

BAB II

DASAR TEORI

2.1 KAJIAN PUSTAKA

Penelitian terdahulu digunakan sebagai acuan, perbandingan dan referensi dalam memperluas serta memperdalam teori yang akan dipakai, sehingga dapat dijadikan pengembangan dalam penelitian ini serta menghindari anggapan kesamaan dengan penelitian. Adapun referensi penelitian yang diambil adalah :

Penelitian dengan judul “Identifikasi Citra Batu Mulia dengan Menggunakan Metode Jaringan Saraf Tiruan *Backpropagation*” oleh Meylda Kurnia Emylia Putri tahun 2019. Menjelaskan bahwa metode dalam penelitian ini algoritma yang digunakan yaitu *algoritma backpropagation*. Prinsip kerja dari *algoritma backpropagation* ini harus menentukan apriori, beberapa variable dan parameter tambahan yang digunakan untuk tujuan tersebut. dibuatnya sistem basis jaringan saraf tiruan dapat mengidentifikasi dan mengenali batuan mulia, asli, palsu, atau sintetis dikarenakan jaringan saraf tiruan merupakan salah satu ilmu computer yang dapat mempelajari dan menirukan kerja otak manusia dibidang pengelompokan dan pengenalan pola. Implementasi jaringan syaraf tiruan dengan menggunakan metode backpropagation pada identifikasi batu mulia yaitu mempunyai rata-rata akurasi sebesar 85% dalam mengidentifikasi batu mulia asli dengan batu sintetis[2].

Penelitian dengan judul “Klasifikasi Batik Riau Dengan Menggunakan *Convolutional Neural Networks (CNN)*” oleh Hendry Fonda, Yuda Irawan, Anita Febriani tahun 2020. Menjelaskan bahwa dalam prosesnya CNN akan melakukan training dan testing terhadap batik Riau sehingga didapat kumpulan model batik yang telah terklasifikasi berdasarkan ciri khas yang ada pada batik Riau sehingga dapat ditentukan gambar (*image*) yang merupakan batik Riau dan yang bukan merupakan batik Riau. Klasifikasi menggunakan CNN menghasilkan batik riau dan bukan batik riau dengan akurasi 65%. Akurasi 65% disebabkan pada dasarnya banyak motif yang sama antara batik riau dengan batik lainnya dengan perbedaan terletak pada warna cerah pada batik riau [4].

Penelitian dengan judul “Klasifikasi Citra Kualitas Bibit dalam Meningkatkan Produksi Kelapa Sawit Menggunakan Metode *Convolutional Neural Network (CNN)*” oleh Ego Oktafanda tahun 2022. Menjelaskan bahwa Data yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari data citra PT.Gatipura Mulya yang sedang melakukan pembibitan sebanyak 612 citra bibit kelapa sawit dan dapat dibagi menjadi 4 kelas. Metode yang dapat digunakan dalam melakukan identifikasi ini yaitu *Convolutional Neural Network (CNN)* yang dapat mempelajari objek pada pola citra. Hasil penelitian ini adalah dengan tingkat akurasi pengenalan citra sangat baik. Sehingga penelitian ini dapat direkomendasikan dalam pengenalan pola citra kelapa sawit. Data yang tidak terlalu banyak metode CNN dapat mengklasifikasi dengan cukup baik dengan tingkat akurasi 0,95% dengan menerapkan transfer learning *ResNet50*. Metode CNN sangat bagus di terapkan di citra namun jika membuat model baru, harus memiliki *dataset* yang besar, agar mendapatkan model yang bagus. Metode ini dapat mengimplementasikan *Transfer Learning Model ResNet50* sehingga tingkatkan akurasi penentuan kualitas terjamin dalam meningkatkan produksi [5].

Penelitian dengan judul “Evaluasi Perbandingan Kinerja Convolutional Neural Networks untuk Klasifikasi Kualitas Biji Kakao” oleh Indra Riyana Rahadjeng, Muhammad Noor Hasan Siregar, Agus Perdana Windarto tahun 2023. Menjelaskan bahwa pengklasifikasi berbasis CNN dapat memberikan penilaian kualitas biji kakao yang akurat, dengan tingkat keberhasilan yang signifikan. Penelitian ini memberikan kontribusi pada pengembangan sistem klasifikasi citra biji kakao yang efisien dan akurat, yang dapat meningkatkan efisiensi dalam industri coklat dan memastikan kualitas produk akhir. Selain itu, hasil pengujian menunjukkan bahwa model dengan ukuran batch 64 mencapai akurasi tertinggi sebesar 98,44%, melampaui tiga ukuran batch lainnya yang diuji dalam kinerja klasifikasi biji kakao [6].

Penelitian dengan judul “Penerapan *Convolutional Neural Network Deep Learning* dalam Pendeteksian Citra Biji Jagung Kering” oleh Arum Tiara Sari, Emy Haryatmi tahun 2021. Menjelaskan Tujuan dari penelitian ini adalah mendeteksi citra biji jagung kering dengan menerapkan metode Convolutional Neural Network (CNN) deep learning. Teknik ini terdiri dari 3 tahap utama, pertama preprocessing

atau menormalkan data input citra biji jagung dengan melakukan wrapping dan cropping. Kedua, pembentukan model dan pelatihan sistem, yang terakhir adalah melakukan untuk pengujian sistem. Penelitian menggunakan CNN untuk mengenali citra biji jagung kering dan menentukan nilai akurasi. Pada penelitian ini digunakan 20 citra biji jagung yang digunakan sebagai testing data dari 80 citra biji jagung yang digunakan pada training dataset. Nilai akurasi pendeteksian biji jagung kering dipengaruhi oleh ukuran citra dan posisi pengambilan citra dari kamera smartphone. Penggunaan 7 convolutional layer memberikan nilai akurasi berkisar antara 80% - 100% sehingga nilai rata-rata akurasi testing data sebesar 0,90296. Penggunaan convolutional layer mampu mendeteksi kekuatan bentuk dari suatu citra [7].

2.2 DASAR TEORI

2.2.1 Batu Permata

Batu permata adalah batuan yang terbentuk dari pendinginan magma atau lava yang bersuhu diatas 1.000 derajat Celsius yang berasal dari perut bumi yang keluar melalui proses erupsi gunung berapi, rentang waktu yang diperlukan pun mencapai ratusan hingga milyaran tahun yang dimana unsurnya terdiri dari satu atau beberapa komponen kimia, perlu melalui beberapa proses untuk merubah bahan batu permata menjadi batu permata dan dapat digunakan menjadi perhiasan, seperti proses pemotongan, proses pembentukan, dan penggosokan [8].

Proses terbentuknya batu permata pun beraneka ragam dan menjadikan batuan tersebut menjadi tiga jenis, yaitu batuan beku atau vulkanik, batuan sedimen atau endapan, dan batuan metamorf atau malihan. Tetapi sebagian besar batu permata ditemukan pada jenis batuan beku atau vulkanik dan di laut karena terbawa oleh arus ombak lautan. Batu permata adalah batuan berharga yang berwarna indah. Warna-warni pada batu permata disebabkan oleh unsur kimia penyusun batuan tersebut (unsur transisi yang memberikan warna pada komponen pokok yang biasanya berwarna bening) dan juga perlakuan fisik seperti suhu pada letak geografis batuan tersebut. Dari sudut pandang dunia perdagangan, batu permata adalah batuan mineral yang biasanya berwarna transparan yang diperoleh dari alam dengan sifat fisik dan kimia yang khas dan kemudian diproses melalui sistem

pemotongan dan penggosokan guna menambah nilai estetika sehingga bernilai jual tinggi [9].




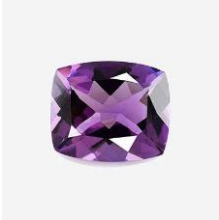

Di dunia ini tidak semua tempat menghasilkan batu permata. Sebuah batu disebut permata apabila memenuhi beberapa syarat. Antara lain memiliki ketahanan, keindahan, dan kelangkaan. Di Indonesia ada banyak daerah yang menghasilkan ragam batu permata populer. Ragam jenis batu permata populer yang berasal dari daerah-daerah Indonesia antara lain di provinsi Aceh dan Padang yang terkenal dengan jenis batu Idocrase Banten ada batu Kalimaya, di Lampung dengan batu jenis-jenis anggur yang menawan dan jenis cempaka, di Pulau Kalimantan dengan Kecubungnya (Amethyst), dan Intan (berlian). Batu permata mempunyai nama dari mulai huruf a sampai huruf z yang diklasifikasikan menurut kekerasannya yang dikenal dengan Skala Mohs dari 1 sampai 10 [10].




Jenis-Jenis Batu Permata



Permata yang paling diminati di dunia adalah yang berkrystal yang selain jenis batu mulia seperti Berlian, Zamrud, Ruby dan Safir, batu-batu akik jenis anggur seperti Biru Langit, bungur atau kecubung yang berasal dari Tanjung Bintang, Lampung saat ini banyak di buru oleh para kolektor karena kualitas kristalnya [11]. Jenis-jenis batu permata tersebut dapat dilihat pada Tabel 2.1.




Tabel 2. 1 Jenis Batu Permata




No.	Jenis Batu	Ciri - ciri	Gambar
1.	Alexandrite	Berwarna hijau zamrud atau biru kehijauan. Namun, ketika ditempatkan dalam cahaya lampu pijar atau cahaya kuning kekuningan, warnanya akan berubah menjadi merah keunguan atau merah jambu.	




No.	Jenis Batu	Ciri - ciri	Gambar
2.	Almandine	secara khusus dicirikan oleh warna merah tua hingga coklat kemerahan dan adanya besi dan aluminium sebagai kation utama dalam struktur kristalnya.	
3.	Amazonite	memiliki warna kehijauan dan biru yang sangat indah dengan garis-garis putih, dan juga ada warna keabu-abuan hijau dan sangat samar juga ada	
4.	Amber	Bentuk seperti sebuah gelembung atau tampungan air. Berwarna Kuning, oranye, dan coklat.	
5.	Amethyst	Bentuk Kristal, tergantung pemolesan dan memiliki warna ungu.	
6.	Andalusite	Sistem kristal Andalusite adalah Orthorhombic-Dipyramidal dan mempunyai sifat pleochroic sehingga memungkinkan untuk menampilkan fenomena warna yang berbeda-beda tergantung dengan letak dan posisi batu ini menerima cahaya akan merespon pancaran warna yang berbeda-beda pula tergantung dari arah sudut dari mana batu tersebut dipandang.	




No.	Jenis Batu	Ciri - ciri	Gambar
7.	Andradite	Kuning, kuning kehijauan sampai hijau zamrud, hijau tua, coklat, merah kecoklatan, kuning kecoklatan, hitam keabu-abuan, hitam	
8.	Aquamarine	Warna utama aquamarine adalah biru, mulai dari biru langit pucat yang lembut hingga pirus yang cerah seperti lautan dalam. Beberapa aquamarine mungkin memiliki semburat hijau, terutama yang berkualitas tinggi. Aquamarine kebanyakan transparan, memungkinkan cahaya melewatinya dan menampilkan kedalaman warnanya.	
9.	Aventurine Green	Hijau pastel, namun dapat bervariasi dari hijau terang hingga hijau gelap. Biasanya tembus cahaya, sehingga Anda bisa melihat sedikit ke bagian dalamnya. Seringkali memiliki kilauan atau shimmer internal yang berasal dari inklusi muscovite atau fuchsite. Halus dan padat, meskipun beberapa mungkin memiliki bintik-bintik kasar atau inklusi yang terlihat.	



No.	Jenis Batu	Ciri - ciri	Gambar
10.	Aventurine Yellow	Warna utamanya adalah kuning keemasan, berkisar dari kuning pucat hingga kuning tua. Kadang-kadang dapat memiliki semburat hijau atau oranye. Efek chatoyance, yaitu kilauan seperti mata kucing, sering terlihat pada batu Aventurine Yellow berkualitas tinggi.	
11.	Benitoite	Benitoite adalah mineral langka (Sangat Langka) dengan kandungan <i>Barium titanium silica</i> ($BaTiSi_3O_9$), benitoite akan berpendar dibawah lampu ultraviolet dengan tampilan warna biru cerah dan putih kebiru-biruan.	
12.	Beryl Golden	<i>Beryl</i> murni adalah sebetuk crystal tak berwarna, namun beberapa elemen alam menumbuhkan warna <i>Beryl</i> . Beberapa bentuk lain Beryl dengan potongan poles cabochon menampilkan fenomena Asterism (star effect) dan bahkan ada juga yang menampilkan fenomena Chatoyancy (Cat's eye effect) dan sudah barang tentu jenis ini tergolong langka.	



No.	Jenis Batu	Ciri - ciri	Gambar
13.	Bixbite	Bixbite adalah jenis beryl merah yang langka dan berharga, mineral yang juga mencakup zamrud dan aquamarine. Ia dihargai karena warna merah raspberrynya yang intens, yang dapat berkisar dari merah muda terang hingga merah tua, hampir keunguan.	
14.	Bloodstone	Memiliki warna hijau serta memiliki inklusi dari iron oxide jasper merah, sehingga Bloodstone ataupun Naga Sui ini adalah gabungan dari chalcedony hijau dengan jasper merah. Terkadang inklusi dari jasper itu sendiri tidak melulu berwarna merah, ada juga inklusi dari jasper tersebut yang memiliki warna kekuningan, coklat, kelabu dan hitam.	
15.	Blue Lace Agate	Berwarna biru muda pucat hingga biru kehijauan dengan semburat putih, abu-abu, dan bahkan coklat. Memiliki pola bergaris atau berpita halus menyerupai renda, sehingga disebut juga "batu renda biru". Tingkat transparansi tergantung pada ketebalan dan kepadatan batu.	



No.	Jenis Batu	Ciri - ciri	Gambar
16.	Carnelian	Struktur kristalnya heksagonal. Kilaunya yang seperti kaca. Warnanya bisa berkisar dari oranye pucat hingga coklat kemerahan tua. Kualitasnya tembus cahaya atau buram.	
17.	Cats Eye	Beberapa jenis batu permata memancarkan optical effect semacam “tali sutra” yang bergerak lincah bila disorot oleh seberkas sinar, fenomena semacam ini biasa disebut “Chatoyancy” yang artinya “mata kucing” atau seperti pantulan mata binatang predator diwaktu malam hari jika tersorot sinar. Beberapa jenis batu permata yang mempunyai fenomena optical “mata kucing” ini biasa didapati pada Quartz, Chrysoberyl, Apatite and Scapolite, dan yang mempunyai nilai jual tertinggi adalah jenis <i>Chrysoberyl</i> .	
18.	Chalcedony	Chalcedony adalah sebetulnya mineral dengan texture <i>cryptocrystalline</i> dan formulasi silika, mempunyai ciri <i>intergrowth</i> yang halus dan merupakan perpaduan antara mineral kuarsa dan moganite.	

No.	Jenis Batu	Ciri - ciri	Gambar
19.	Chalcedony Blue	Dikenal sebagai batu Anggur Spiritus atau Biru Langit, memiliki sejumlah ciri khas yang menarik. Memiliki warna Biru, bisa bervariasi dari biru muda hingga biru tua. Dapat memiliki semburat ungu pada mineral penyertanya. Seringkali memiliki pola atau "urat" alami dalam batu, seperti serat-serat halus atau pola awan.	
20.	Chrome Diopside	Batu Chrome Diopside adalah jenis batu permata yang terbentuk dari mineral diopside. Batu ini memiliki warna hijau yang khas, yang disebabkan oleh kandungan kromium. Chrome Diopside juga memiliki kilau yang cemerlang, dan sering digunakan sebagai perhiasan.	
21.	Chrysoberyl	Sistem kristal chrysoberyl adalah Orthorhombic, pada umumnya memiliki clarity antara transparent - translucent, ada 2 fenomena unik yang terdapat pada jenis mineral ini yaitu Cymophane (cat's eye effect) dan Alexandrite (color change) dan kedua fenomena ini bisa menyatu dalam satu batu.	

No.	Jenis Batu	Ciri - ciri	Gambar
22.	Chrysocolla	Batu Chrysocolla, juga dikenal sebagai Batu Bacan, adalah mineral tembaga siklosilikat terhidrasi yang dikenal dengan keindahan warnanya. Biru-hijau (cyan) - warna yang paling umum dan populer. Hijau, Biru langit, Turquoise. Dapat memiliki pola dan urat dengan warna hitam, coklat, atau oranye. Tembus cahaya hingga buram - tergantung pada kepadatan batu.	
23.	Chrysoprase	Memiliki warna Hijau apel cerah hingga hijau zamrud gelap, terkadang dengan semu kuning atau biru samar. Warna hijau biasanya merata, walaupun pada batu berkualitas tinggi mungkin terdapat pola pita halus atau bintik-bintik halus. Translusensi: Bervariasi dari tembus cahaya hingga buram, tergantung pada kepadatan batunya.	
24.	Citrine	Batu Citrine dikenal dengan keindahan warna kuning hingga oranye cerah yang menyerupai buah jeruk. Warna alami Citrine biasanya pucat kuning atau oranye muda, bukan kuning	

No.	Jenis Batu	Ciri - ciri	Gambar
		<p>keemasan yang mencolok. Warna yang terlalu intens bisa jadi indikasi batu yang ditreatment. Citrine asli jarang sekali memiliki semburat hijau. Kalau terlihat ada warna hijau, kemungkinan besar itu bukan Citrine asli. Kejernihan: Citrine natural umumnya tidak 100% jernih, mungkin ada inklusi atau retakan halus di dalamnya. Kejernihan sempurna patut diwaspadai. Batu yang bersih tanpa inklusi dan retakan bisa jadi buatan atau batu lain yang dipanaskan untuk menyerupai Citrine.</p>	
25.	Coral	<p>Bentuknya bulat, dan pipih, atau elips. Warnanya ada beberapa macam. Kerikil alor dan Bengkulu berwarna hitam. Batu koral sukabumi berwarna abu abu. Kerikil timor dan ambon berwarna putih. Ada juga yang berwarna pink, hijau dan merah hati.</p>	
26.	Danburite	<p>Danburite bukan termasuk mineral terkenal, tetapi akhir-akhir ini semakin diburu oleh para kolektor karena lokasi penambangan Danburite sudah</p>	

No.	Jenis Batu	Ciri - ciri	Gambar
		<p>terkubur dibawah kota Danbury dan tidak memungkinkan untuk digali kembali. Danburite layak dikoleksi sebagai perhiasan karena mempunyai ciri cluster kristal bening sempurna, jika dicutting dengan akurat dan presisi akan menampilkan laser mirip berlian.</p>	
27.	Diamond	<p>Diamond atau Berlian asli dikenal sebagai logam terkuat dan tidak mudah pecah, bahkan saat terjatuh atau terkena benturan kencang. memantulkan atau mereflesikan cahaya terlepas dari arah atau sisi dari mana berlian itu masuk atau sedang diuji. Berlian paling langka biasanya memiliki satu dari tiga warna ini, yaitu merah muda, biru atau kuning.</p>	
28.	Diaspore	<p>Diaspore adalah sebetulnya mineral dengan unsur kimia Aluminium Oxide Hydroxide $AlO(OH)$ dengan sistem kristal orthorhombic, beberapa jenis juga kedapatan memiliki fenomena color change, biasanya greenish-yellow berubah menjadi pinkish-orange.</p>	

No.	Jenis Batu	Ciri - ciri	Gambar
29.	Dumortierite	<p>Warna utamanya biru keabu-abuan hingga ungu lavender, dengan guratan hitam atau coklat tua yang khas. Guratan ini sering kali membentuk pola seperti jaring laba-laba atau awan. Beberapa Dumortierite juga dapat ditemukan dengan warna biru kehijauan atau bahkan kuning kecoklatan.</p> <p>Transparansi: Biasanya Dumortierite bersifat tembus cahaya hingga buram, tergantung pada ketebalannya.</p>	
30.	Emerald	<p>Batu Emerald, atau Zamrud dalam bahasa Indonesia, memiliki beberapa ciri khas yang membedakannya dengan batu mulia lainnya. Hijau hingga hijau tua: Ini adalah ciri khas yang paling mencolok. Warna hijau Emerald bervariasi, mulai dari hijau cerah seperti daun muda hingga hijau tua hampir kehitaman. Warna hijau ini disebabkan oleh adanya kromium dalam struktur mineralnya. Tidak terlalu berkilau: Dibandingkan batu permata lain seperti berlian, Emerald secara natural tidak</p>	

No.	Jenis Batu	Ciri - ciri	Gambar
		<p>terlalu berkilau. Permukaannya lebih terkesan "matang" dan tidak memancarkan cahaya pelangi yang kuat. Warna berubah di bawah cahaya: Saat terkena cahaya terang, warna Emerald mungkin terlihat sedikit berbeda. Bisa jadi tampak lebih kehitaman atau kebiruan dibandingkan dengan cahaya redup. Kejernihan: Sering memiliki inklusi: Inklusi adalah kandungan atau ketidaksempurnaan kecil di dalam batu. Batu Emerald alami biasanya memiliki inklusi yang terlihat dengan mata telanjang, bahkan kadang menyerupai "benang-benang" di dalamnya. Ini justru menjadi penanda keaslian Emerald, karena batu sintetis biasanya dibuat jernih tanpa inklusi. Kekerasan sedang: Emerald memiliki tingkat kekerasan yang cukup baik, namun tidak sekeras berlian. Meski begitu, tetap perlu dijaga agar tidak tergores atau pecah.</p>	

2.2.2 Pengolahan Citra (*Image Processing*)

Citra didefinisikan sebagai fungsi dua dimensi $f(x,y)$, di mana parameter x dan y mewakili koordinat spasial, dan f pada setiap pasangan koordinat (x,y) merujuk pada intensitas bayangan di titik tersebut [12]. Ketika nilai x , y , dan f terbatas, citra disebut citra digital. Secara sederhana, citra dapat dianggap sebagai array dua dimensi yang diatur dalam baris dan kolom. Citra digital terdiri dari sejumlah elemen terbatas, di mana setiap elemen memiliki nilai tertentu [14]. Pengolahan citra adalah bidang ilmu yang berkaitan dengan manipulasi dan analisis data citra dengan menggunakan teknik dan algoritma komputer. Tujuannya adalah untuk memperbaiki, memperoleh, atau mengubah citra agar sesuai dengan kebutuhan atau mendapatkan informasi yang berguna dari citra tersebut.

Pengolahan citra mencakup berbagai tahap, termasuk akuisisi citra, preprocessing, segmentasi, ekstraksi fitur, dan pengenalan pola. Pengolahan citra memiliki berbagai aplikasi dalam berbagai bidang, seperti pengenalan wajah, pengolahan medis, pengenalan objek, pengenalan tulisan tangan, dan pengolahan citra satelit. Metode yang umum digunakan dalam pengolahan citra meliputi filter spasial, transformasi domain frekuensi, segmentasi berdasarkan warna atau tekstur, dan pengenalan pola menggunakan metode klasifikasi.

Beberapa teknik pengolahan citra yang umum digunakan antara lain:

- 1) Peningkatan citra (*image enhancement*): Melibatkan teknik untuk meningkatkan kejelasan, kontras, kecerahan, dan kualitas umum citra.
- 2) Segmentasi citra (*image segmentation*): Memisahkan citra menjadi beberapa bagian atau objek yang berbeda berdasarkan karakteristik seperti warna, tekstur, atau intensitas.
- 3) Pemrosesan morfologi (*morphological processing*): Melibatkan operasi matematika pada citra seperti dilasi, erosi, penutupan, dan pembukaan untuk mengubah bentuk, ukuran, dan struktur objek dalam citra.
- 4) Ekstraksi fitur (*feature extraction*): Mengidentifikasi dan mengekstrak fitur atau karakteristik penting dari citra, seperti tepi, garis, tekstur, atau bentuk.
- 5) Klasifikasi citra (*image classification*): Menggunakan algoritma pembelajaran mesin atau jaringan saraf untuk mengklasifikasikan citra

ke dalam kategori atau kelas tertentu berdasarkan fitur yang diekstraksi sebelumnya.

2.2.3 Kecerdasan Buatan (*Artificial Intelligence*)

Kecerdasan Buatan (*Artificial Intelligence* atau AI) merujuk pada kemampuan sistem komputer untuk meniru atau menyimulasikan perilaku yang dianggap cerdas oleh manusia. AI mencakup berbagai metode dan teknik yang dirancang untuk memberikan komputer kemampuan untuk memahami, belajar, berpikir, dan mengambil keputusan seperti manusia [13].

Ada beberapa pendekatan dalam pengembangan AI, termasuk:

- 1) *Machine Learning*: Pendekatan ini melibatkan penggunaan algoritma dan model statistik untuk mempelajari pola dari data dan membuat prediksi atau pengambilan keputusan tanpa pemrograman yang eksplisit. *Machine learning* mencakup pembelajaran terawasi (*supervised learning*), pembelajaran tak terawasi (*unsupervised learning*), dan pembelajaran penguatan (*reinforcement learning*).
- 2) *Deep learning*: Ini adalah subbidang dari *machine learning* yang menggunakan jaringan saraf tiruan (*artificial neural networks*) dengan banyak lapisan (*deep neural networks*) untuk memproses data dan mempelajari representasi fitur yang kompleks. *Deep learning* telah mencapai kesuksesan yang luar biasa dalam berbagai tugas seperti pengenalan wajah, pengenalan suara, dan pemrosesan bahasa alami.
- 3) Logika dan Pemrograman Simbolik: Pendekatan ini menggunakan logika formal dan pemrograman untuk merepresentasikan pengetahuan dan melakukan penalaran. Sistem yang berbasis logika dapat menggunakan aturan dan inferensi untuk memecahkan masalah atau menjawab pertanyaan berdasarkan pengetahuan yang diberikan.
- 4) *Computer Vision*: Ini adalah cabang AI yang berfokus pada pengolahan dan interpretasi citra dan video oleh komputer. *Computer vision* memungkinkan komputer untuk mengenali objek, mengidentifikasi wajah, mendeteksi gerakan, dan memahami konteks visual.

- 5) *Natural Language Processing*: Pendekatan ini melibatkan pemahaman dan pengolahan bahasa alami oleh komputer. NLP memungkinkan komputer untuk memahami dan menghasilkan teks manusia, menerjemahkan bahasa, dan berinteraksi dengan manusia melalui perintah suara atau chatbot.
- 6) Penerapan AI mencakup berbagai bidang, termasuk otomasi industri, kendaraan otonom, layanan perbankan dan keuangan, perawatan kesehatan, pengolahan bahasa alami, gaming, dan banyak lagi. Kemajuan dalam AI telah memberikan dampak yang signifikan pada berbagai aspek kehidupan kita dan terus berkembang dengan cepat.

2.2.4 Deep learning

Deep learning merupakan subbidang machine learning yang algoritmanyaterinspirasi dari struktur otak manusia. Struktur tersebut dinamakan *Artificial Neural Networks* atau disingkat ANN. Pada dasarnya, ia merupakan jaringan saraf yang memiliki tiga atau lebih lapisan ANN. Ia mampu belajar dan beradaptasi terhadap sejumlah besar data serta menyelesaikan berbagai permasalahan yang sulit diselesaikan dengan algoritma machine learning lainnya [15].

Salah satu cara kerja yang cukup banyak diterapkan dari jenis *Neural Networks* ini adalah *Convolutional Neural Networks* (CNN). CNN akan bekerja dengan mengekstraksi fitur secara langsung dari data gambar. Pemindaian data dan proses analisis menggunakan data gambar akan lebih akurat dalam mengklasifikasi objek. Selanjutnya, CNN akan mempelajari data dan mendeteksi fitur yang berbeda pada gambar dengan menggunakan sepuluh sampai ratusan lapisan tersembunyi. Setiap lapisan atau *layers* yang tersembunyi ini dapat dipelajari menjadi sebuah informasi sebagai *output*-nya [15].

2.2.5 Machine Learning

Machine learning adalah cabang dari kecerdasan buatan (*artificial intelligence*) yang fokus pada pengembangan algoritma dan model statistik yang

memungkinkan komputer untuk belajar dan meningkatkan kinerjanya dari pengalaman data. Secara umum, *machine learning* berupaya untuk mengembangkan metode yang memungkinkan komputer untuk "belajar" dari data yang ada, mengidentifikasi pola atau aturan tersembunyi, dan membuat prediksi atau pengambilan keputusan tanpa perlu diprogram secara eksplisit.

Pendekatan umum dalam *machine learning* melibatkan pembagian data menjadi dua bagian utama: data pelatihan (*training data*) dan data pengujian (*testing data*). Model *machine learning* akan menggunakan data pelatihan untuk belajar dan mengidentifikasi pola yang ada, kemudian digunakan untuk membuat prediksi atau pengambilan keputusan pada data pengujian yang belum pernah dilihat sebelumnya.

Terdapat beberapa jenis pendekatan dalam *machine learning*, termasuk *supervised learning* (pembelajaran terawasi), *unsupervised learning* (pembelajaran tak terawasi), dan *reinforcement learning* (pembelajaran dengan penguatan). Dalam *supervised learning*, model dilatih menggunakan pasangan *input-output* yang telah ditentukan, sedangkan dalam *unsupervised learning*, model mencoba menemukan pola atau struktur dalam data tanpa informasi *output* yang diketahui sebelumnya. *Reinforcement learning* melibatkan pembelajaran melalui interaksi agen dengan lingkungannya untuk mencapai tujuan tertentu.

Machine learning telah diterapkan dalam berbagai bidang, seperti pengenalan wajah, deteksi pola dalam data keuangan, penerjemahan mesin, pengenalan suara, kendaraan otonom, dan banyak lagi. Dengan kemajuan teknologi dan ketersediaan data yang melimpah, *machine learning* terus berkembang dan menjadi alat penting dalam mengatasi tantangan kompleks dan membuat prediksi yang akurat.

2.2.6 Convolutional Neural Network

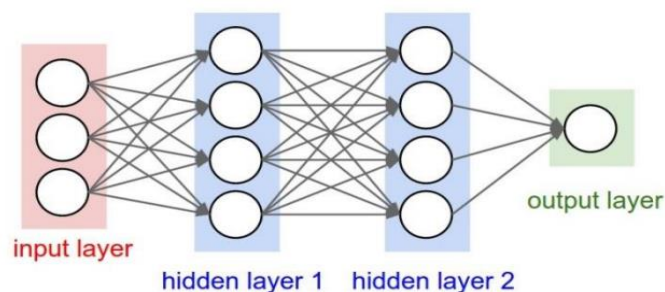
Convolutional Neural Network (CNN atau ConvNet) adalah bagian dari *deep Neural Network* yang secara khusus digunakan dalam pengenalan dan pemrosesan gambar. CNN dirancang untuk memproses data piksel dan citra visual. Arsitektur algoritma ini terinspirasi oleh *area visual cortex* pada otak manusia dan hewan, yang bertanggung jawab dalam memproses informasi visual. Hal ini

menjadikan CNN sangat efektif dalam pemrosesan gambar dibandingkan dengan algoritma *Neural Network* lainnya [17].

Convolutional Neural Network (CNN) adalah pengembangan dari *Multilayer Perceptron* (MLP) yang didesain untuk mengolah data dua dimensi. CNN termasuk dalam jenis *Deep Neural Network* karena kedalaman jaringan yang tinggi dan banyak diaplikasikan pada data citra. Pada kasus klasifikasi citra, MLP kurang sesuai untuk digunakan karena tidak menyimpan informasi spasial dari data citra dan menganggap setiap piksel adalah fitur yang independen sehingga menghasilkan hasil yang kurang baik. CNN pertama kali dikembangkan dengan nama *NeoCognitron* oleh Kunihiko Fukushima, seorang peneliti dari NHK Broadcasting Science Research Laboratories, Kinuta, Setagaya, Tokyo, Jepang [18].

2.2.6.1 Konsep CNN

Cara kerja CNN memiliki kesamaan pada MLP, namun dalam CNN setiap neuron dipresentasikan dalam bentuk dua dimensi, tidak seperti MLP yang setiap neuron hanya berukuran satu dimensi. Cara kerja CNN dapat dilihat pada Gambar 2.1.



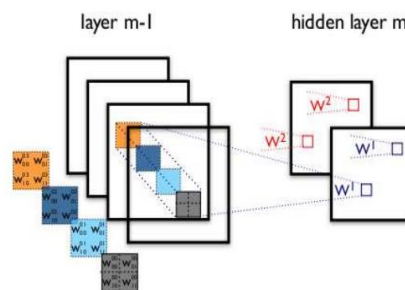
Gambar 2. 1 Arsitektur MLP Sederhana [19]

Sebuah MLP seperti pada Gambar 2.1 memiliki i layer (kotak merah dan biru) dengan masing-masing layer berisi j_i neuron (lingkaran putih). MLP menerima input data satu dimensi dan mempropagasikan data tersebut pada jaringan hingga menghasilkan output. Setiap hubungan antar neuron pada dua layer yang bersebelahan memiliki parameter bobot satu dimensi yang menentukan kualitas mode. Disetiap data input pada layer dilakukan operasi linear dengan nilai bobot yang ada, kemudian hasil komputasi akan ditransformasi menggunakan operasi non linear yang disebut sebagai fungsi aktivasi.

Pada CNN, data yang dipropagasikan pada jaringan adalah data dua dimensi, sehingga operasi linear dan parameter bobot pada CNN berbeda. Pada CNN operasi linear menggunakan operasi konvolusi, sedangkan bobot tidak lagi satu dimensi saja, namun berbentuk empat dimensi yang merupakan kumpulan kernel konvolusi seperti pada Gambar 2.2. Untuk mencari nilai dimensi bobot pada CNN dapat dilihat pada persamaan 2.1.

$$\text{neuron input} \times \text{neuron output} \times \text{tinggi} \times \text{lebar} \quad (2.1)$$

Karena sifat proses konvolusi, maka CNN hanya dapat digunakan pada data yang memiliki struktur dua dimensi seperti citra dan suara [19].



Gambar 2. 2 Proses Konvolusi Pada CNN [19]

2.2.6.2 Arsitektur Jaringan CNN

JST terdiri dari berbagai layer dan beberapa neuron pada masing-masing layer. Kedua hal tersebut tidak dapat ditentukan menggunakan aturan yang pasti dan berlaku berbeda-beda pada data yang berbeda.

Pada kasus MLP, sebuah jaringan tanpa hidden layer dapat memecahkan persamaan linear apapun, sedangkan jaringan dengan satu atau dua *hidden layer* dapat memecahkan sebagian besar persamaan pada data sederhana. Namun pada data yang lebih kompleks, MLP memiliki keterbatasan. Pada permasalahan jumlah *hidden layer* dibawah tiga layer, terdapat pendekatan untuk menentukan jumlah neuron pada masing-masing layer untuk mendekati hasil optimal. Penggunaan layer diatas dua pada umumnya tidak direkomendasikan dikarenakan akan menyebabkan overfitting serta kekuatan *backpropagation* berkurang secara signifikan.

Dengan berkembangnya deep learning, ditemukan bahwa untuk mengatasi kekurangan MLP dalam menangani data kompleks, diperlukan fungsi untuk mentransformasi data input menjadi bentuk yang lebih mudah dimengerti oleh MLP. Hal tersebut memicu berkembangnya *deep learning* dimana dalam satu model diberi beberapa layer untuk melakukan transformasi data sebelum data diolah menggunakan metode klasifikasi. Hal tersebut memicu berkembangnya model *neural network* dengan jumlah layer diatas tiga. Namun dikarenakan fungsi layer awal sebagai metode ekstraksi fitur, maka jumlah layer dalam sebuah CNN tidak memiliki aturan universal dan berlaku berbedabeda tergantung dataset yang digunakan.

Karena hal tersebut, jumlah layer pada jaringan serta jumlah neuron pada masing-masing layer dianggap sebagai *hyperparameter* dan dioptimasi menggunakan pendekatan *searching*. Sebuah CNN terdiri dari beberapa layer. Berdasarkan aritektur LeNet5 [20]. Terdapat enam macam layer pada sebuah CNN yang diterapkan pada TA ini antara lain:

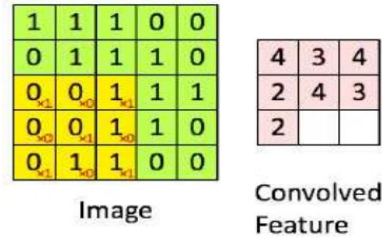
- 1) Lapisan Masukan

Lapisan masukan pada CNN harus berisi data gambar. Data citra dipresentasikan dalam bentuk matriks tiga dimensi, seperti kita lihat sebelumnya. Namun, perlu dilakukan pemformatan ulang agar citra dapat dijadikan satu kolom [21].

- 2) Lapisan Konvolusi

Lapisan Konvolusi atau *Convolution Layer* melakukan operasi konvolusi pada output dari layer sebelumnya. Layer tersebut adalah proses utama yang mendasari sebuah CNN. Konvolusi adalah suatu istilah matematis yang berarti mengaplikasikan sebuah fungsi pada output fungsi lain secara berulang. Dalam pengolahan citra, konvolusi berarti mengaplikasikan sebuah kernel (kotak kuning) pada citra disemua offset yang memungkinkan seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.3. Kotak hijau secara keseluruhan adalah citra yang akan dikonvolusi. Kernel bergerak dari sudut kiri atas ke kanan bawah. Sehingga hasil konvolusi dari citra tersebut dapat dilihat pada gambar disebelah kanannya. Tujuan dilakukannya konvolusi pada data citra adalah untuk

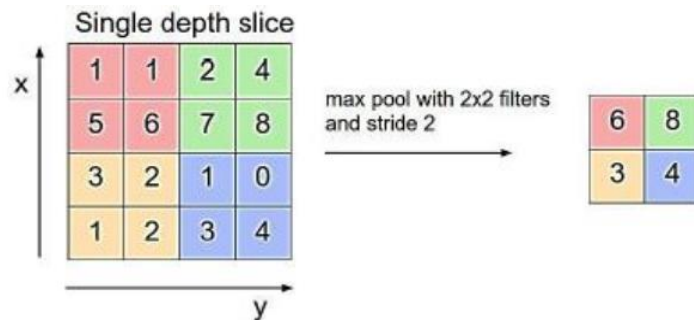
mengekstraksi fitur dari citra input. Konvolusi akan menghasilkan transformasi linear dari data input sesuai informasi spasial pada data. Bobot pada layer tersebut menspesifikasikan kernel konvolusi yang digunakan, sehingga kernel konvolusi dapat dilatih berdasarkan input pada CNN [21].



Gambar 2. 3 Operasi Konvolusi [21]

3) Lapisan Penyatuan

Lapisan Penyatuan atau *Subsampling* adalah proses mereduksi ukuran sebuah data citra. Dalam pengolahan citra, *subsampling* juga bertujuan untuk meningkatkan invariansi posisi dari fitur. Dalam sebagian besar CNN, metode *subsampling* yang digunakan adalah *max pooling*. *Max pooling* membagi *output* dari *convolution layer* menjadi beberapa *grid* kecil lalu mengambil nilai maksimal dari setiap *grid* untuk menyusun matriks citra yang telah direduksi seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.4. *Grid* yang berwarna merah, hijau, kuning dan biru merupakan kelompok *grid* yang akan dipilih nilai maksimumnya. Sehingga hasil dari proses tersebut dapat dilihat pada kumpulan *grid* disebelah kanannya. Proses tersebut memastikan fitur yang didapatkan akan sama meskipun objek citra mengalami translasi (pergeseran) [21].

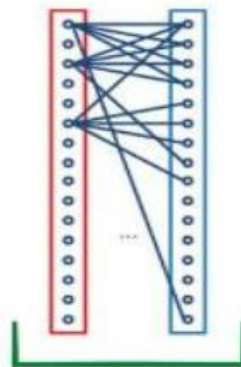


Gambar 2. 4 Lapisan Penyatuan [21]

Menurut Springenberg et al, penggunaan pooling layer pada CNN hanya bertujuan untuk mereduksi ukuran citra sehingga dapat dengan mudah digantikan dengan sebuah convolution layer dengan stride yang sama dengan pooling layer yang bersangkutan.

4) Lapisan Terhubung Penuh

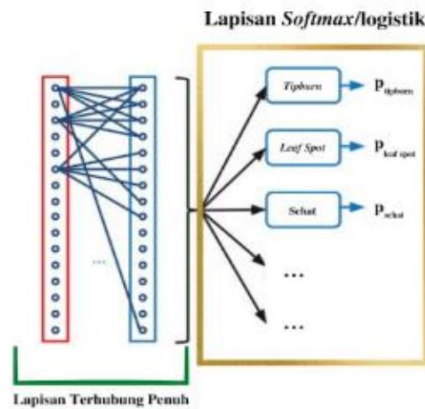
Lapisan Terhubung Penuh atau *Fully Connected Layer*, adalah lapisan dalam *Convolutional Neural Network* (CNN) di mana setiap *neuron* terhubung ke setiap *neuron* dalam lapisan sebelumnya. Lapisan ini berfungsi untuk melakukan klasifikasi berdasarkan fitur-fitur yang telah diekstraksi sebelumnya. Biasanya, lapisan terhubung penuh diikuti oleh lapisan aktivasi, seperti RLU (*Rectified Linear Unit*), untuk memperkenalkan non-linearitas pada jaringan. Lapisan Logistik atau Softmax [21]. Lapisan Terhubung Penuh dapat dilihat pada Gambar 2.5.



Gambar 2. 5 Lapisan Terhubung Penuh [21]

5) Lapisan Logistik atau *Softmax*

Lapisan Logistik atau *Softmax* adalah lapisan yang biasanya digunakan sebagai lapisan keluaran pada *Convolutional Neural Network* (CNN). Lapisan ini menerapkan fungsi aktivasi softmax untuk menghasilkan distribusi probabilitas dari *output* kelas yang mungkin. Softmax mengonversi nilai-nilai *output* menjadi probabilitas yang jumlahnya menjadi 1. Hal ini memungkinkan jaringan untuk memberikan prediksi kelas yang paling mungkin berdasarkan fitur-fitur yang telah dipelajari [21]. Lapisan Logistik atau *Softmax* dapat dilihat pada Gambar 2.6.



Gambar 2. 6 Lapisan Logistik / *Softmax* [21]

6) Lapisan Keluar

Lapisan Keluar, juga dikenal sebagai lapisan *Output Layer*, adalah lapisan terakhir dalam *Convolutional Neural Network* (CNN) yang menghasilkan *output* akhir atau prediksi. Lapisan ini dapat berbedabeda tergantung pada jenis tugas yang sedang diselesaikan, misalnya lapisan keluaran dapat berupa kelas-kelas yang mungkin dalam klasifikasi gambar, atau nilai-nilai yang memprediksi posisi objek dalam deteksi objek. Lapisan keluaran sering kali memiliki fungsi aktivasi yang sesuai dengan jenis tugas yang dihadapi [21].

2.2.7 Dropout

Dropout Neural Network adalah sebuah metode regularisasi yang digunakan dalam jaringan saraf tiruan untuk mengurangi *overfitting*. Dalam *Dropout Neural Network*, beberapa unit atau *neuron* secara acak "*dropout*" atau diabaikan pada setiap iterasi pelatihan. Dengan kata lain, setiap *neuron* memiliki probabilitas tertentu untuk dinonaktifkan selama pelatihan. Hal ini membantu dalam mencegah adanya ketergantungan yang terlalu kuat antar *neuron* dan meningkatkan kemampuan jaringan untuk menggeneralisasi data yang belum pernah dilihat sebelumnya [22].

Metode *dropout* memiliki efek serupa dengan melakukan *ensemble learning*, di mana variasi dalam model diperoleh dengan menggabungkan beberapa model yang berbeda. Dengan menggunakan dropout, jaringan saraf tiruan secara efektif "*melatih*" beberapa model dalam satu model tunggal. Dengan mengurangi

ketergantungan antar *neuron*, *dropout* membantu dalam mencegah *overfitting* dan meningkatkan kemampuan generalisasi jaringan.

Penggunaan *dropout* dalam jaringan saraf tiruan telah terbukti efektif dalam berbagai tugas, termasuk pengenalan pola, klasifikasi gambar, dan pemrosesan bahasa alami. Metode ini telah menjadi teknik yang populer dalam pengembangan jaringan saraf tiruan dan digunakan secara luas untuk meningkatkan kinerja dan kestabilan model [23].

2.2.8 Loss

Loss atau kerugian menunjukkan tingkat kerugian pada klasifikasi citra, dimana semakin rendah *loss* maka model yang dibangun semakin baik. Namun hal tersebut tidak berlaku jika model telah mengalami *overfitting*. Nilai *loss* didapatkan dari perhitungan pada *training* dan *validation* dan hasilnya menginterpretasikan seberapa bagus model ketika melakukan *training* dan *validation* [24].

Untuk nilai *loss* tidak dinyatakan dalam persen seperti *accuracy*, hal tersebut karena berasal dari penjumlahan *error* dari setiap contoh *epoch* atau *validation sets*. Pada dasarnya tujuan model pembelajaran digunakan untuk mengurangi nilai *loss* sesuai dengan parameter model dengan mengganti nilai *weight vector* melalui metode optimasi yang berbeda seperti *backpropagation* pada *Neural Network*. Jika disimpulkan maka nilai *loss* menggambarkan seberapa bagus atau buruknya suatu model setelah dilakukan iterasi dari optimasi [24], [25].

2.2.9 Accuracy

Akurasi atau *Accuracy* merupakan suatu metode pengujian yang didasarkan dengan sejauh mana nilai prediksi yang mendekati nilai sebenarnya (*actual*). Jadi jika nilai sejumlah data yang diperoleh lalu kemudian diklasifikasi dengan benar, maka akan menghasilkan nilai akurasi yang tinggi dari prediksi tersebut. Rumus yang dapat digunakan untuk mencari nilai akurasi dapat dilihat pada persamaan 2.2.

$$\text{Akurasi} = \frac{TP+TN}{(TP+TN+PP+FN)} \times 100\% \quad (2.2)$$

Keterangan : TP merupakan *True Positif*, TN merupakan *True Negatif*, FP merupakan *False Positif* dan FN merupakan *False Negatif*.

2.2.10 Precision

Presisi atau *precision* adalah metrik evaluasi dalam klasifikasi yang mengukur seberapa akurat prediksi *positif* yang dibuat oleh model. Presisi mencerminkan persentase dari prediksi *positif* model yang sebenarnya benar. Ketika presisi tinggi, model cenderung menghasilkan sedikit *false positive* dan mampu mengidentifikasi kelas *positif* dengan baik. Dengan kata lain, presisi yang tinggi menunjukkan kemampuan model dalam melakukan prediksi positif secara tepat dan minim kesalahan dalam mengklasifikasikan data ke dalam kelas positif. Rumus yang dapat digunakan untuk mencari nilai presisi dapat dilihat pada persamaan 2.3.

$$\text{Presisi} = \frac{TP}{(TP+FP)} \times 100\% \quad (2.3)$$

Keterangan : TP merupakan *True Positif* dan FP merupakan *False Positif*.

2.2.11 Recall

Recall atau juga dikenal sebagai *sensitivitas*, merupakan metrik evaluasi dalam klasifikasi yang mengukur seberapa baik model dapat mengidentifikasi semua jumlah positif yang sebenarnya (*true positives*) dari total jumlah positif yang ada dalam data. Jika *recall* tinggi, ini menandakan bahwa model mampu mengenali sebagian besar jumlah positif dalam data, dan kemungkinan untuk mengabaikan jumlah positif yang sebenarnya (*false negatives*) relatif rendah. *Recall* dapat membantu mengukur seberapa baik model dalam mengidentifikasi semua jumlah positif yang ada dalam data. Rumus yang dapat digunakan untuk mencari nilai *recall* dapat dilihat pada persamaan 2.4.

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

Keterangan : TP merupakan *True Positif* dan FN merupakan *False Negatif*.

2.2.12 F1-Score

F1-Score adalah sebuah ukuran evaluasi yang mengkombinasikan antara presisi dan *recall* untuk memberikan gambaran keseluruhan mengenai kinerja suatu model klasifikasi. Penggunaan metrik ini sering terjadi ketika terdapat kecenderungan untuk saling bertentangan antara presisi dan *recall*, dan jika ingin

menemukan titik keseimbangan di antara keduanya. Rumus yang dapat digunakan untuk mencari nilai *F1-Score* dapat dilihat pada persamaan 2.5.

$$F1 - score = 2x \frac{(Recall \times Precision)}{(Recall + Precision)} \times 100\% \quad (2.5)$$

Keterangan : Metrik evaluasi yang menggabungkan antara nilai presisi dan nilai *recall* untuk memberikan hasil/performa model klasifikasi [26].

2.2.13 Confusion Matrix

Confusion matrix atau dikenal juga dengan *error matrix* untuk memberikan informasi yang membandingkan hasil klasifikasi yang dilakukan oleh sistem dengan hasil klasifikasi sebenarnya ditampilkan pada Gambar 2.7.

		Actual Values	
		Positive (1)	Negative (0)
Predicted Values	Positive (1)	TP	FP
	Negative (0)	FN	TN

Gambar 2.7 Confusion Matrix [27].

Pada Gambar 2.7 *confusion matrix* berupa bentuk matriks yang menggambarkan asal prediksi model dengan membandingkan prediksi yang benar dan prediksi yang salah terhadap data uji yang sebenarnya. Memiliki istilah yang merupakan hasil dari proses klasifikasi pada *confusion matrix* yaitu :

1. *True Positive* (TP)
Merupakan data yang bernilai *positif* dan juga hasil yang diprediksi benar sebagai *positif*.
2. *True Negative* (TN)
Merupakan data yang bernilai *negatif* dan juga hasil yang diprediksi benar sebagai *negatif*.
3. *False Positive* (FP)
Merupakan data yang bernilai *negatif* tapi hasil yang diprediksi sebagai data *positif*.

4. *False Negative* (FN)

Merupakan data yang bernilai *positif* akan tetapi nilai yang diprediksi sebagai data *negatif* [27].