dalam penanganan.	penyakit kulit wajah dan mengklasifikasikan penyakit kulit yang ada di wajah.	menunjukkan persentase akurasi yang berbeda dengan menunjukkan tingkat akurasi tertinggi mencapai 99,91%.	wajah dengan dataset sebanyak 700 citra dari 20 jenis penyakit menghasilkan ketepatan tertinggi sebesar 99,91%. Ini menunjukkan bahwa algoritma CNN sangat efektif dalam mendeteksi penyakit kulit wajah. - Penggunaan dataset yang relatif kecil dengan hanya 700 citra mungkin tidak mencakup berbagai variasi penyakit kulit wajah yang ada, sehingga model mungkin kurang efektif dalam mengenali kondisi yang jarang terjadi.	
9 DETEKSI PENYAKIT TANAMAN JERUK	SEGMENTASI	Menurut Badan Pusat Statistika Provinsi	Sehingga dengan adanya sistem dan	Hasil pengujian dengan	Penelitian ini membuka jalan untuk menggunakan

	SIAM BERDASARKAN CITRA DAUN MENGGUNAKAN SEGMENTASI WARNA RGB- HSV(Lestari et al., 2018)		Sulawesi Tenggara pada tahun 2018 jeruk siam merupakan komoditas buah terbesar yang banyak diproduksi dibandingkan buah lainnya. Namun sering kali terdapat masalah dari hasil produksi jeruk, yakni hasil produksi jeruk berkurang. Salah satu faktor utama yang menyebabkan hal tersebut adalah penyakit yang menyerang tanaman jeruk.	dengan penanganan yang tepat pada penyakit yang menyerang tanaman jeruk, dapat mengatasi berkurangnya hasil produksi. Sistem ini dibangun untuk membantu petani jeruk dalam mengatasi hal tersebut. Dalam sistem menggunakan Segmentasi Warna guna mendapatkan hasil yang optimal dalam diagnosis penyakit tanaman jeruk.	menggunakan dataset daun jeruk yang terserang penyakit, didapatkan hasil dengan akurasi sebanyak 78%.	metode alternatif yang dapat meningkatkan akurasi, berdasarkan temuan bahwa metode FKNN hanya mencapai akurasi 69%. Ini memberikan dasar untuk eksplorasi lebih lanjut dan penerapan teknik yang lebih canggih.
10	Aplikasi Deteksi Penyakit pada Daun Tomat Berbasis Android Menggunakan Model Terlatih Tensorflow Lite(Natbais &	CNN	Tantangan dalam budidaya tomat adalah penyakit daun, yang dapat menyebabkan turunnya kualitas dan kuantitas buah tomat yang dihasilkan.	Tujuan dari penelitian ini adalah untuk merancang aplikasi deteksi penyakit daun tomat dengan menggunakan Convolutional	Hasil dari penelitian ini adalah aplikasi bernama Tomato Leaf Disease yang dapat mendeteksi gambar penyakit daun tomat yang berasal dari galeri maupun hasil	Aplikasi dapat mendeteksi penyakit daun tomat dari gambar yang diambil langsung oleh kamera atau dari galeri perangkat, memberikan fleksibilitas kepada pengguna.

	Umbu, 2023)			Neural Network (CNN).	tangkapan kamera. Berdasarkan hasil uji coba, aplikasi dapat mengidentifikasi penyakit daun dengan baik, meskipun tingkat akurasi sangat bergantung pada spesifikasi kamera, sudut pengambilan gambar, dan pencahayaan saat pengambilan gambar.	
11	Aplikasi Android Pengklasifikasi Semantik Teks Menggunakan Tensorflow Lite Pada Ringkasan Karya Ilmiah(Permana & Budayawan, 2020)	CNN	Permasalahan utama adalah karya tulis ilmiah masih menggunakan penyortiran tema/semantik secara manual.	Tujuan dari studi ini adalah untuk membangun aplikasi klasifikasi semantik teks yang memungkinkan pengguna melakukan penyortiran berdasarkan tema/semantik menggunakan model neural	Hasil dari studi ini adalah aplikasi yang memenuhi keseluruhan analisis kebutuhan fungsional sistem. Aplikasi ini menggunakan model neural network yang mencapai nilai akurasi 0.7619 dan nilai loss 0.7782 pada uji validasi, dengan model dieksekusi	<ul style="list-style-type: none"> - Menggunakan Firebase ML Kit dan TensorFlow Lite menunjukkan pemanfaatan teknologi terkini yang andal untuk membangun aplikasi pengklasifikasi semantik teks. - Model neural network yang

network yang disematkan pada ponsel cerdas.	menggunakan interpreter TensorFlow Lite yang tertanam pada aplikasi.	digunakan memiliki akurasi yang belum optimal karena data training yang terlalu sedikit.
---	--	--

2.1.1 *Research Gap*

Research Gap penelitian ini sebagai berikut:

1. Pada penelitian ini saat training menggunakan arsitektur CNN seperti MobileNetV2 dengan *Transfer Learning Fixed Feature Extraction* untuk mendapatkan model akurasi yang baik walaupun dengan dataset yang sedikit.
2. Melakukan *Deployment* di android dengan menggunakan *Library TensorFlow Lite*.
3. Pada penelitian ini dilakukan pengujian jumlah data dan *epoch* yang bertujuan untuk mengetahui jumlah data dan jumlah epoch berapa yang optimal saat proses training.

2.2 Teori Terkait

2.2.1 Penyakit Jeruk Siam

Menurut (Lestari et al., 2019) banyaknya hasil produksi buah jeruk siam juga terdapat hal yang kurang menyenangkan bagi petani yaitu gagal panen. Faktor diantara beberapa masalah penyakit varietas jeruk siam yang terserang diantaranya ada pada bagian daun, batang, dan buah pada jeruk siam. Beberapa penyakit diantaranya:

1. Penyakit Blendok yang terdapat pada Batang.

Penyakit blendok dapat terjadi karena adanya cendawan yang berasal dari *botryodiplodia theobromae* pat yaitu patogenik menyerang tanaman yang rentan dan pemeliharaannya kurang intensif. Penyakit ini juga dikenal sebagai penyakit blendok karena salah satu gejalanya adalah keluarnya blendok atau gum dari batang yang terinfeksi. Untuk pengendalian penyakit ini ada beberapa tindakan yang bisa dilakukan di antaranya menjaga kebersihan kebun dengan mengkas ranting

kering dan cabang yang terserang penyakit, dan ranting pangkasan dibakar atau ditimbun serta juga menjaga alat pertanian seperti pisau, gunting pangkas maupun alat pertanian lainnya selalu dicuci bersih dan dibersihkan dengan alkohol 70 persen sebelum dan sesudah digunakan.



Gambar 2.1 Batang Blendok

2. Batang Sehat.

Batang Sehat ini memiliki ciri-ciri batang halus kecokelatan.



Gambar 2.2 Batang Sehat

3. Penyakit Antraknosa yang terdapat pada Buah.

Penyakit Antraknose disebabkan oleh Patogen *Colletotricum gloeosporides* Penz. Dengan gejala seperti:

1. Bercak daun coklat sampai hitam.
2. Ranting kering dan mati.
3. Buah terserang busuk cekung.

Penyebaran penyakit ini melalui air hujan dan pengairan. Untuk Pengendalian bisa dengan cara buang bagian yang terkena penyakit kemudian rutin dilakukan penyemprotan dengan fungisida berbahan aktif. Tidak lupa ketika panen buah bisa dicuci.



Gambar 2.3 Buah Antraknosa

4. Buah Sehat.

Buah Sehat ini memiliki ciri-ciri hijau kekuningan dan halus tidak ada bercak.



Gambar 2.4 Buah Sehat

5. Penyakit Brownspot yang terdapat pada Daun.

Penyakit brownspot disebabkan oleh bakteri *Alternaria Alternata*. Penyakit ini muncul pada daun dengan ciri-ciri daun dimulai dengan kemunculan bercak kecil atau bintik-bintik kecil yang berwarna coklat hingga hitam, perlu diketahui bahwa ciri khas dari penyakit ini yaitu bercak-bercak tersebut dikelilingi oleh lingkaran ya oleh lingkaran seperti ini lingkaran atau lonjong dan bercak ini tidak menonjol seperti penyakit kudis. Untuk pengendalian penyakit ini dengan cara melakukan penyemprotan dengan fungisida berbahan aktif tembaga dan juga bisa dilakukan penyemprotan dengan fungisida golongan strobilurin tetapi tidak boleh terlalu sering hanya sekitar 2-3 kali dalam satu tahun.



Gambar 2.5 Daun Brownspot

6. Penyakit Citrus Leaf Miner/Ulat Peliang yang terdapat pada Daun.

Penyakit citrus leaf miner atau ulat peliang disebabkan oleh ulat yang berasal dari larva yang masuk ke lapisan epidermis daun. Gejala yang biasa ditimbulkan adalah daun yang terserang mengkerut dan tampak bekas gerakan. Untuk cara pengendalian penyakit ini dengan cara:

1. Monitoring, terutama pada permukaan daun bagian bawah.
2. Memotong daun atau tunas yang terserang.
3. Semprot, siram di tanah dengan insektisida sistemik yang selektif.



Gambar 2.6 Daun CLMiner

7. Penyakit Greasyspot yang terdapat pada Daun.

Penyakit greasyspot disebabkan oleh bakteri *Mycosphaerella Citri*. Penyakit ini muncul pada daun dengan ciri-ciri serangan yaitu ditandai dengan bintik-bintik kuning hingga coklat tua lalu bintik-bintik di daun bagian bawah ini akan meledak akan meledak warnanya kuning hingga coklat kemudian menjadi berminyak sehingga sering juga penyakit ini disebut sebagai penyakit bercak berminyak. Penyebaran biasanya saat terkena percikan air di musim penghujan. Untuk pengendalian penyakit ini dengan cara melakukan penyemprotan dengan fungisida berbahan aktif tembaga dan juga bisa dilakukan penyemprotan dengan fungisida golongan strobilurin tetapi tidak boleh terlalu sering hanya sekitar 2-3 kali dalam satu tahun.



Gambar 2.7 Daun Greasyspot

8. Daun Sehat.

Daun Sehat ini memiliki ciri-ciri hijau seluruh daun dan tidak ada bercak.



Gambar 2.8 Daun Sehat

2.2.2 Artificial Intelligence

Kecerdasan buatan atau Artificial Intelligence (AI) adalah bidang penelitian yang berfokus pada pengembangan komputer agar dapat melaksanakan tugas-tugas yang biasanya lebih baik dilakukan oleh manusia. Dalam konteks AI, komputer dirancang untuk memiliki kecerdasan sehingga bisa melaksanakan pekerjaan dengan cara yang mirip dan seefektif manusia dengan meniru berbagai fungsi kognitif, seperti pemahaman bahasa, pengetahuan, berpikir, penalaran, pemecahan masalah, serta pengambilan keputusan (Winnarto et al., 2022).

Kecerdasan Buatan adalah jenis kecerdasan yang ditampilkan oleh mesin, berbeda dengan kecerdasan alami yang dimiliki oleh manusia dan hewan, yang melibatkan kesadaran dan emosi. Kecerdasan ini diciptakan dan diterapkan pada mesin (komputer) dengan tujuan agar mesin tersebut dapat melaksanakan tugas sesuai instruksi yang diberikan. Beberapa aplikasi kecerdasan buatan telah diterapkan di berbagai bidang, termasuk sistem pakar, permainan komputer, jaringan saraf tiruan, pemrosesan bahasa alami, pengenalan pola, dan pengenalan suara (Muharram et al., 2022).

Menurut (Dompeipen & Sompie, 2020) tujuan dari AI adalah untuk memahami atau memodelkan cara berpikir manusia serta merancang mesin yang mampu meniru perilaku manusia. Dalam pengembangan aplikasi kecerdasan buatan, terdapat dua komponen utama. Pertama adalah Basis Pengetahuan, yang mencakup fakta-fakta, teori, dan hubungan antara informasi. Kedua adalah Motor Inferensi, yang merujuk pada kemampuan untuk menarik kesimpulan berdasarkan pengalaman yang dimiliki.

2.2.3 Computer Vision

Menurut (Zaelani & Miftahuddin, 2022) Computer vision adalah kemampuan yang dirancang pada komputer untuk mengenali objek, sehingga dapat menampilkan objek secara digital dan mengumpulkan data secara visual. Komputer mampu menjalankan berbagai tugas yang tidak dapat dilaksanakan oleh manusia.

Secara sederhana, visi komputer digunakan untuk pembelajaran dan analisis gambar atau video untuk mendapatkan hasil yang sebanding dengan kemampuan manusia. Dengan kata lain, visi komputer berusaha meniru cara kerja sistem visual manusia (Dompeipen & Sompie, 2020).

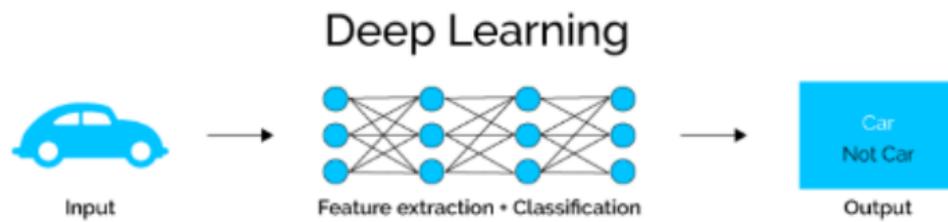
Dalam membangun sistem visi komputer, dibutuhkan perangkat keras (hardware) seperti kamera, komputer, dan perangkat pendukung lainnya. Selain perangkat keras, sistem visi komputer juga memerlukan perangkat lunak (software) untuk memberikan instruksi dalam proses pengolahan citra (Subur et al., 2024).

2.2.4 Deep Learning

Deep Learning adalah cabang dari Machine Learning yang menggunakan jaringan syaraf tiruan untuk memecahkan masalah dengan dataset besar. Teknik ini sangat efektif untuk pembelajaran terawasi karena arsitekturnya yang canggih. Dengan menambahkan lebih banyak lapisan, model pembelajaran mampu merepresentasikan data citra yang berlabel dengan lebih baik. Pada intinya, deep learning menggunakan struktur berlapis dari jaringan saraf tiruan yang meniru neuron biologis di otak manusia, sehingga memungkinkan proses pembelajaran yang lebih efektif dibandingkan dengan model pembelajaran mesin tradisional (Muharram et al., 2022).

Deep learning memiliki kemampuan untuk melakukan rekayasa fitur secara otomatis, sehingga mengurangi kebutuhan untuk membangun model ekstraksi fitur yang sering kali rumit. Algoritma dalam deep learning terinspirasi oleh struktur dan cara kerja otak manusia (Febriady Marpaung, Nurul Khairina, Rizki Muliono³, Muhathir, 2024).

Algoritma Deep Learning dilatih untuk mengenali pola dan mengklasifikasikan berbagai jenis informasi, memberikan output yang diinginkan saat menerima input baru. Perbedaan antara machine learning dan deep learning terletak pada desain feature extractor; dalam machine learning, fitur harus dirancang secara manual, yang memakan banyak waktu dan usaha, sedangkan deep learning secara otomatis mengekstrak fitur untuk klasifikasi. Deep learning memerlukan jumlah data yang besar untuk melatih algoritmanya. Salah satu aplikasi dari deep learning adalah klasifikasi citra (Winnarto et al., 2022).



Gambar 2.9 Cara Kerja Deep Learning

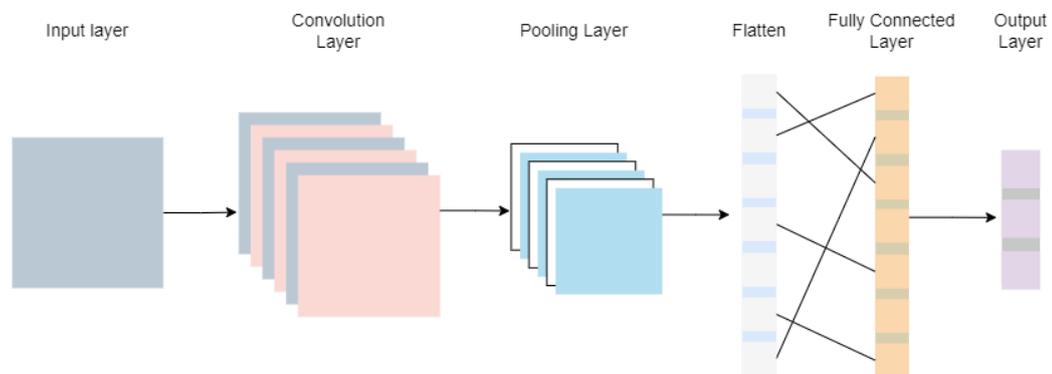
Informasi akan di transfer dari satu lapisan ke lapisan lainnya melalui saluran penghubung. Semua neuron memiliki angka unik yang disebut bias. Bias ditambahkan ke jumlah tertimbang input yang mencapai neuron kemudian diterapkan pada fungsi aktivasi. Setiap neuron diaktifkan kemudian meneruskan informasi ke lapisan berikutnya dan berlanjut hingga lapisan terakhir kedua. Lapisan keluaran adalah lapisan terakhir yang menghasilkan keluaran untuk program. Melatih jaringan seperti ini, membutuhkan data pelatihan yang besar dikarenakan parameter yang besar harus dipertimbangkan agar solusi menjadi akurat.

2.2.5 Convolutional Neural Network (CNN)

Metode CNN adalah evolusi dari multilayer perceptron (MLP) yang dirancang khusus untuk mengolah data dalam bentuk dua dimensi. Karena CNN memiliki jaringan yang dalam, ini termasuk dalam kategori jaringan saraf dalam dan sering digunakan untuk memproses data gambar. MLP tidak efektif untuk klasifikasi gambar karena tidak mampu mempertahankan informasi spasial dari gambar, sehingga setiap piksel dianggap sebagai fitur terpisah dan ini menyebabkan kinerja yang buruk. Sebaliknya, CNN mampu memelihara dan

memanfaatkan informasi spasial, sehingga lebih unggul dalam tugas-tugas klasifikasi gambar (Yuliany et al., 2022).

CNN pertama kali diperkenalkan sebagai NeoCognitron oleh Kunihiko Fukushima, seorang peneliti di NHK Science and Technology Research Laboratories di Tokyo. Konsep ini kemudian disempurnakan oleh Yann LeCun dari AT&T Bell Laboratories di New Jersey, AS, yang berhasil menerapkan model CNN yang dikenal sebagai LeNet untuk pengenalan digit dan tulisan tangan. Pada tahun 2012, Alex Krizhevsky membuktikan keefektifan metode deep learning, khususnya CNN, dengan memenangkan ImageNet Large Scale Visual Recognition Challenge menggunakan CNN. Metode CNN terbukti sangat sukses dalam mengklasifikasikan objek dalam gambar dan melampaui metode pembelajaran mesin lainnya seperti Support Vector Machines SVM (Maulana Muhammad Fathul Alim, 2020).



Gambar 2.10 Arsitektur *Convolution Neural Network*

Arsitektur CNN terdiri dari satu lapisan input, satu lapisan output, dan beberapa lapisan tersembunyi yang sering disebut hidden layer. Lapisan tersembunyi ini bertanggung jawab untuk melakukan pemrosesan utama dan ekstraksi fitur dari data input, memungkinkan jaringan untuk belajar dan

mengenali pola yang kompleks dalam data (Febriady Marpaung, Nurul Khairina, Rizki Muliono³, Muhathir, 2024).

2.2.6 MobileNetV2

MobileNetV2 merupakan salah satu arsitektur dari metode CNN yang dirancang untuk mengatasi tingginya kebutuhan sumber daya komputasi. Yang membedakan MobileNetV2 dari arsitektur CNN lainnya adalah penggunaan lapisan konvolusi dengan filter yang ketebalannya disesuaikan dengan citra input. MobileNet memisahkan konvolusi menjadi dua jenis: *depthwise convolution* dan *pointwise convolution* (Zaelani & Miftahuddin, 2022).

Dikembangkan oleh Google, MobileNet memiliki lapisan khusus yang disebut *depthwise separable convolution*, yang terdiri dari dua blok yaitu *depthwise convolution* dan *pointwise convolution*. Lapisan ini bertujuan untuk mengurangi komputasi dengan menekan jumlah parameter, sehingga menghasilkan model yang lebih kecil yang bisa digunakan di mobile (Febriady Marpaung, Nurul Khairina, Rizki Muliono³, Muhathir, 2024).

2.2.7 Tensorflow

Dikembangkan oleh tim Google Brain, TensorFlow merupakan sebuah pustaka (library) open source yang dirancang untuk komputasi numerik serta pembelajaran mesin (machine learning) skala besar. TensorFlow mengintegrasikan berbagai model, algoritma pembelajaran mesin, serta algoritma deep learning, yang mencakup jaringan syaraf tiruan (neural networks).

Salah satu metode yang sangat terkenal dalam ranah deep learning adalah CNN. Metode CNN ini khusus dirancang untuk mengidentifikasi dan

mengklasifikasikan objek yang terdapat dalam citra digital. Dengan struktur yang unik, CNN mampu menangkap fitur-fitur penting dalam gambar melalui proses konvolusi, yang memungkinkan model untuk mengenali pola dan detail yang kompleks. Metode ini sangat efektif dalam berbagai aplikasi, seperti pengenalan wajah, deteksi objek, dan klasifikasi citra, menjadikannya salah satu teknik utama yang digunakan dalam penelitian dan pengembangan teknologi visi komputer saat ini (Dacipta & Putra, 2022).

Tensorflow juga merupakan kerangka kerja pembelajaran mendalam yang paling populer. Dibuat oleh Google Brain dan open source pada tahun 2015, ia dengan cepat menarik perhatian ML, peneliti pembelajaran mendalam, insinyur, dan ilmuwan data. TensorFlow memiliki dukungan untuk eksekusi berbasis multi-CPU dan GPU, serta mendukung beberapa bahasa, termasuk C++, Java, R, dan Python. TensorFlow secara umum adalah library tingkat rendah, mirip dengan Theano, tetapi juga memiliki kemampuan untuk memanfaatkan API tingkat tinggi untuk pembuatan prototipe dan pengembangan yang cepat (Febriady Marpaung, Nurul Khairina, Rizki Muliono³, Muhathir, 2024).

TensorFlow adalah framework berbasis Python yang menyediakan API untuk memudahkan pengembang dalam membangun aplikasi pembelajaran mesin. Framework ini mendukung pelatihan dan penerapan berbagai jenis jaringan syaraf tiruan, termasuk untuk klasifikasi tulisan tangan dan pengenalan gambar.

TensorFlow juga memungkinkan penyematan kata dalam bentuk vektor untuk memudahkan pemrosesan teks dan dapat digunakan untuk membangun model jaringan syaraf tiruan berulang untuk menangani data berurutan. Selain itu,

framework ini berguna untuk pengembangan model sequence-to-sequence, seperti terjemahan bahasa, dan mendukung pemrosesan bahasa alami. TensorFlow juga mampu menjalankan simulasi berbasis PDE(Partial Differential Equation), menjadikannya alat yang sangat berharga dalam pembelajaran mesin dan kecerdasan buatan(Muharram et al., 2022).