

BAB 2

DASAR TEORI

2.1 KAJIAN PUSTAKA

Dalam melakukan penelitian ini, penulis membutuhkan tinjauan literatur melalui jurnal maupun paper yang sudah ada sebelumnya. Berdasarkan penelitian terdahulu, memprediksi suatu kejadian dapat dianggap sebagai data yang berharga untuk upaya antisipasi dan perencanaan yang lebih baik di masa mendatang. Dari penelitian-penelitian yang sudah ada sebelumnya memberikan poin-poin penting yang bisa dijadikan sebagai referensi dalam penelitian ini. Penelitian tentang klasifikasi telah dilakukan secara luas dengan objek yang beragam.

Penelitian [9] bertujuan untuk mempermudah diagnosis penyakit alergi kulit hanya dengan memperhatikan gejala yang dialami. Dengan menggunakan metode *Certainty Factor* (CF), diperoleh nilai kemungkinan seseorang mengalami penyakit alergi atau tidak. Metode *Certainty Factor* (CF) sangat bermanfaat untuk sistem pakar dalam mendiagnosis alergi kulit.

Penelitian [10] bertujuan mengevaluasi efektivitas *gel aloe vera* pada penyembuhan kulit berjerawat (*Acne Vulgaris*) pada mahasiswa Fakultas Kedokteran Universitas Muhammadiyah Sumatra Utara. Hasil karakteristik responden menunjukkan dominasi perempuan sebanyak 22 responden (73,3%), dibandingkan dengan pria sebanyak 8 responden (26,7%). Mayoritas responden mengalami jerawat dengan derajat ringan sebanyak 18 orang (60%), diikuti oleh jerawat sedang sebanyak 12 orang (40%). Pada penggunaan pertama, data menunjukkan bahwa 18 responden memiliki jerawat dengan derajat ringan. Pada penggunaan kedua, data menunjukkan bahwa 12 responden memiliki kulit dengan jerawat derajat sedang. Pada penggunaan ketiga, data menunjukkan bahwa jumlah responden dengan jerawat derajat sedang berkurang menjadi 7 orang, sementara 23 responden masih memiliki jerawat dengan derajat ringan.

Penelitian [11] bertujuan dari penelitian ini ialah memanfaatkan *Convolutional Neural Network* (CNN) berarsitektur *Alexnet* yang telah diperbarui untuk mengklasifikasikan empat kelas. Proses penelitian ini melibatkan tiga tahap utama yaitu *pre-processing* yang menunjukkan ukuran citra menjadi

224x224px, menggunakan 150 *epoch*. Hasil akurasi dari penelitian ini sebesar 98.37%.

Penelitian [12] hasil dari penelitian menggunakan model CNN dengan tiga lapisan *convolutional* dan *maxpooling*. *Hyperparameter tuning* dilakukan dengan cara membandingkan beberapa kombinasi *hyperparameter*; *learning rate*, *dropout rat* dan *density*. Model ini memiliki akurasi sebesar 96%.

Penelitian [13] studi ini berfokus pada penerapan *deep learning* menggunakan metode *Convolution Neural Network* (CNN) dengan memanfaatkan *TensorFlow*. Tujuan utama dari studi ini adalah mengembangkan model CNN yang dapat mengklasifikasikan berbagai jenis penyakit kulit kepala dan mengevaluasi tingkat akurasi klasifikasinya. Dataset yang digunakan terdiri dari 900 gambar, terbagi dalam 4 kelas, dengan masing-masing kelas berisi 300 gambar. Hasil terbaik dari studi ini menunjukkan akurasi sebesar 99,7% pada data *training* dan 90,4% pada data *testing* setelah dilakukan pelatihan selama 50 *epoch*.

Penelitian [14] bertujuan untuk mengembangkan model klasifikasi jenis dan tingkat keparahan jerawat dengan *Convolutional Neural Network* (CNN). Data latih diberi label dengan level 0, 1, dan 2 yang menggambarkan tingkat keparahan jerawat. Model klasifikasi ini diambil dari *www.kaggle.com*, dengan masing-masing label berisi 500 gambar. Jumlah *epoch* bervariasi antara 50, 80, dan 100. Akurasi yang diperoleh dari data latih adalah 0.6363, 0.8783, dan 0.923, berturut-turut.

Penelitian [15] Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sistem deteksi penyakit kulit pada wajah dengan harapan warga Indonesia dapat memahami tentang pengetahuan mengenai penyakit kulit pada wajah menggunakan metode *Convolutional Neural Network* dengan arsitektur *LeNet-5* yang menghasilkan tingkat akurasi sebesar 81%.

Tabel 2. 1 Perbandingan dengan Penelitian Sebelumnya

No.	Judul	Penulis	Metode	Persamaan	Perbedaan
1.	Metode <i>Certianity</i> <i>Factor</i> Dalam Mendiagnosa Penyakit Cacar Manusia	Eeferoni Nduru (2019)	<i>Certianity</i> <i>Factor</i>	Berfokus pada diagnosa penyakit kulit menggunakan teknologi komputasi.	Metode <i>Certainty</i> <i>Factor</i> (CF) untuk menghitung seseorang terkena penyakit kulit cacar.
2.	Keektifitas-an Pengunaan <i>Gel Aloe Vera</i> Dalam Penyembuhan Kulit Berjrawat Pada Mahasiswa Kedokteran Muhamadiyah Sumatra Utara	Annisa Cahaya Jannaty (2019)	-	Berfokus pada penyakit kulit	Jenis penyakit kulit yang digunakan berfokus pada satu jenis penyakit yaitu <i>acne vulgaris</i> .
3.	Klasifikasi Penyakit Mata Menggunakan CNN	Fani Nurona Cahaya (2021)	<i>Convolutional</i> <i>Neural</i> <i>Network</i> (CNN)	Metode yang digunakan yaitu <i>Convolutional</i> <i>Neural</i> <i>Network</i> (CNN)	Jenis objek yang diklasifikasikan yaitu penyakit mata, <i>epoch</i> yang digunakan berbeda yaitu 150.

Tabel 2. 2 Perbandingan dengan Penelitian Sebelumnya (Lanjutan)

4.	Klasifikasi Citra <i>X-Ray</i> COVID-19 menggunakan CNN Model	Aaeron Berliano Handoko (2022)	<i>Three-Layered</i> CNN	Berfokus pada deteksi dan klasifikasi penyakit melalui citra digital.	Jenis objek yang diklasifikasikan yaitu Citra <i>X-Ray</i> COVID-19.
5.	Klasifikasi Penyakit Kulit Kepala Dengan CNN	M.Reza Fakhrozi (2023)	<i>Convolutional Neural Network</i> (CNN)	Metode klasifikasi menggunakan CNN.	Jumlah dataset yang digunakan yaitu 900.
6.	CNN Untuk Mengklasifikasi Tingkat Keparahan Jerawat	Rianto (2023)	<i>Convolutional Neural Network</i>	Metode klasifikasi menggunakan CNN.	Dataset yang digunakan menggunakan <i>kaggle</i>
7.	Deteksi Penyakit Kulit Wajah Metode <i>Convolutional Neural Network</i>	Muhhammad Ath-Thariq (2023)	<i>Convolutional Neural Network</i>	Mengembangkan sistem deteksi penyakit kulit wajah	Dataset yang digunakan tidak hanya jerawat

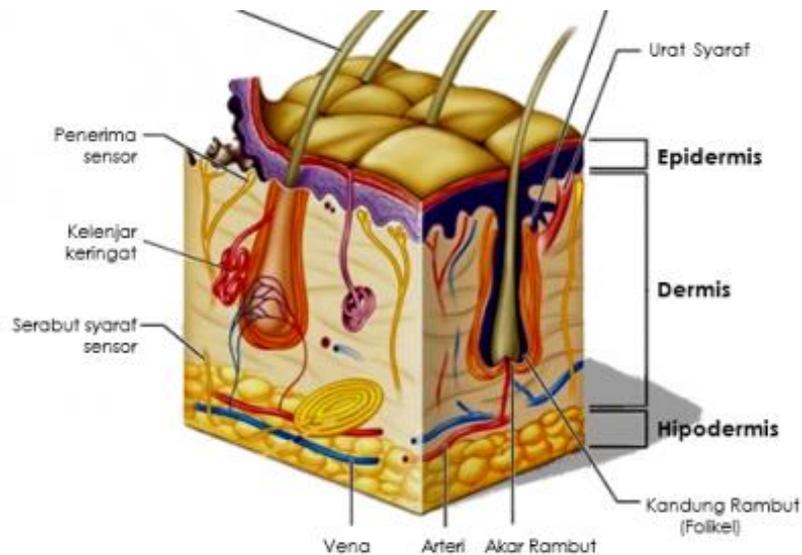
2.2 DASAR TEORI

2.2.1 Kulit

Kulit adalah organ penting pada manusia karena berada di lapisan luar tubuh yang berperan dalam menerima rangsangan seperti sentuhan, rasa sakit, dan pengaruh lainnya dari lingkungan luar. Kulit juga merupakan organ terbesar dalam tubuh manusia yang meliputi area permukaan sekitar 1,5-2 meter persegi. Kulit yang tidak sehat akan menyebabkan berbagai penyakit kulit [16]. Organ kulit tersusun dari berbagai jaringan dasar yang penting:

1. Kulit dilapisi oleh berbagai jenis epitel, terutama epitel berlapis gepeng dengan lapisan tanduk dan pembuluh darah pada dermisnya dilapisi oleh endotel.
2. Jaringan ikat seperti serat kolagen dan elastin, dan sel-sel lemak pada dermis.
3. Jaringan otot ditemukan pada dermis. Contoh, jaringan otot polos, yaitu otot penegak rambut dan pada dinding pembuluh darah, sedangkan jaringan otot bercorak seperti yang terdapat pada otot ekspresi wajah.
4. Jaringan saraf sebagai reseptor sensoris yang dapat ditemukan pada kulit berujung saraf bebas dan berbagai badan akhir saraf. Contoh, badan *Meissner* dan badan *Pacini*.

Epidermis dan dermis merupakan dua lapisan utama pada kulit. Epidermis, yang berasal dari ektoderm, berfungsi sebagai lapisan pelindung tubuh yang terdiri dari jaringan epitel. Di sisi lain, dermis yang berasal dari mesoderm, terdiri dari jaringan ikat yang lebih padat. Dermis juga mengandung reseptor sensorik untuk merasakan sentuhan, tekanan, panas, dan nyeri [17]. Kulit memiliki berbagai fungsi penting bagi tubuh, termasuk melindungi tubuh dari patogen, bahan kimia, dan kerusakan fisik. Merawat kulit adalah penting untuk menjaga kesehatannya dan mencegah berbagai masalah kulit contohnya dengan mengonsumsi makanan yang kaya akan vitamin dan mineral untuk mendukung kesehatan kulit, menggunakan pembersih yang sesuai untuk menghilangkan kotoran, minyak, dan sel kulit mati, dan juga memastikan tubuh mendapatkan cukup cairan untuk menjaga kelembapan kulit. Pencegahan melalui kebersihan yang baik, perlindungan terhadap paparan sinar matahari, dan menghindari alergen serta iritan juga penting dalam mengelola kesehatan kulit.



Gambar 2. 1 Struktur Lapisan Kulit [18].

Pada gambar 2.1 lapisan pertama kulit adalah epidermis, atau lapisan terluarnya. Lapisan kulit ini dapat dilihat secara langsung oleh mata. Lapisan kedua pada kulit ialah dermis. Dermis tubuh manusia berfungsi sebagai pelindung. Struktur lapisan dermis ini lebih tebal daripada hipodermis, yang merupakan lapisan terdalam dari kulit. Lapisan hipodermis mengikat kulit wajah ke jaringan dan otot di bawahnya [18].

2.2.2 Penyakit Kulit

Penyakit kulit ialah penyakit yang disebabkan oleh jamur, kuman, virus, atau infeksi yang dapat menyerang siapa saja dari berbagai usia. Penyakit kulit dapat menyerang seluruh tubuh atau area tertentu, jika tidak ditangani dengan baik, akan memburuk kesehatan [16]. Gangguan ini dapat mempengaruhi seluruh tubuh atau area tertentu. Jika tidak ditangani dengan tepat, kondisi kesehatan kulit bisa semakin memburuk, dipengaruhi oleh faktor seperti cuaca, lingkungan, tempat tinggal, gaya hidup yang tidak sehat, alergi, dan lain-lain. Terletak pada bagian paling luar, menjadikan kulit sering mengalami kontak langsung dengan berbagai macam bakteri, kuman, dan virus. Mengingat pentingnya peran kulit dalam menjalankan fungsinya dan melindungi organ internal tubuh dari cedera maupun serangan organisme penyebab penyakit (patogen), kulit patut mendapat prioritas perhatian dari segi kesehatan.

2.2.2.1 Jerawat

Jerawat adalah kondisi kulit tipis yang terletak pada wajah dan area tubuh lainnya seperti tangan, punggung, dan dada. Bintik merah yang terkadang menyakitkan sebagai tanda munculnya jerawat. Jerawat dapat membuat Sebagian orang tidak nyaman dan tidak percaya diri, meskipun sebenarnya tidak percaya diri [19].

Di Indonesia, jerawat umumnya dialami oleh sekitar 80-85% remaja, dengan angka tertinggi terjadi pada usia 15-18 tahun. Prevalensi jerawat pada wanita yang berusia di atas 25 tahun mencapai 12%, sementara pada kelompok usia 35-44 tahun hanya sekitar 3% [20].



Gambar 2. 2 Jenis-Jenis Jerawat [20].

Gambar 2.2 jenis-jenis jerawat berdasarkan tingkat berat ringannya penyakit terbagi menjadi 3 kelompok, yaitu:

- a. Kelompok jenis jerawat ringan yaitu berupa komedo yang terdiri dari jerawat whitehead dan blackhead.
- b. Kelompok jenis jerawat sedang terdiri dari jerawat papula dan pustula.
- c. Kelompok jenis jerawat berat/parah terdiri dari jerawat nodul kista, conglobata, dan fulminans [21].

Selain kebersihan diri dan lingkungan, langkah umum yang dilakukan untuk mengurangi jerawat adalah dengan rutin mencuci wajah minimal tiga kali

sehari. Pemilihan sabun pembersih yang tepat juga sangat penting untuk membersihkan kotoran dari kulit dan menjaga kebersihan permukaannya [22].

2.2.2.2 Jerawat Bisul

Benjolan kecil yang terdapat pada kulit, terutama di wajah, bisa berbentuk seperti bisul yang berisi nanah kuning, terasa gatal, dan terkadang sedikit nyeri [23].



Gambar 2. 3 Jerawat Bisul

Gambar 2.3 merupakan infeksi kulit yang dikenal sebagai bisul adalah benjolan merah muda yang biasanya berdiameter 1,3 hingga 1,9 cm. Kulit awalnya merah, lalu terbentuk benjolan lunak. Benjolan ini akan terus berkembang sampai kulit sekitarnya menjadi merah dan bengkak setelah empat atau tujuh hari, lalu berubah menjadi putih karena nanah berkumpul di bagian bawah kulit [24]. Penanganan jerawat bisul memerlukan pendekatan berbeda dengan jerawat biasa karena jerawat bisul lebih dalam dan lebih besar serta sering kali lebih nyeri dan sulit diobati.

2.2.2.3 Jerawat Pustula

Pustula adalah lesi kecil pada kulit yang mengandung nanah, yang juga dikenal sebagai jerawat nanah. Jerawat ini biasanya tampak sebagai benjolan yang lebih besar dari komedo, dengan bagian puncaknya berwarna putih dan kulit di sekitarnya merah [25]. Jerawat pustula bisa muncul di berbagai bagian wajah seperti dahi, pipi, hidung, dan dagu. Mereka juga dapat muncul di bagian tubuh lain seperti punggung, dada, dan bahu. Jerawat pustula dapat dipicu oleh penyumbatan pori-pori kulit bersama dengan akumulasi sel kulit mati, produksi minyak yang berlebih, dan infeksi oleh bakteri *propionibacterium acnes*.



Gambar 2. 4 Jerawat Pustula

Gambar 2.4 merupakan gambar dari jerawat pustula. Faktor lain yang dapat menyebabkan jerawat pustula meliputi reaksi alergi terhadap makanan atau paparan zat alergi, serta gigitan serangga beracun[26]. Penanganan jerawat pustula bertujuan untuk mengurangi peradangan, menghilangkan infeksi, dan mencegah terbentuknya jaringan parut. Perawatan paling sederhana ialah mencuci wajah dua kali sehari dengan pembersih yang lembut dan bebas dari bahan kimia. Selain itu kompres air hangat untuk membantu pori-pori dan mempercepat penyembuhan.

2.2.2.4 Jerawat Papula

Jerawat papula ialah jenis jerawat yang muncul di bawah permukaan kulit dengan tingkat keparahan sedang (*moderate*), menyerupai jerawat kistik dan nodul. Bentuknya berupa benjolan padat yang dapat menimbulkan sensasi nyeri. Papula seringkali terasa sakit saat disentuh dan dapat berkembang menjadi pustula atau nodul [25]. Jerawat papula muncul di berbagai bagian wajah seperti dahi, pipi, hidung, dan dagu. Perubahan hormon, terutama selama masa pubertas, menstruasi, atau kehamilan, dapat meningkatkan produksi sebum juga menjadi salah satu faktor penyebab munculnya jerawat pustula. Stres dapat memicu produksi hormon seperti kortisol, yang dapat meningkatkan produksi sebum dan memperburuk jerawat.



Gambar 2. 5 Jerawat Papula

Gambar 2.5 merupakan gambar dari jerawat papula. Papula terbentuk akibat peradangan di dalam folikel rambut atau pori-pori kulit yang tersumbat oleh minyak (sebum), sel kulit mati, dan bakteri. Papula memiliki gundukan merah dan sedikit meradang. Namun, tidak memiliki puncak karena belum terisi penuh dengan nanah. Perawatan kulit berjerawat jenis papula menggunakan masker mentimun 2x pemakaian dalam seminggu terdapat pengaruh yang signifikan terutama penyembuhan pada warna, ukuran dan jumlah jerawat [27].

Tabel 2. 3 Ciri-Ciri Jerawat.

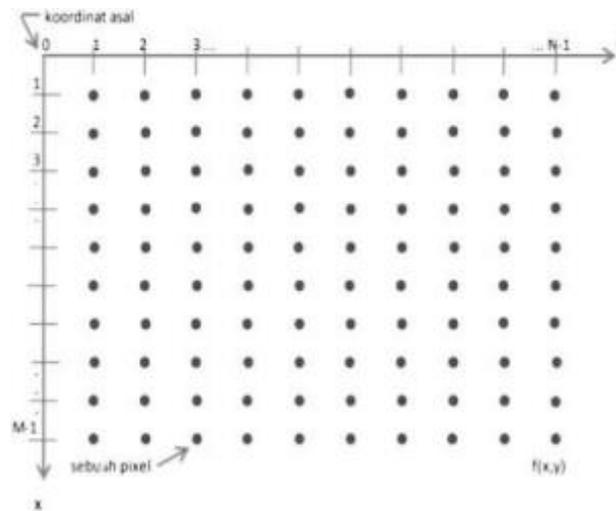
Jenis Jerawat	Ciri-Ciri
Bisul	Benjolan besar dan keras. Warna merah tidak ada kepala putih, nyeri karena peradangan dalam.
Papula	Ukuran kecil, padat dan kecil, warna merah muda, nyeri jika meradang.
Pustula	Ujuran bervariasi, benjolan berisi nanah dengan puncak putih atau kuning, warna merah

Pada Tabel 2.3 merupakan tabel yang menjelaskan ciri-ciri dari jenis jerawat bisul, jerawat papula, dan jerawat pustula. Terlihat perbedaan utama dari

masing-masing jenis jerawat berdasarkan bentuk, warna, dan kondisi peradangan yang terjadi.

2.2.3 Citra

Citra merupakan sebuah representasi visual dari suatu objek, orang, suasana, yang dihasilkan oleh perangkat optik seperti cermin, lensa, atau kamera [28]. Citra adalah representasi visual yang terdiri dari sejumlah piksel yang tersusun dalam matriks dua dimensi, memuat nilai-nilai aktual dan diwakili dalam urutan bit tertentu. Melalui proses *sampling*, citra analog dibagi menjadi M baris dan N kolom, di mana koordinat khusus (x, y) mewakili titik-titik di dalamnya. Nilai f pada titik koordinat (x, y) merujuk pada intensitas atau tingkat keabuan dari citra di titik tersebut [29].



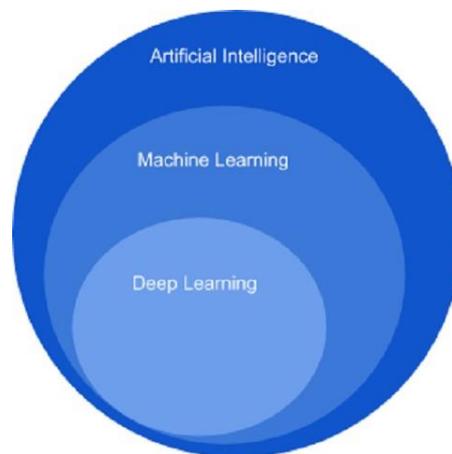
Gambar 2. 6 Titik Koordinat Citra [29].

Pada Gambar 2.6 Nilai suatu irisan antara baris dan kolom (pada posisi x, y) disebut dengan *picture elements, image elements, pels* atau *pixels*. Istilah yang paling banyak digunakan pada citra digital adalah piksel. Sebuah citra digital adalah sebuah matriks (*array* dua dimensi) dari kumpulan piksel sebagai balok-balok bangunan dasar. Nilai setiap piksel sebanding dengan kecerahan titik yang sesuai dengan lokasinya. Matriks piksel dari sebuah gambar biasanya berbentuk persegi dan digambarkan sebagai piksel $N \times M$ dimana terdiri atas N kolom dan M baris. Di mana pengolahan citra merupakan proses penting untuk memanipulasi piksel-piksel dalam citra digital guna mencapai berbagai tujuan, seperti meningkatkan kualitas citra, mengenali pola, identifikasi biometrik, mencari

kembali gambar/foto atau video berdasarkan konten, mengedit video, dan banyak lagi aplikasi lainnya [29]. Pengolahan citra menerima citra sebagai *input* dan menghasilkan citra sebagai *output*.

2.2.4 AI (*Artificial Intelligence*)

Kecerdasan buatan (AI), yang dikenal sebagai sistem pintar yang berinteraksi dengan pengguna, akan mengubah cara proses manufaktur beroperasi dengan adopsi manufaktur adaptif, pengendalian kualitas otomatis, pemeliharaan prediktif, dan berbagai solusi lainnya. AI dapat mengatasi tantangan seperti inspeksi visual, otomatisasi pengendalian, kalibrasi dan penyetelan, serta identifikasi masalah secara otomatis untuk mitra produsen besar [30].



Gambar 2. 7 *Artificial Intelligence* [31].

Pada gambar 2.7 menunjukkan hubungan hierarkis antara *Artificial Intelligence* (AI), *Machine Learning* (ML), dan *Deep Learning* (DL) dalam bentuk diagram Venn. *Supervised learning* adalah salah satu teknik utama dalam penerapan *machine learning*. Dalam konteks ini, penggunaan data menjadi krusial karena tanpa data, sistem tidak dapat beroperasi secara efektif. Biasanya, data yang terbagi menjadi 2 bagian utama ialah data pelatihan dan data pengujian. Data pelatihan digunakan untuk melatih algoritma guna menghasilkan model yang sesuai, sedangkan data pengujian digunakan untuk mengevaluasi performa model yang telah dibuat. Pendekatan *supervised learning* didasarkan pada konsep pembelajaran fungsi, di mana algoritma diprogram untuk memilih fungsi yang

paling tepat dalam memetakan *input* tertentu (x) ke *output* yang diharapkan (y). [31].

Deep Learning merupakan cabang ilmu *machine learning* yang berfokus pada penggunaan Jaringan Saraf Tiruan (JST) yang mendalam. JST merupakan salah satu teknik yang banyak digunakan untuk masalah pengenalan karakter dan merupakan *classifier* yang kuat karena tingkat perhitungan dan keakuratannya yang tinggi. Faktor terpenting dalam menentukan kelakuan suatu neuron adalah fungsi aktivasi dan pola bobotnya. Umumnya neuron-neuron yang terletak pada lapisan yang sama akan memiliki keadaan yang sama sehingga pada setiap lapisan yang sama neuron-neuron memiliki fungsi aktivasi yang sama. Bila neuron-neuron pada suatu lapisan (misal lapisan tersembunyi) akan dihubungkan dengan neuron neuron pada lapisan lain (misal lapisan keluaran) maka setiap neuron pada lapisan tersebut (lapisan tersembunyi) juga harus dihubungkan dengan setiap neuron pada lapisan lainnya (lapisan keluaran). Terdapat 3 macam arsitektur JST, yaitu:

a. Jaringan dengan lapisan tunggal (*single layer net*)

Jaringan ini hanya memiliki 1 lapisan dengan bobot-bobot terhubung. Jaringan ini hanya menerima masukan kemudian secara langsung akan mengolahnya menjadi keluaran tanpa harus melalui lapisan tersembunyi.

b. Jaringan dengan banyak lapisan (*multilayer net*)

Jaringan ini memiliki 1 atau lebih lapisan yang terletak diantara lapisan masukan dan lapisan keluaran.

c. Jaringan dengan lapisan kompetitif (*competitive layer net*)

Pada jaringan ini sekumpulan neuron bersaing untuk mendapatkan hak menjadi aktif. Umumnya hubungan antar neuron pada lapisan kompetitif ini tidak diperlihatkan pada diagram arsitektur. Teknologi ini memungkinkan komputer untuk secara langsung memproses dan mengklasifikasi informasi dari gambar atau suara. Salah satu algoritma utama dalam *deep learning* ialah *Convolutional Neural Network* (CNN). CNN dirancang khusus untuk mengolah data dalam bentuk dua dimensi seperti gambar atau audio, memungkinkan sistem untuk belajar secara mandiri dari citra yang dihadapkan, mengurangi ketergantungan pada pemrograman manual [32].

2.2.5 Augmentasi Data

Augmentasi data adalah teknik penting dalam pelatihan model *Convolutional Neural Networks* (CNN) untuk tugas-tugas pengenalan citra, seperti klasifikasi. Augmentasi data merupakan strategi umum yang digunakan untuk mengurangi masalah *over-fitting* pada model. Dengan mengaplikasikan transformasi pada data asli, augmentasi data menghasilkan variasi data tambahan yang dapat meningkatkan kemampuan model untuk menggeneralisasi informasi dari dataset yang diberikan [33].



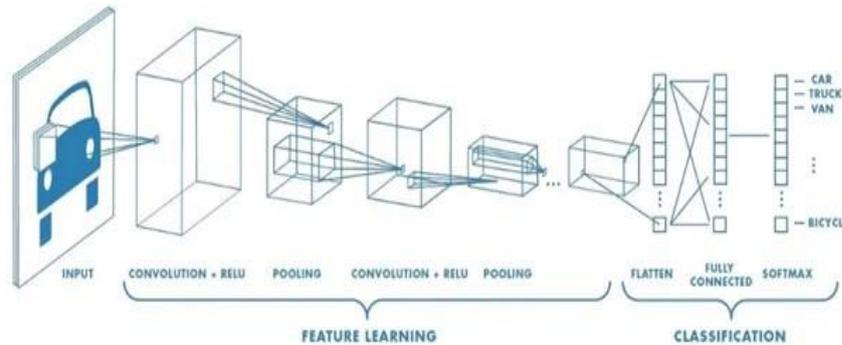
Gambar 2. 8 Ilustrasi Augmentasi Data [34].

Pada Gambar 2.8 contoh augmentasi tidak hanya melibatkan perputaran gambar sebesar 90 derajat, tetapi juga dapat mencakup teknik *zoom-in* acak, perubahan ukuran, pemotongan acak, dan rotasi. Proses data *augmentation* terdiri dari beberapa tahap yaitu *horizontal flip*, *shear range*, dan *zoom range*. *Shear range* dan *zoom range* sendiri memiliki nilai 0.2. Tahapan *horizontal flip* bekerja untuk meningkatkan jumlah data pelatihan dengan cara memutar gambar atau citra secara *horizontal* sebesar 90 derajat. Tahapan *Shear range* menerapkan metode *shear transformation* nya itu menambah variasi citra dengan cara merotasi citra dengan derajat tertentu, dan tahapan *zoom range* yaitu dengan memperbesar citra dengan skala tertentu dari citra original [35]. Augmentasi citra adalah teknik yang penting digunakan oleh semua algoritma *machine learning* untuk meningkatkan kinerja pada tugas klasifikasi [36].

2.2.6 CNN (*Convolutional Neural Network*)

Pendekatan *Deep Learning* yang menggunakan jaringan syaraf tiruan sebagai memecahkan masalah dengan mempelajari data yang ada adalah *Convolutional Neural Network* (CNN). Metode pengenalan citra digital yang paling populer adalah metode *Convolutional Neural Network*. Selanjutnya, ada lapisan konvolusi pada *output* dari lapisan sebelumnya ini adalah proses utama

yang mendasari sebuah CNN. Istilah "konvolusi" mengacu pada fakta bahwa mengaplikasikan fungsi tertentu pada *output* fungsi lain secara berulang. Lapisan yang sepenuhnya terhubung ini sering digunakan dalam implementasi MLP dan bertujuan untuk mengubah dimensi data sehingga data dapat diklasifikasikan secara linear. Setiap *neuron* di lapisan konvolusi harus diubah menjadi data berdimensi satu [37].



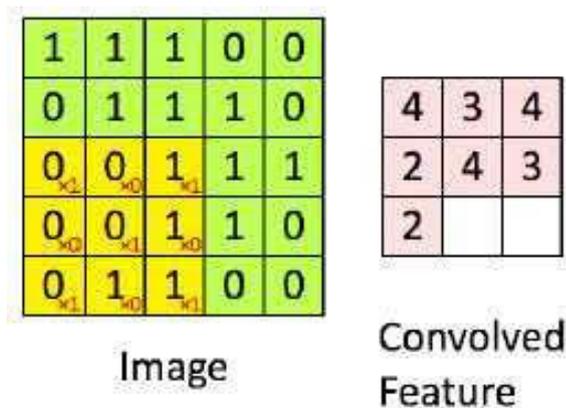
Gambar 2. 9 Arsitektur CNN [37].

Pada gambar 2.9 ialah gambaran umum arsitektur *Convolutional Neural Network* yang terdiri atas *input*, *feature learning*, dan *classification*. *Input* gambar ialah gambar yang akan di *input* dan diproses oleh jaringan CNN. *Convolution + ReLU (Rectified Linear Unit)* merupakan lapisan konvolusi (*convolutional layer*) untuk mengekstraksi fitur dari gambar *input*, filter (kernel) diterapkan pada gambar *input* untuk menghasilkan peta fitur (*feature map*). Fungsi aktivasi ReLU untuk memperkenalkan non-linearitas ke dalam model. ReLU mengubah semua nilai negatif menjadi nol dan mempertahankan nilai positif. *Pooling* berguna untuk mengurangi dimensi fitur, biasanya *max pooling* atau *average pooling* yang digunakan. Proses konvolusi dan ReLU diulang beberapa kali untuk mengekstraksi fitur yang lebih kompleks dari gambar *input*. Peta fitur yang dihasilkan dari lapisan konvolusi dan *pooling* kemudian di-flatten menjadi vektor satu dimensi. Ini diperlukan sebelum memasukkan data ke dalam lapisan *fully connected*. Lapisan *fully connected (FC)* menghubungkan semua neuron di satu lapisan dengan semua neuron di lapisan berikutnya. *FC layer* digunakan untuk melakukan klasifikasi berdasarkan fitur yang diekstraksi dari lapisan sebelumnya. Lapisan *output* menggunakan fungsi *softmax* untuk menghasilkan probabilitas untuk setiap kelas.

Convolutional Neural Network adalah jenis algoritma *supervised* yang khusus dirancang untuk menerima *input* berupa gambar. Kekuatan utama CNN terletak pada kemampuannya dalam mengenali pola dan fitur dalam citra, menjadikannya sangat efektif untuk tugas-tugas klasifikasi visual. Berasal dari pengembangan *Multi Layer Perceptron* (MLP), CNN didesain khusus untuk menangani data dua dimensi, menjadikannya sangat ideal untuk aplikasi pengenalan pola dan pemrosesan gambar [38].

2.2.6.1 Convolutional Layer

Konvolusi pada data citra bertujuan untuk mengekstraksi ciri-ciri visual yang penting dari citra yang dimasukkan. Proses konvolusi melibatkan transformasi linier dari data citra, yang mempertahankan informasi spasial dari citra. Bobot yang ada di lapisan tersebut menentukan kernel konvolusi yang digunakan, memungkinkan kernel untuk diadaptasi dan diperbarui berdasarkan masukan yang diterima oleh jaringan saraf konvolusional (CNN) [39].



Gambar 2. 10 Operasi Konvolusi [39].

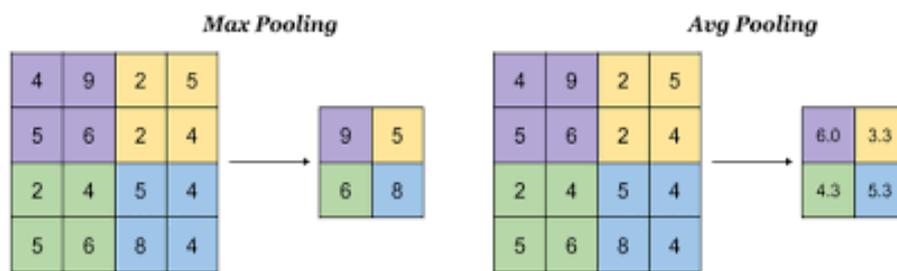
Pada gambar 2.10 menjelaskan tentang proses operasi konvolusi terdapat sebuah *Image* berukuran 5x5 piksel dan sebuah *convolved feature* berukuran 3x3 piksel. Proses konvolusi dilakukan dengan menggeser *convolved feature* di atas image piksel demi piksel. Untuk setiap posisi, nilai-nilai elemen pada *convolved feature* dikalikan dengan nilai-nilai elemen pada *image* yang berada di bawahnya. Kemudian hasil perkalian tersebut dijumlahkan untuk menghasilkan nilai piksel tunggal pada *convolved feature*. Sebagai contoh, jika *convolved feature* berada pada posisi (2,2) di *image*, maka operasi konvolusi yang terjadi adalah:

$$\begin{aligned}
& (1 * 0) + (1 * 1) + (1 * 0) + \\
& (0 * 1) + (1 * 1) + (1 * 1) + \\
& (0 * 0) + (0 * 1) + (1 * 0) = 3 \qquad (2.1)
\end{aligned}$$

Nilai 3 ini kemudian menjadi nilai piksel pada posisi (0,0) di *convolved feature*. Proses ini dilakukan untuk semua posisi *convolved feature* sehingga menghasilkan *output* akhir berupa *convolved feature* berukuran 3x3 piksel. Pada lapisan konvolusi, proses inti dalam CNN adalah penerapan operasi konvolusi, di mana sebuah fungsi diterapkan secara berulang pada keluaran fungsi lain [38].

2.2.6.2 Pooling Layer

Pooling layer pada CNN dapat dimanfaatkan sebagai masukan yang diteruskan untuk berbagai jenis pembedahan statistik yang didasarkan pada nilai piksel terdekat. *Pooling layer* yang dimasukkan di antara lapisan konvolusi secara berturut-turut dalam arsitektur model *convolutional neural network* dapat secara progresif mengurangi ukuran volume *output* pada *feature map*, sehingga jumlah parameter dan perhitungan di jaringan berkurang. Keuntungan *pooling layer* mengurangi dimensi *volume output* pada fitur map yang bisa bermanfaat buat mengatur *overfitting* [40]. *Pooling layer* digunakan untuk mengurangi dimensi dari *feature map* dengan memilih nilai maksimum atau rata-rata, seperti yang dilakukan oleh *max pooling* dan *average pooling*, untuk menyederhanakan representasi data. [41].



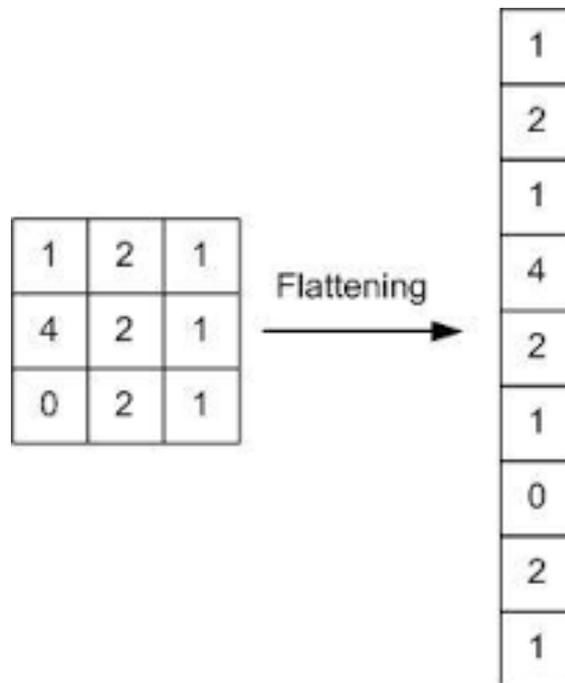
Gambar 2. 11 Operasi Pooling Layer [42].

Pada gambar 2.11 proses *max pooling* mengekstraksi nilai maksimum dari matriks *input* sesuai dengan area yang dicakup oleh filter dari *layer max pooling*. Pada *max pooling input* matriks berukuran 4x4 dibagi menjadi beberapa wilayah 2x2. Nilai maksimum dari setiap wilayah dipilih dan dimasukkan ke dalam *output* matriks. Sementara itu, *average pooling layer* akan menghitung nilai rata-rata dari

matriks *input* berdasarkan cakupan filternya Pada gambar sebelah kanan, *input* matriks berukuran 4x4 dibagi menjadi beberapa wilayah 2x2. Rata-rata nilai dari setiap wilayah dihitung dan dimasukkan ke dalam *output* matriks.

2.2.6.3 Flatten

Tujuan dari tahap *flattening*, yang dilakukan setelah tahap *pooling*, adalah untuk mengubah gambar dua dimensi menjadi satu dimensi, sehingga lebih mudah untuk membaca data dan meningkatkan kinerja. Proses ini biasanya digunakan dalam tahap pra-pemrosesan data sebelum memasukkan data tersebut ke dalam lapisan *fully connected* (*fully connected layer*) dalam jaringan saraf tiruan. Jika proses *flattening* tidak dilakukan, hasil konvolusi tidak dapat diproses pada tahap terhubung sepenuhnya [43].

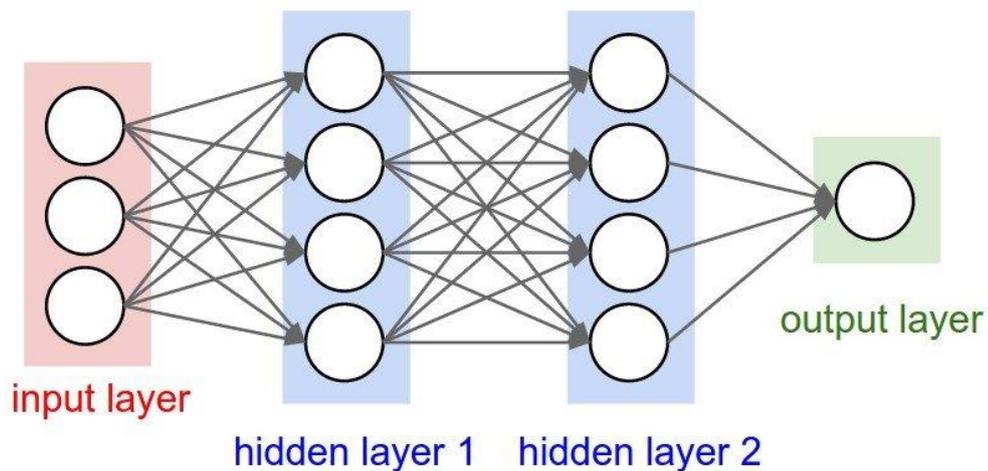


Gambar 2. 12 Flatten [43].

Berdasarkan gambar 2.12 menunjukkan proses dasar pengolahan gambar atau teknik manipulasi matriks, di mana *grid* data dua dimensi diubah menjadi representasi satu dimensi, yang berguna untuk berbagai keperluan komputasi pada gambar 2.12 dimana ada matriks 3x3, matriks kemudian diubah menjadi vektor satu dimensi dengan cara membaca nilai-nilai dari kiri ke kanan dan baris demi baris. Di mana nilai hasil *flatten* pada layer diperoleh dengan mengalikan ukuran terakhir yang diperoleh dari proses *feature learning* dengan jumlah filter yang digunakan.

2.2.6.4 Fully Connected Layer

Merupakan tahapan akhir setelah lapisan konvolusi dan lapisan *pooling* yang berfungsi sebagai lapisan akhir untuk menggabungkan dan mengklasifikasikan data pelatihan ke dalam kelas yang sesuai [44]. *Fully Connected* merupakan bentuk jaringan dari lapisan *neural network*, *image* yang sudah diubah menjadi 1 dimensi dijadikan sebagai nilai masukan pada lapisan *input* untuk selanjutnya dapat diprediksi [45].



Gambar 2. 13 Fully Connected Layer [46].

Pada gambar 2.13 menunjukkan struktur jaringan saraf tiruan (*artificial neural network*) yang terdiri dari beberapa lapisan. Dalam jaringan saraf, neuron disusun dalam beberapa lapisan yang mencakup layer *input*, layer tersembunyi, dan layer *output* untuk mengatur proses komputasi.

1) *Input Layer*

Setelah menggabungkan matriks *feature map* dari proses *pooling layer*, setiap piksel diubah menjadi sebuah vektor dengan panjang sama dengan jumlah piksel dalam matriks *pooling*. Nilai-nilai ini dari *input layer* kemudian digunakan untuk perhitungan nilai dalam lapisan tersembunyi [47].

2) *Hidden Layer*

Lapisan ini melakukan penghitungan dengan mengalikan nilai dari lapisan masukan dengan bobot yang sudah disiapkan, kemudian menambahkan nilai bias rumus dari perhitungan ditulis sebagai berikut:

$$z_{in_i} = \sum X_j * V_{j,i} + V_{o,i} \quad (2.2)$$

Keterangan:

z_in_i : nput untuk node hidden layer ke-i dengan jumlah node n

X_j : Node X ke-j

V_{ji} : Bobot V untuk X_j dengan node Z_i

V_{oi} : Bias V untuk z_in_i

Setelah itu, menerapkan fungsi aktivasi ReLU ke semua hasil perhitungan untuk menghasilkan nilai *output* Z, yang kemudian akan digunakan dalam perhitungan lapisan *output* [47].

3) *Output Layer*

Di dalam tahap ini, nilai yang dihasilkan dari lapisan tersembunyi dikalikan dengan bobot yang telah diatur sebelumnya, setelah itu nilai tersebut ditambahkan dengan nilai bias [47].

$$y_in_i = \sum_{j=1}^m Z_j * W_{j,i} + W_{o,i} \quad (2.3)$$

Keterangan:

y_in_i : Masukan untuk node *hidden layer* Z ke-i dengan jumlah node m

$W_{j,i}$: Bobot W untuk Z_j dengan node Y_i

$W_{o,i}$: Bias W untuk y_in_i Z_j : Node Z ke-j

Selanjutnya dengan memasukkan fungsi aktivasi, pada penelitian ini digunakan *softmax* untuk semua hasil dari perhitungan, kemudian diperoleh nilai hasil perhitungan berupa nilai *output*.

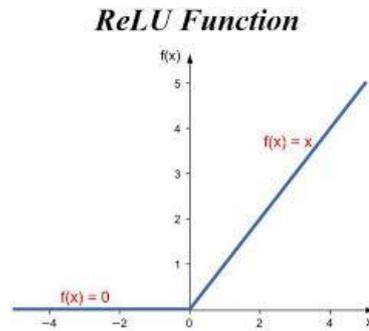
2.2.6.5 Fungsi Aktivasi

Fungsi aktivasi, yang juga dikenal sebagai neuron, adalah komponen kunci dalam jaringan syaraf tiruan yang memperkenankan pemecahan permasalahan yang tidak sederhana dengan cara yang tidak linear. Setelah menerima *input*, setiap fungsi aktivasi melakukan operasi matematika penting. Pada arsitektur *Convolutional Neural Network*, fungsi aktivasi terletak pada langkah terakhir dari perhitungan *feature map* setelah proses konvolusi atau *pooling*, membentuk pola fitur yang esensial [39].

a) *ReLU*

ReLU merupakan transformasi *nonlinier* yang dapat digunakan untuk mengubah masukan menjadi keluaran. *ReLU* ialah salah satu jenis fungsi

aktivasi yang mampu mempercepat konvergensi proses pelatihan jaringan saraf. [48].



Gambar 2. 14 Fungsi Aktivasi ReLU [49].

Pada gambar 2.14 merupakan fungsi aktivasi ReLU. *Activation ReLu* digunakan untuk mengubah nilai piksel menjadi nol jika ada nilai piksel pada citra yang kurang dari nol, dengan tujuan untuk meningkatkan kualitas gambar dengan mengurangi kesalahan [50].

2.2.7 Confussion Matrix

Confusion Matrix merupakan sebuah alat bantu untuk melakukan analisis terhadap performa dari metode atau algoritma yang digunakan dalam proses klasifikasi [51]. Seperti yang terlihat di tabel 2.4 yang memberikan informasi penting tentang performa klasifikasi yang dilakukan [52].

Tabel 2. 4 Confussion Matrix Multiclass

Prediksi			
	<i>Class 1</i>	<i>Class 2</i>	<i>Class 3</i>
<i>Class 1</i>	TP	E_{12}	E_{13}
<i>Class 2</i>	E_{21}	TP	E_{23}
<i>Class 3</i>	E_{31}	E_{32}	TP

Tabel 2.4 merupakan *confussion matrix multiclass*. TP (*True Positive*) merupakan jumlah data *testi* yang diklasifikasikan sistem sesuai dengan kategori yang sesungguhnya. FP (*False Positive*) merupakan jumlah data *testing* pada kolom yang sesuai kelasnya namun tidak termasuk TP. FN (*False Negative*) menggambarkan data uji yang seharusnya diklasifikasikan dalam kelas tertentu namun tidak teridentifikasi sebagai TP. Dalam tabel 2.3, nilai E_{12} , E_{13} , E_{21} , E_{23} ,

E_{31} , E_{32} mewakili FP dan FN [52]. Dalam evaluasi ini, dilakukan perhitungan Akurasi, Presisi, *Recall*, dan *F1-Score* dengan mempertimbangkan kondisi-kondisi tersebut [53].

2.2.8 Parameter yang di Uji

Dapat dilakukan perhitungan Akurasi, Presisi, *recall*, dan *F1-Score* untuk mengamati keakuratan dan performa model dalam proses klasifikasi[53].

a. Akurasi

Nilai Akurasi adalah ukuran yang menunjukkan sejauh mana model yang dibangun mampu mengidentifikasi data secara tepat, yang mana hasil prediksi mendekati nilai aktual. Hal ini bisa diukur melalui rasio jumlah prediksi yang tepat (*true positive*) dibagi dengan total data yang diamati. Persamaan 2.4 dapat diperoleh dengan persamaan sebagai berikut.

$$\text{Akurasi} = \frac{TP+TN}{TP+TN+FP+FN} \times 100\% \quad (2.4)$$

b. Presisi

Nilai presisi ialah nilai yang menggambarkan jumlah data kategori positif yang diklasifikasi secara benar dibagi dengan total data yang diidentifikasi positif, Presisi dapat diperoleh dengan persamaan:

$$\text{Presisi} = \frac{TP}{TP+FP} \times 100\% \quad (2.5)$$

c. *Recall*

Recall ialah nilai yang menunjukkan beberapa persen data kategori positif yang terklasifikasi dengan benar oleh sistem. *Recall* dapat diperoleh dengan persamaan:

$$\text{Recall} = \frac{TP}{TP+FN} \times 100\% \quad (2.6)$$

d. *F1-Score*

F1-Score merupakan perbandingan rata-rata *presicion* dan *recall*, sehingga akan memberikan gambaran nilai *precision* dan *recall* secara bersamaan.

$$\text{F1 - Score} = \frac{1}{\frac{1}{\text{Precision}} + \frac{1}{\text{Recall}}} \quad (2.7)$$