

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 STUDI LITERATUR

Berdasarkan dari kajian pustaka yang terdiri dari beberapa penelitian mengenai proses klasifikasi citra dengan berbagai macam ekstraksi ciri dan metode yang digunakan, maka referensi dari penelitian terdahulu sangat penting untuk di lakukan agar terhindar dari penjiplakan atau duplikasi. Hal ini bertujuan sebagai bahan untuk kontribusi penelitian bagi penulis agar penelitian tentang tema ini terus berkembang. Berikut beberapa ulasan tentang penelitian terdahulu yang pernah di lakukan.

Penelitian mengenai “Identifikasi Tingkat Kematangan Buah Strawberry Berdasarkan Warna RGB dengan Menggunakan Metode Regionprops” yang dilakukan oleh B.Sari (2020). Dalam penelitian ini membahas tentang identifikasi tingkat kematangan buah strawberry menggunakan informasi warna RGB (*Red-Green-Blue*) dan metode Regionprops. Metode Regionprops merupakan metode analisis citra yang digunakan untuk mengidentifikasi dan mengukur properti-properti *region* pada citra. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan metode non-destruktif yang dapat mengklasifikasikan tingkat kematangan buah strawberry berdasarkan warna yang terdeteksi pada citra. Warna buah strawberry diwakili oleh komponen RGB, yang mewakili intensitas merah, hijau, dan biru pada citra.menggunakan algoritma [4].

Penelitian mengenai “*Plant Monitoring and Leaf Disease Detection with Classification using Machine Learning-Matlab*” yang dilakukan oleh R.Ramya (2020). Penelitian ini hanya difokuskan pada deteksi penyakit pada daun tanaman menggunakan teknologi *machine learning*, khususnya dengan menggunakan algoritma SVM (*Support Vector Machine*) dan J48 *Decision Tree*. Hanya mempertimbangkan deteksi penyakit pada beberapa jenis tanaman tertentu, yaitu tomat, cabai, dan jagung, sehingga tidak merepresentasikan seluruh jenis tanaman yang mungkin terkena penyakit. Data gambar yang digunakan dalam penelitian ini hanya terdiri dari gambar daun tanaman dan tidak mempertimbangkan gambar bagian-bagian lain dari tanaman seperti buah atau akar dan penelitian ini hanya

menggunakan algoritma SVM dan J48 *Decision Tree* dalam deteksi penyakit tanaman, sehingga tidak mempertimbangkan variasi algoritma *machine learning* lain yang mungkin memberikan kinerja yang lebih baik [5].

Penelitian N.Radha dan R. Swathika pada tahun 2021 yang berjudul “*A Polyhouse: Plant Monitoring and Disease Detection Using CNN*” penelitian ini Memantau dan mendeteksi penyakit tanaman menggunakan *Convolution Neural Network* (CNN). Proporsi dataset yang digunakan untuk *training* dan testing adalah 80:20. Sampel diklasifikasikan menjadi 6 kelas. Total 20 *epoch* dijalankan pada data ini dengan 226 batch per *epoch*. Akurasi 95% diperoleh sebagai maksimum dan 72% diperoleh sebagai minimum, dengan akurasi prediksi rata rata 85%. Kerugian yang dapat diabaikan sebesar 0,25 diamati selama pelatihan dataset [6].

Penelitian J.Arun Pandian, V.Dhilip Kumar, Oana Geman, Mihaela Hnautic, Muhammad Arif dan K.Kanchandevi pada tahun 2022 yang berjudul “*Plant Disease Detection Using Deep Convolutional Neural Network*” yang meneliti mengenai pengenalan dini dan deteksi penyakit ini pada sektor industri pertanian sangat berdampak besar dan tujuannya untuk mendeteksi 32 varietas tanaman yang berbeda dengan menggunakan *Convolutional Neural Network* (CNN) yang dilatih dengan menguji gambar secara real-time dan mendeteksi serta mengenal penyakit yang terdapat pada tanaman dan menggunakan Arsitektur CNN akurasi yang didaaptkan mencapai 96,5% sangat membantu petani mendeteksi penyakit tanaman. Sistem dirancang untuk mendeteksi dan mengenali beberapa varietas tanaman khususnya apel, jagung, anggur, kentang, tebu, dan tomat. Sistem dapat juga mendeteksi beberapa penyakit tanaman [7].

Tabel 2. 1 Tambahan Review Paper Penelitian Terkait

No.	Referensi	Latar Belakang	Metode	Hasil
1	Ref. [8]	Pengujian visual oleh manusia dalam membedakan antara daun kedelai yang sehat dan terinfeksi sulit dan memakan waktu lama.	CNN CNN-Pooling Layer	Metode CNN dapat digunakan untuk membedakan daun kedelai yang terinfeksi dengan sensitivitas 89% dan spesifisitas 91.3% yang baik.

No.	Referensi	Latar Belakang	Metode	Hasil
2	Ref. [9]	Masalah penyakit pada tanaman cabai yang menyebabkan terjadi kerusakan pada tanaman tersebut dan menurunkan hasil panen	CNN	Penggunaan metode CNN dapat menghasilkan akurasi yang tinggi dalam mendeteksi penyakit cabai, dengan akurasi terbaik sebesar 95,83%.
3	Ref. [10]	Penggunaan <i>deep learning</i> dan CNN untuk mendeteksi penyakit pada tanaman kubis, kentang, dan tomat	CNN Preprocessing citra Augmentation Transfer learning	Dengan 100 <i>epoch training</i> , diperoleh akurasi senilai 98% pada kelas tanaman kubis.
4	Ref. [11]	Menjelaskan penggunaan deep CNN untuk meningkatkan nilai akurasi dalam mendeteksi serangan jamur tepung pada daun labu	STN Categorical cross-entropy	Deep CNN mampu membedakan daun yang terinfeksi dengan tepung dan yang sehat dengan akurasi sebesar 95%.
5	Ref. [12]	Hubungan fungsi <i>loss</i> , backpropagation, dan dropout dalam meningkatkan nilai prediksi dan akurasi	CNN Loss Backpropagation Dropout	Hubungan fungsi <i>loss</i> , backpropagation, dan dropout dalam meningkatkan nilai prediksi dan akurasi

2.2 LANDASAN TEORI

2.2.1 Perkembangan Teknologi Perkebunan Stroberi di Indonesia

Indonesia, dengan kekayaan alamnya yang melimpah, tidak hanya dikenal dengan hasil pertanian yang beragam, tetapi juga berhasil menjadi produsen stroberi yang mengesankan, Meskipun stroberi merupakan buah subtropis, negara ini mampu mengembangkan produksinya di wilayah-wilayah yang cocok untuk

budidaya stroberi. Dengan kualitas yang tinggi dan manfaat kesehatan yang melimpah, stroberi telah menjadi salah satu komoditas pertanian yang semakin berkembang pesat di Indonesia.

Pada tahun 2021 produksi stroberi di Indonesia mencapai 9.860 ton dan mengalami pertumbuhan sebesar 18,08% dibandingkan tahun sebelumnya yang sebesar 8.350 ton. Menurut Badan Pusat Statistik (BPS), produksi stroberi di Indonesia mencapai 9.860 ton pada 2021, dengan pertumbuhan yang signifikan dibandingkan tahun sebelumnya. Namun, produksi stroberi cenderung mengalami penurunan sejak 2014 hingga 2021, dengan puncak produksi pada tahun 2014 sebanyak 58.884 ton dan produksi terendah pada tahun 2019 sebanyak 7.501 ton. Produksi stroberi terutama terjadi di provinsi-provinsi dengan dataran tinggi, suhu optimum antara 17°-20° celcius, kelembaban udara 80%-90%, dan curah hujan 600mm-700mm per tahun. Jawa Barat merupakan penghasil stroberi terbesar di Indonesia, dengan produksi mencapai 6.458 ton pada tahun 2021, setara dengan 65,5% dari total produksi stroberi di Indonesia. Diikuti oleh Jawa Tengah dengan produksi sebesar 1.165 ton, dan Jawa Timur dengan produksi sebesar 838 ton [13].

Lahan yang dibutuhkan untuk budidaya stroberi adalah lahan berpasir yang mengandung tanah liat di lereng pegunungan dan kaya akan bahan organik. Tanah yang mengandung bahan organik tinggi memiliki porositas yang baik sehingga akar dapat tumbuh secara optimal. Selain itu, kandungan bahan organik yang tinggi juga bermanfaat sebagai persediaan nutrisi. Sehingga banyak varietas-varietas stroberi yang juga adalah kebun wisata petik buah stroberi berada di daerah dataran tinggi seperti Lembang, Cianjur, Cipanas dan Sukabumi (Jawa Barat), Batu (Jawa Timur), Magelang dan Purbalingga (Jawa Tengah) dan Bedugul (Bali).

2.2.2 Tanaman Stroberi

Tanaman Stroberi (*Fragaria spp.*) adalah tanaman buah yang berasal dari Rosacea. Tanaman ini memiliki daun hijau dengan permukaan berbulu halus. Stroberi tumbuh dalam bentuk semak pendek yang memiliki tunas merambat yang disebut stolon. Buah Stroberi memiliki warna yang bervariasi, mulai dari merah, kuning, oranye, hingga ungu, tergantung pada varietasnya.



Gambar 2. 1 Tanaman Stroberi

Gambar 2.1 merupakan tanaman stroberi biasanya ditanam di daerah dengan iklim sedang hingga subtropis. Mereka membutuhkan suhu yang relatif rendah, antara 15°C hingga 25°C, dan terbaik jika terpapar sinar matahari penuh selama 6 hingga 8 jam sehari. Stroberi juga membutuhkan tanah yang subur, lembab, dan memiliki drainase yang baik. Stroberi dapat diperbanyak melalui biji, stek, atau pemisahan rumpun. Setelah tanam, tanaman stroberi akan menghasilkan buah dalam waktu sekitar 4 hingga 6 minggu. Buah stroberi sangat populer karena rasa manisnya yang segar dan aroma yang khas. Mereka kaya akan vitamin C, serat, dan antioksidan.

Pertanian stroberi telah menjadi industri yang berkembang di berbagai negara, termasuk Indonesia. Petani stroberi di Indonesia terus mengembangkan teknik budidaya yang lebih baik untuk meningkatkan produksi dan kualitas stroberi. Selain itu, dengan perkembangan teknologi dan pengetahuan yang terus berkembang, diharapkan potensi pertanian stroberi di Indonesia dapat terus berkembang dan memberikan manfaat ekonomi bagi petani dan masyarakat [15].

2.2.2.1 Karakteristik Tanaman Stroberi

Berikut adalah beberapa karakteristik umum tanaman stroberi (*Fragaria spp.*):

- 1) Bentuk dan Ukuran: Tanaman stroberi biasanya tumbuh dalam bentuk semak pendek dengan tinggi sekitar 15-30 cm. Daun-daunnya berukuran kecil dengan permukaan yang berbulu halus. Buah stroberi berukuran kecil

hingga sedang, dengan diameter sekitar 1-5 cm, tergantung pada varietasnya.

- 2) Daun: Daun stroberi biasanya berwarna hijau dengan bentuk daun bulat atau daun berbagi dengan tiga hingga lima daun kecil yang disebut foliole. Permukaan daunnya bisa sedikit kasar atau berbulu halus.
- 3) Bunga: Tanaman stroberi menghasilkan bunga-bunga kecil yang terletak pada batang atau cabang tanaman. Bunga stroberi memiliki kelopak yang berwarna putih atau merah muda dan kelopak mahkota yang berwarna putih. Bunga ini menarik serangga penyerbuk seperti lebah.
- 4) Stolon: Stroberi memiliki stolon, yaitu tunas merambat yang tumbuh di permukaan tanah. Stolon ini akan membentuk akar adventif baru dan membantu dalam memperbanyak tanaman stroberi.
- 5) Buah: Buah stroberi adalah bagian yang paling populer dari tanaman ini. Buah stroberi umumnya berwarna merah cerah saat matang, tetapi ada juga varietas dengan warna kuning, oranye, atau ungu. Permukaan buahnya ditutupi dengan banyak biji kecil yang disebut achenes.
- 6) Sifat Perennial: Tanaman stroberi termasuk tanaman perennial, yang berarti mereka dapat hidup lebih dari dua tahun jika dikelola dengan baik. Mereka akan menghasilkan buah setiap musim tanam dan dapat tumbuh lebih besar seiring waktu.

2.2.2.2 Pentingnya Deteksi Dini Penyakit Pada Tanaman Stroberi

Deteksi dini penyakit pada tanaman stroberi sangat penting dalam upaya menjaga kesehatan dan produktivitas tanaman. Berikut adalah beberapa alasan mengapa deteksi dini penyakit pada tanaman stroberi memiliki kepentingan yang signifikan:

- 1) Pencegahan Kerusakan Lebih Lanjut:
Dengan mendeteksi penyakit pada tahap awal, petani dapat segera mengambil tindakan yang diperlukan untuk mencegah penyebaran dan perkembangan lebih lanjut penyakit. Hal ini dapat membantu menghentikan penyebaran patogen atau infeksi ke tanaman lainnya, mengurangi kerusakan dan kehilangan hasil yang lebih besar.

2) Pengendalian Biaya Produksi:

Deteksi dini penyakit pada tanaman stroberi memungkinkan petani untuk mengambil langkah-langkah pengendalian penyakit yang tepat waktu dan efektif. Tindakan seperti penggunaan bahan kimia atau metode organik, isolasi tanaman yang terinfeksi, atau penghapusan tanaman yang parah terinfeksi dapat dilakukan lebih awal. Dengan demikian, petani dapat mengendalikan penyakit dengan biaya yang lebih rendah dan menghindari kerugian finansial yang signifikan.

3) Pemeliharaan Kesehatan Tanaman:

Deteksi dini penyakit pada stroberi memungkinkan petani untuk menjaga kesehatan tanaman secara keseluruhan. Dengan mengidentifikasi gejala penyakit seperti bercak daun, bercak pada buah, atau kerusakan akar, petani dapat mengambil langkah-langkah yang diperlukan, seperti penggunaan fungisida atau pemupukan yang tepat, untuk mendukung pemulihan dan pertumbuhan tanaman yang sehat.

4) Meningkatkan Produktivitas dan Kualitas Hasil Panen:

Tanaman stroberi yang bebas penyakit cenderung menghasilkan buah yang lebih sehat dan berkualitas tinggi. Dengan mendeteksi dan mengobati penyakit sejak dini, petani dapat mengurangi dampak negatif penyakit terhadap pertumbuhan tanaman dan kualitas buah. Ini akan berdampak positif pada produktivitas tanaman dan kepuasan pelanggan.

5) Kestabilan dan Keberlanjutan Usaha Pertanian:

Deteksi dini penyakit pada tanaman stroberi merupakan langkah proaktif dalam menjaga keberlanjutan usaha pertanian. Dengan mengontrol penyakit secara efektif, petani dapat menjaga kestabilan produksi dan mengurangi risiko kegagalan panen yang disebabkan oleh infeksi penyakit yang tidak terkontrol.

Dalam upaya deteksi dini penyakit pada tanaman stroberi, penting bagi petani untuk memahami gejala umum penyakit, menggunakan metode pemantauan yang tepat, dan berkonsultasi dengan ahli pertanian atau lembaga pertanian setempat untuk mendapatkan bimbingan yang diperlukan [15] [16].

2.2.3 *Tipburn* Pada Tanaman Stroberi

2.2.3.1 Definisi Dan Karakteristik *Tipburn*

Tipburn adalah kondisi pada tanaman di mana ujung atau tepi daun mengalami kekeringan, kecokelatan, dan kerusakan jaringan.



Gambar 2. 2 Tampilan *Tipburn* Pada Daun Tanaman Stroberi

Pada Gambar 2.2, terlihat dengan jelas tampilan *Tipburn* pada daun tanaman stroberi, di mana ujung atau tepi daun mengalami kekeringan dan kerusakan jaringan yang dapat merugikan pertumbuhan dan kesehatan tanaman secara keseluruhan. Oleh karena itu, pemahaman dan deteksi dini kondisi seperti *Tipburn* melalui penelitian ini sangat penting untuk memungkinkan petani mengambil tindakan pencegahan dan pengendalian yang tepat, meningkatkan produktivitas serta kualitas produksi stroberi, dan mengurangi dampak negatif terhadap biaya produksi. Karakteristik *Tipburn* pada tanaman stroberi meliputi:

- 1) Perubahan warna: Daun yang terkena *Tipburn* akan berubah warna menjadi kekuningan, kecokelatan, atau bahkan hitam pada bagian ujung atau tepi daun.
- 2) Warna ini menunjukkan adanya kerusakan dan kekeringan pada jaringan daun.
- 3) Kekeringan dan kerusakan jaringan: Daun yang terkena *Tipburn* akan mengalami kekeringan dan kecokelatan pada bagian ujung atau tepi

daun. Kerusakan jaringan ini dapat mengakibatkan daun menjadi kering, rapuh, dan bahkan mengalami nekrosis.

- 4) Penyebaran melalui daun: *Tipburn* cenderung mempengaruhi daun-daun yang baru tumbuh atau sedang tumbuh dengan cepat. Kerusakan pada satu daun dapat menyebar ke daun-daun lainnya jika penyebabnya tidak diatasi.
- 5) Tidak merusak keseluruhan tanaman: Meskipun *Tipburn* dapat menyebabkan kerusakan pada daun, biasanya tidak merusak keseluruhan tanaman stroberi. Tanaman masih dapat bertahan hidup dan berbuah, terutama jika langkah-langkah pencegahan dan pengendalian diterapkan dengan baik.

Penyebab *Tipburn* pada tanaman stroberi dapat bervariasi, termasuk faktor nutrisi, kelembaban, suhu, dan penyakit. Kekurangan kalsium dan ketidakseimbangan nutrisi, terutama selama masa pertumbuhan aktif, seringkali menjadi faktor penyebab utama *Tipburn* pada tanaman stroberi. Faktor lingkungan seperti suhu yang tinggi, kelembaban rendah, dan paparan sinar matahari yang berlebihan juga dapat mempengaruhi terjadinya *Tipburn*.

Pencegahan dan pengendalian *Tipburn* pada tanaman stroberi melibatkan pengelolaan nutrisi yang baik, penyiraman yang cukup, pengelolaan lingkungan, dan pemilihan varietas yang lebih tahan terhadap *Tipburn*.

2.2.3.2 Faktor Penyebab *Tipburn*

Tipburn pada tanaman stroberi adalah kondisi di mana ujung daun dan tepi daun mengalami kekeringan dan kecokelatan. Kondisi ini biasanya terjadi pada daun yang baru tumbuh atau yang sedang tumbuh dengan cepat. *Tipburn* pada stroberi disebabkan oleh kekurangan kalsium yang tersedia di dalam tanah atau gangguan dalam pengangkutan kalsium ke daun.

Beberapa faktor yang dapat menyebabkan *Tipburn* pada tanaman stroberi antara lain:

- 1) Kekurangan Kalsium: Tanah dengan kandungan kalsium yang rendah dapat menyebabkan *Tipburn* pada stroberi. Kekurangan kalsium dapat

terjadi karena faktor seperti pH tanah yang rendah, kualitas air irigasi yang buruk, atau ketidakseimbangan nutrisi dalam tanah.

- 2) Gangguan dalam Pengangkutan Kalsium: Meskipun kalsium tersedia dalam tanah, gangguan dalam proses pengangkutan kalsium dari akar ke daun juga dapat menyebabkan *Tipburn*. Ini bisa terjadi karena faktor seperti masalah dalam sistem perakaran, kerusakan pada pembuluh pengangkut kalsium, atau stres lingkungan yang mengganggu penyerapan dan transportasi kalsium.
- 3) Faktor Lingkungan: Beberapa faktor lingkungan seperti suhu yang tinggi, kelembaban rendah, paparan sinar matahari yang berlebihan, atau angin kencang dapat menyebabkan peningkatan evaporasi air dari daun stroberi. Hal ini dapat menyebabkan penumpukan garam dan mineral di ujung daun, yang menghambat pengangkutan kalsium dan akhirnya menyebabkan *Tipburn*.

2.2.3.3 Dampak *Tipburn* Terhadap Tanaman Stroberi

Tipburn dapat memiliki beberapa dampak negatif pada tanaman stroberi. Berikut adalah beberapa dampak *Tipburn* terhadap tanaman stroberi:

1) Kerusakan Daun:

Tipburn menyebabkan kerusakan pada daun tanaman stroberi, terutama pada ujung atau tepi daun. Daun yang terkena *Tipburn* cenderung mengering, menguning, dan berubah warna menjadi coklat atau bahkan hitam. Kerusakan ini dapat mempengaruhi fungsi daun dalam fotosintesis dan pertumbuhan tanaman secara keseluruhan.

2) Penghambatan Pertumbuhan:

Tipburn yang parah dapat menghambat pertumbuhan tanaman stroberi. Daun yang mengalami *Tipburn* tidak dapat berfungsi dengan optimal dalam memproduksi makanan melalui proses fotosintesis. Akibatnya, pertumbuhan vegetatif dan reproduksi tanaman dapat terhambat.

3) Penurunan Kualitas Buah:

Tipburn pada daun stroberi dapat mempengaruhi kualitas buah yang dihasilkan. Daun yang mengalami kerusakan tidak dapat menyediakan

nutrisi dan energi yang cukup untuk pengembangan buah dengan baik. Hal ini dapat mengakibatkan buah stroberi menjadi kecil, kurang manis, atau memiliki tekstur yang tidak diinginkan.

4) Risiko Infeksi Penyakit:

Daun yang mengalami *Tipburn* cenderung menjadi lebih rentan terhadap infeksi penyakit. Kerusakan pada jaringan daun memungkinkan masuknya patogen dan penyakit, yang dapat menyebabkan infeksi dan memperburuk kondisi tanaman.

5) Gangguan Estetika:

Tipburn yang terjadi pada tanaman stroberi juga dapat mengganggu tampilan estetika tanaman. Daun yang kering, menguning, atau berubah warna menjadi coklat dapat membuat tanaman terlihat tidak sehat dan tidak menarik.

Dalam beberapa kasus, tanaman stroberi masih dapat bertahan dan berproduksi meskipun mengalami *Tipburn*. Namun, dampak yang lebih serius dapat menghambat pertumbuhan dan mengurangi produktivitas tanaman. Oleh karena itu, penting untuk mencegah dan mengelola *Tipburn* dengan menjaga keseimbangan nutrisi tanah, memberikan irigasi yang cukup, mengendalikan lingkungan pertumbuhan, dan memilih varietas yang lebih tahan terhadap *Tipburn*.

2.2.3.4 Upaya Pengendalian *Tipburn*

Upaya pengendalian *Tipburn* pada tanaman stroberi dapat dilakukan dengan mengadopsi beberapa langkah dan praktik budidaya yang tepat. Berikut adalah beberapa upaya pengendalian *Tipburn* yang dapat dilakukan:

1) Penyediaan Kalsium yang Cukup:

Kekurangan kalsium seringkali menjadi penyebab utama *Tipburn* pada tanaman stroberi. Oleh karena itu, penting untuk memastikan ketersediaan kalsium yang cukup dalam tanah. Hal ini dapat dilakukan dengan pemberian pupuk kalsium yang sesuai atau dengan memperbaiki keasaman tanah (pH) yang dapat mempengaruhi penyerapan kalsium oleh tanaman.

2) Pengelolaan Nutrisi yang Baik:

Memastikan keseimbangan nutrisi yang baik dalam tanah merupakan langkah penting untuk mengurangi risiko *Tipburn*. Mengikuti rekomendasi pemupukan yang tepat dan mengelola rasio nutrisi, terutama antara kalsium dengan nutrisi lain seperti kalium dan magnesium, dapat membantu menghindari ketidakseimbangan nutrisi yang memicu *Tipburn*.

3) Pengaturan Irigasi yang Tepat:

Memberikan irigasi yang cukup dan teratur merupakan faktor penting dalam pengendalian *Tipburn*. Tanaman stroberi membutuhkan kelembaban yang konsisten namun tidak berlebihan. Penting untuk menjaga kelembaban tanah tetap stabil dan tidak terlalu kering atau terlalu basah. Menggunakan metode irigasi yang tepat, seperti tetes atau semprotan air yang merata, dapat membantu menghindari kondisi kekeringan atau kelembaban berlebih yang dapat memicu *Tipburn*.

4) Pengelolaan Lingkungan:

Menciptakan lingkungan yang sesuai untuk tanaman stroberi juga penting dalam pengendalian *Tipburn*. Melindungi tanaman dari paparan sinar matahari yang berlebihan atau angin kencang dapat membantu mengurangi risiko *Tipburn*. Penyediaan naungan atau penutup sementara pada saat cuaca yang panas atau terik dapat membantu melindungi tanaman dari kondisi lingkungan yang tidak menguntungkan.

5) Pemilihan Varietas yang Tahan *Tipburn*:

Memilih varietas tanaman stroberi yang memiliki ketahanan terhadap *Tipburn* dapat menjadi langkah proaktif dalam pengendalian. Beberapa varietas memiliki toleransi yang lebih baik terhadap kondisi lingkungan yang memicu *Tipburn*. Konsultasikan dengan ahli atau petani setempat untuk mendapatkan rekomendasi varietas yang lebih tahan terhadap *Tipburn*.

Dengan menerapkan langkah-langkah ini, dapat membantu mengurangi risiko *Tipburn* pada tanaman stroberi dan menjaga pertumbuhan serta kualitas tanaman secara keseluruhan. Penting untuk memantau tanaman secara teratur, mengidentifikasi gejala *Tipburn* secara dini, dan mengambil tindakan yang diperlukan untuk mengendalikannya.

2.2.4 *Leaf spot* Pada Tanaman Stroberi

2.2.4.1. Definisi Dan Karakteristik *Leaf spot*

Leaf spot merupakan penyakit umum yang sering terjadi pada tanaman stroberi dan disebabkan oleh infeksi patogen, seperti jamur atau bakteri. Gejala dari penyakit ini mencakup munculnya bercak-bercak berwarna cokelat, hitam, atau merah pada daun tanaman stroberi. Bercak-bercak tersebut dapat muncul di berbagai bagian daun, termasuk tepi atau tengah daun, seperti yang terlihat pada Gambar 2.3. Keberadaan penyakit *leaf spot* dapat merugikan pertumbuhan dan kesehatan tanaman stroberi secara keseluruhan, mengurangi produktivitas, dan mempengaruhi kualitas hasil produksi.



Gambar 2. 3 Tampilan *Leaf spot* Pada Daun Tanaman Stroberi

Karakteristik *leaf spot* pada tanaman stroberi meliputi:

1) Bercak-bercak pada daun:

Leaf spot ditandai oleh adanya bercak-bercak berwarna cokelat, hitam, atau merah pada daun tanaman stroberi. Bercak-bercak ini bisa berukuran kecil atau besar, tergantung pada tingkat keparahan infeksi. Pada tahap awal, bercak mungkin tampak kecil dan berbatas tegas, tetapi seiring perkembangan penyakit, bercak dapat membesar dan bergabung satu sama lain.

2) Perubahan warna dan tekstur:

Daun yang terinfeksi *leaf spot* akan mengalami perubahan warna dan tekstur. Daun yang sehat biasanya memiliki warna hijau yang konsisten,

tetapi daun yang terkena *leaf spot* akan memiliki bercak dengan warna yang berbeda. Selain itu, daun yang terinfeksi cenderung menjadi lebih kering, keriput, atau bahkan nekrosis di sekitar bercak.

3) Penyebaran melalui daun:

Infeksi *leaf spot* pada satu daun dapat menyebar ke daun-daun lainnya jika tidak dikendalikan. Patogen penyebab penyakit dapat berpindah dari daun yang terinfeksi ke daun yang sehat melalui percikan air, angin, atau melalui kontak langsung dengan tanaman lain. Penyebaran penyakit dapat meningkatkan risiko kerusakan dan penurunan produktivitas tanaman stroberi.

4) Faktor lingkungan yang mempengaruhi perkembangan:

Faktor lingkungan seperti kelembaban tinggi, suhu yang hangat, dan kondisi lingkungan yang lembab dapat mempengaruhi perkembangan *leaf spot*. Lingkungan yang memadai untuk pertumbuhan patogen meningkatkan risiko infeksi dan penyebaran penyakit.

5) Pengaruh pada produktivitas tanaman:

Jika tidak dikendalikan dengan baik, *leaf spot* dapat menyebabkan kerugian yang signifikan pada tanaman stroberi. Infeksi yang parah dapat mengakibatkan kerontokan daun, penurunan produksi buah, dan penurunan kualitas buah stroberi yang dihasilkan.

Pencegahan dan pengendalian *leaf spot* pada tanaman stroberi melibatkan praktik budidaya yang baik, seperti menjaga kebersihan kebun, memantau tanaman secara teratur, dan menerapkan langkah-langkah pengendalian yang sesuai. Ini dapat mencakup pemangkasan daun yang terinfeksi, penggunaan fungisida atau bakterisida yang sesuai, dan pengelolaan lingkungan yang mengurangi kondisi yang menguntungkan bagi

2.2.4.2.Faktor Penyebab *Leaf spot*

Leaf spot pada tanaman stroberi disebabkan oleh berbagai faktor, baik biotik maupun abiotik. Berikut adalah beberapa faktor penyebab utama *leaf spot* pada tanaman stroberi:

1) Patogen:

Penyakit *leaf spot* pada tanaman stroberi sering disebabkan oleh infeksi patogen, seperti jamur dan bakteri. Beberapa spesies patogen yang umum adalah *Colletotrichum spp.*, *Mycosphaerella fragariae*, dan *Xanthomonas fragariae*. Patogen ini dapat menyerang daun dan menyebabkan pembentukan bercak pada permukaan daun.

2) Kelembaban Tinggi:

Kelembaban tinggi dan kondisi lingkungan yang lembap adalah faktor penting dalam perkembangan *leaf spot*. Kelembaban yang tinggi menciptakan lingkungan yang ideal bagi pertumbuhan dan penyebaran patogen. Air yang tersedia pada permukaan daun dapat membantu patogen menyebar dan menginfeksi tanaman stroberi.

3) Suhu yang Optimal:

Suhu yang optimal juga mempengaruhi perkembangan *leaf spot*. Patogen penyebab *leaf spot* pada tanaman stroberi biasanya berkembang dengan baik pada suhu antara 20°C hingga 27°C. Suhu yang hangat mempercepat pertumbuhan patogen dan memperburuk infeksi pada tanaman stroberi.

4) Kondisi Tanah yang Tidak Sehat:

Tanah yang tidak sehat atau kurang subur dapat meningkatkan risiko serangan *leaf spot*. Tanah yang mengandung nutrisi yang tidak seimbang atau rendah dalam kalsium dan nutrisi lainnya dapat melemahkan tanaman stroberi, membuatnya lebih rentan terhadap infeksi patogen.

5) Penyakit Pendahulu:

Adanya penyakit pendahulu atau infeksi lain pada tanaman stroberi juga dapat meningkatkan risiko *leaf spot*. Misalnya, tanaman yang terinfeksi oleh penyakit seperti antraknose atau septoria *leaf spot* cenderung lebih rentan terhadap serangan *leaf spot*.

6) Kebersihan Kebun yang Buruk:

Kebersihan kebun yang buruk, termasuk akumulasi sisa tanaman atau serasah, dapat menyediakan tempat berkembang biak bagi patogen penyebab *leaf spot*. Sisa-sisa tanaman yang terinfeksi dapat menjadi

sumber infeksi baru dan menyebabkan penyebaran penyakit. Tanaman stroberi yang dibiarkan terlalu padat atau tanaman yang tidak disiram dengan benar juga dapat menciptakan lingkungan yang lembap dan memperburuk kondisi yang menguntungkan bagi patogen. Oleh karena itu, menjaga kebersihan kebun dengan membersihkan dan membuang sisa-sisa tanaman yang terinfeksi secara teratur merupakan langkah penting dalam pengendalian *leaf spot* dan mencegah penyebaran infeksi.

2.2.4.3. Dampak *Leaf spot* terhadap Tanaman Stroberi

Leaf spot pada tanaman stroberi dapat memiliki beberapa dampak negatif terhadap pertumbuhan, produktivitas, dan kualitas buah. Beberapa dampak yang mungkin terjadi adalah sebagai berikut:

1) Penurunan pertumbuhan dan vigor tanaman:

Leaf spot dapat menyebabkan kerusakan pada daun, menghambat proses fotosintesis, dan mengganggu sirkulasi nutrisi dalam tanaman. Hal ini dapat mengakibatkan penurunan pertumbuhan tanaman stroberi dan penurunan kekuatan serta vigor tanaman.

2) Penurunan produksi buah:

Infeksi *leaf spot* yang parah dapat mengakibatkan kerontokan daun, sehingga berkurangnya luas daun yang tersedia untuk proses fotosintesis. Akibatnya, produksi buah stroberi dapat mengalami penurunan karena kurangnya sumber daya yang cukup untuk perkembangan dan pembentukan buah.

3) Penurunan kualitas buah:

Leaf spot pada tanaman stroberi dapat mempengaruhi kualitas buah yang dihasilkan. Bercak-bercak yang terbentuk pada daun dapat menyebar ke buah stroberi dan menyebabkan kerusakan fisik serta perubahan warna dan tekstur pada buah. Hal ini dapat mengurangi nilai komersial dan daya tarik buah stroberi.

2.2.4.4. Upaya Pengendalian *Leaf spot*

Upaya pengendalian *leaf spot* pada tanaman stroberi dapat melibatkan langkah-langkah berikut:

1) Praktik Budidaya yang Baik:

Mempraktikkan budidaya yang baik, seperti memilih varietas stroberi yang tahan terhadap *leaf spot*, mengelola kepadatan tanaman yang tepat, dan memberikan perawatan yang baik terhadap tanaman, dapat membantu mengurangi risiko infeksi *leaf spot*.

2) Pengelolaan Lingkungan:

Menerapkan pengelolaan lingkungan yang tepat, seperti memastikan drainase yang baik, menghindari genangan air, dan menjaga kebersihan kebun dengan membuang sisa-sisa tanaman yang terinfeksi, dapat membantu mengurangi kelembaban yang berlebihan dan mengurangi kondisi yang menguntungkan bagi patogen penyebab *leaf spot*.

3) Penggunaan Fungisida:

Penerapan fungisida secara tepat dan pada waktu yang tepat dapat membantu mengendalikan infeksi *leaf spot*. Konsultasikan dengan ahli pertanian atau spesialis tanaman untuk memilih dan menggunakan fungisida yang sesuai.

4) Rotasi Tanaman:

Melakukan rotasi tanaman dengan tanaman yang tidak rentan terhadap *leaf spot* dapat membantu mengurangi risiko infeksi patogen yang bertahan di tanah.

5) Pemantauan dan Deteksi Dini:

Melakukan pemantauan secara teratur terhadap tanaman stroberi untuk mendeteksi tanda-tanda awal *leaf spot*. Jika ada tanda-tanda infeksi, langkah-langkah pengendalian dapat segera diambil untuk mencegah penyebaran yang lebih lanjut.

2.2.5 Daun Stroberi Sehat

Daun stroberi yang sehat mengacu pada kondisi daun yang menunjukkan tanda-tanda keberlangsungan hidup yang baik dan bebas dari masalah kesehatan.

Daun yang sehat memiliki struktur dan fungsi yang optimal untuk mendukung pertumbuhan dan perkembangan tanaman secara normal. Mereka mampu melakukan fotosintesis dengan efisien, menghasilkan nutrisi yang diperlukan, dan menjaga keseimbangan air dalam tanaman.

Pada Gambar 2.4 Daun stroberi yang sehat umumnya memiliki warna hijau cerah yang merata di seluruh permukaannya. Bentuk daun yang simetris dan tepi daun yang rata atau sedikit bergelombang juga merupakan ciri dari daun stroberi yang sehat. Selain itu, daun yang sehat tidak memiliki bercak atau noda berwarna tidak normal, tidak mengalami kerusakan fisik, dan memiliki ukuran serta pertumbuhan yang sesuai dengan tanaman.



Gambar 2. 4 Tampilan *Healthy Leaf* Tanaman Stroberi

Daun stroberi yang sehat memiliki beberapa karakteristik yang dapat dikenali. Berikut adalah beberapa ciri-ciri daun stroberi yang sehat:

1) Warna Daun yang Hijau dan Cerah:

Daun stroberi yang sehat memiliki warna hijau yang cerah dan merata di seluruh permukaan daun. Warna yang konsisten menandakan adanya klorofil yang cukup untuk melakukan fotosintesis dengan baik.

2) Bentuk Daun yang Simetris:

Daun stroberi yang sehat biasanya memiliki bentuk yang simetris, dengan tepi yang rata atau sedikit bergelombang. Daun yang memiliki bentuk tidak normal atau terlihat rusak mungkin menunjukkan adanya masalah kesehatan.

3) Tidak Adanya Bercak atau Noda:

Daun stroberi yang sehat tidak memiliki bercak-bercak berwarna cokelat, hitam, atau kuning yang tidak wajar. Bercak atau noda dapat menjadi tanda adanya penyakit atau serangan patogen pada tanaman stroberi.

4) Kekuatan dan Kehalusan Daun:

Daun stroberi yang sehat terasa kuat dan lembut saat disentuh. Daun yang rapuh atau menggulung mungkin menunjukkan masalah seperti kekurangan air atau serangan hama.

5) Ukuran dan Pertumbuhan yang Normal:

Daun stroberi yang sehat memiliki ukuran yang proporsional dengan tanaman dan mengalami pertumbuhan yang normal. Daun yang terlalu kecil atau terlalu besar, serta pertumbuhan yang terhambat, dapat menjadi indikasi masalah kesehatan pada tanaman.

Mengamati dan memelihara kesehatan daun stroberi sangat penting untuk menjaga kesehatan dan produktivitas tanaman. Jika ditemukan adanya perubahan atau kelainan pada daun stroberi, segera identifikasi penyebabnya dan lakukan langkah-langkah pengendalian yang tepat. Keadaan daun stroberi yang sehat sangat penting karena daun berperan dalam proses fotosintesis yang menghasilkan energi bagi tanaman. Daun yang sehat juga menjadi indikator kesehatan tanaman secara keseluruhan. Dengan memperhatikan keadaan daun stroberi dan mengambil langkah-langkah untuk menjaga kesehatannya, petani dapat mengoptimalkan pertumbuhan, produksi, dan keberhasilan panen stroberi [17].

2.2.6 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 [7]. 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 [2]. 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.

2.2.7 Artificial Intelligence (Kecerdasan Buatan)

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.

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.

Artificial Intelligence (AI) memiliki keunggulan dan kelemahan yang perlu dipertimbangkan. Berikut adalah beberapa di antaranya:

Keunggulan AI:

1. Kecepatan dan Efisiensi:

AI dapat melakukan tugas secara cepat dan efisien, bahkan dalam skala besar, yang mungkin sulit atau tidak mungkin dilakukan oleh manusia.

2. Analisis Data:

AI dapat menganalisis dan memproses data dalam jumlah besar dengan cepat untuk mengidentifikasi pola, tren, dan wawasan yang mungkin tidak terdeteksi oleh manusia.

3. Kemampuan Pembelajaran:

AI dapat belajar dari pengalaman dan data baru, meningkatkan kinerjanya seiring waktu tanpa perlu pemrograman ulang.

4. Ketepatan:

Dalam beberapa kasus, AI dapat memberikan tingkat akurasi dan ketepatan yang tinggi, terutama dalam tugas yang memerlukan perhitungan matematis dan analisis data.

5. Bekerja pada Lingkungan Berbahaya:

AI dapat digunakan untuk tugas-tugas yang berbahaya atau berisiko tinggi bagi manusia, seperti eksplorasi ruang angkasa, penyelamatan dalam bencana, dan pekerjaan di lingkungan beracun.

Kelemahan AI:

1. Ketergantungan pada Data:

AI memerlukan data yang besar dan berkualitas tinggi untuk pelatihan. Ketidakseimbangan data atau data yang bias dapat menghasilkan model yang tidak akurat atau tidak adil.

2. Ketidakpastian:

AI mungkin sulit untuk menjelaskan atau memahami keputusan dan tindakannya secara rinci, menciptakan tantangan dalam kepercayaan dan penerimaan oleh manusia.

3. Kesalahan dan Bias:

AI dapat membuat kesalahan, terutama jika pelatihannya tidak sempurna. Selain itu, AI dapat mencerminkan bias yang terkandung dalam data pelatihan, menyebabkan keputusan yang tidak adil atau diskriminatif.

4. Pengangguran:

Perkembangan AI dapat menggantikan pekerjaan manusia dalam beberapa sektor, menyebabkan potensi pengangguran dan pertanyaan etis terkait dampak sosialnya.

5. Keamanan:

AI dapat menjadi target serangan siber atau digunakan untuk kegiatan berbahaya jika tidak diamankan dengan baik. Perhatian pada keamanan sangat penting untuk mencegah eksploitasi.

6. Biaya Implementasi:

Pengembangan dan implementasi sistem AI dapat mahal, terutama untuk organisasi kecil atau startup yang mungkin memiliki keterbatasan sumber daya.

7. Ketergantungan dan Kekhawatiran Etis:

Ketergantungan berlebihan pada AI dan kekhawatiran etis terkait, seperti privasi dan kontrol, dapat menjadi isu yang signifikan yang memerlukan perhatian.

2.2.8 *Deep learning*

Deep learning merupakan subbidang *machine learning* yang algoritmanya terinspirasi 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 [18].

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 [19]

2.2.9 *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.

A. Keunggulan *Machine Learning*:

1. Pengolahan Data Massal:

Machine learning mampu mengelola dan menganalisis data dalam jumlah besar, mengidentifikasi pola dan tren yang mungkin sulit untuk diidentifikasi oleh manusia.

2. Prediksi yang Akurat:

Model *machine learning* dapat memberikan prediksi yang akurat berdasarkan pola-pola yang ditemukan dalam data pelatihan.

3. Pembelajaran dari Data Baru:

Kemampuan *machine learning* untuk belajar dari data baru memungkinkan model untuk meningkatkan kinerjanya seiring waktu tanpa perlu pemrograman ulang.

4. Automatisasi Tugas Repetitif:

Machine learning dapat digunakan untuk otomatisasi tugas-tugas yang repetitif, memungkinkan manusia untuk fokus pada tugas-tugas yang lebih kompleks dan kreatif.

5. Pengenalan Pola:

Machine learning dapat mengidentifikasi pola dan hubungan kompleks dalam data, bahkan ketika manusia sulit untuk melakukannya secara manual.

B. Kelemahan *Machine Learning*:

1. Ketergantungan pada Data:

Kinerja model *machine learning* sangat bergantung pada kualitas dan representativitas data pelatihan. Data yang bias atau tidak mencerminkan populasi sebenarnya dapat menghasilkan model yang tidak akurat atau diskriminatif.

2. *Overfitting* dan *Underfitting*:

Overfitting terjadi ketika model terlalu "memorialisasi" data pelatihan dan tidak dapat menggeneralisasi dengan baik pada data baru.

Underfitting terjadi ketika model terlalu sederhana untuk menggambarkan pola dalam data.

3. Interpretabilitas yang Rendah:

Beberapa model *machine learning*, terutama yang kompleks seperti jaringan saraf, sering sulit diinterpretasikan oleh manusia. Ini dapat menimbulkan kekhawatiran terkait keadilan dan keamanan.

4. Kesulitan dalam Pemrograman dan Pemeliharaan:

Implementasi dan pemeliharaan model *machine learning* bisa menjadi tugas yang kompleks dan memerlukan keahlian khusus dalam pengembangan perangkat lunak dan pemahaman statistik.

5. Kurangnya Penjelasan:

Beberapa model *machine learning*, terutama yang berbasis *deep learning*, sering dianggap sebagai "*black box*" karena kesulitan dalam menjelaskan mengapa model membuat keputusan tertentu.

C. Metode *Machine Learning*:

1. *Supervised Learning*:

Model dilatih menggunakan pasangan *input-output* yang sudah diketahui. Tujuannya adalah untuk memetakan *input* ke *output*.

2. *Unsupervised Learning*:

Model belajar dari data tanpa label. Tujuannya adalah untuk mengidentifikasi pola atau struktur dalam data.

3. *Reinforcement Learning*:

Model belajar melalui interaksi dengan lingkungannya. Tujuannya adalah untuk memaksimalkan nilai hadiah atau reward.

4. *Deep Learning*:

Subbidang dari *machine learning* yang menggunakan arsitektur jaringan saraf tiruan dengan banyak lapisan (*neuron*).

5. *Semi-Supervised Learning*:

Kombinasi antara *supervised learning* dan *unsupervised learning*, di mana model dilatih menggunakan data yang sebagian besar tidak berlabel.

6. *Transfer Learning*:

Mentransfer pengetahuan dari satu tugas ke tugas lain, membantu model belajar lebih cepat dan efisien.

7. *Ensemble Learning*:

Menggabungkan beberapa model untuk meningkatkan kinerja dan kestabilan prediksi.

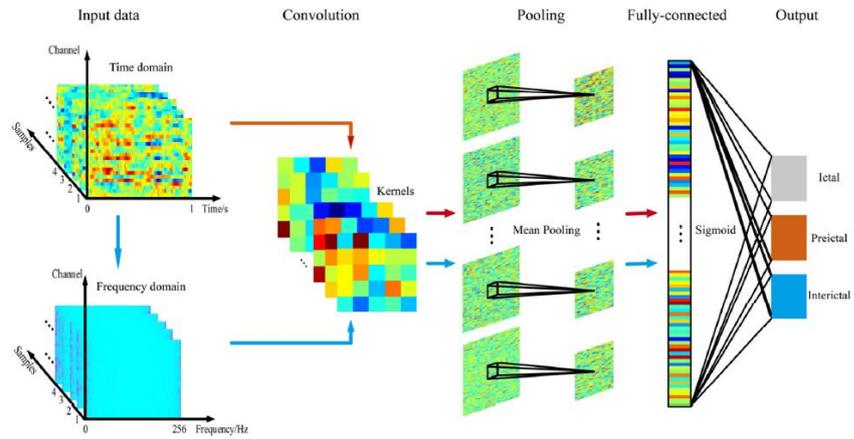
8. *Clustering*:

Mengelompokkan data ke dalam kelompok-kelompok yang serupa berdasarkan karakteristik tertentu.

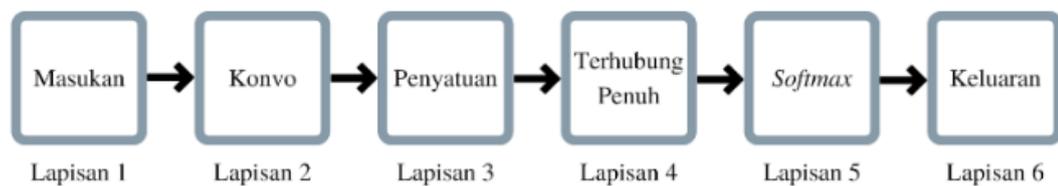
2.2.10 Convolutional Neural Network

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 [13]. Beberapa contoh aplikasi CNN dalam visi komputer meliputi pengenalan wajah, klasifikasi gambar, dan berbagai tugas lainnya.

Sama seperti jaringan saraf dasar, Convolutional Neural Network (CNN) juga terdiri dari parameter yang dapat dipelajari, seperti bobot, bias, dan parameter lainnya [21]. Selama proses pelatihan, CNN memperbarui dan mengoptimalkan parameter-parameter ini untuk memungkinkan pengenalan pola-pola kompleks dalam gambar dan menjalankan tugas pemrosesan gambar secara otomatis. Keunggulan utama CNN terletak pada kemampuannya untuk mengekstraksi fitur-fitur secara hierarkis dari gambar, memungkinkan representasi yang lebih kaya dan akurat. Gambar 2.5 menunjukkan struktur dasar dari Convolutional Neural Network (CNN), yang mencerminkan lapisan-lapisan konvolusi, pooling, dan lapisan terhubung penuh yang berperan penting dalam kemampuan CNN untuk memahami dan mengolah informasi visual [22].



Gambar 2. 5 Struktur *Convolutional Neural Network* (CNN) [21]

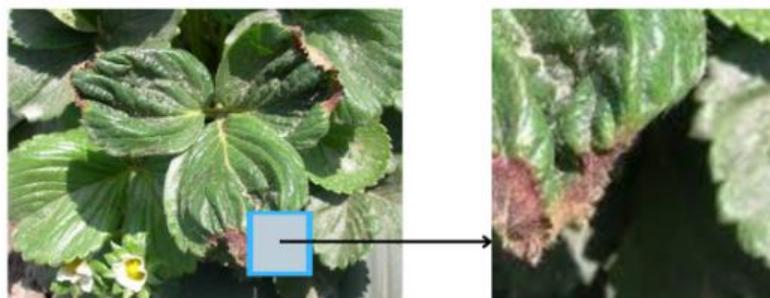


Gambar 2. 6 Lapisan di Dalam Proses Klasifikasi CNN

Pada Gambar 2.6 Lapisan *Convolutional Neural Network* (CNN) memiliki enam lapisan dalam proses klasifikasinya, yaitu:

- 1) Lapisan Masukan :

Gambar 2.7 merupakan 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. [22]

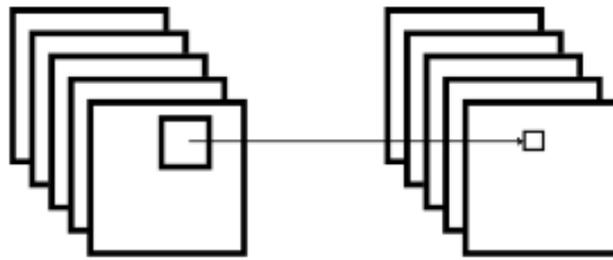


Gambar 2.7 Lapisan Masukan

- 2) Lapisan Konvolusi

Lapisan konvo disebut juga lapisan ekstraktor fitur karena fitur gambar diekstraksi di dalam lapisan ini. Pertama-tama, bagian dari gambar terhubung ke lapisan konvo untuk melakukan operasi konvolusi dan

menghitung produk titik antara bidang reseptif dan filter. Hasil operasi adalah bilangan bulat tunggal dari volume keluaran. Kemudian filter digeser ke bidang reseptif berikutnya dari gambar *input* yang sama dengan kemajuan dan melakukan operasi yang sama lagi. Proses yang sama diulangi berulang kali hingga melewati seluruh gambar. Keluarannya akan menjadi masukan untuk lapisan berikutnya, sesuai dengan Gambar 2.8 [22].



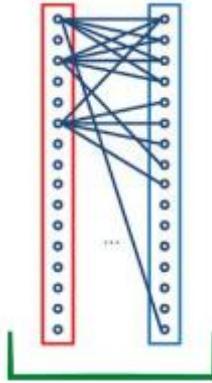
Gambar 2. 8 Tampilan Lapisan Konvo

3) Lapisan Penyatuan

Lapisan penyatuan, juga dikenal sebagai pooling adalah salah satu komponen penting dalam arsitektur *Convolutional Neural Network* (CNN). Fungsi utama lapisan ini adalah mengurangi dimensi spasial dari fitur yang diperoleh dari lapisan konvolusi sebelumnya. Lapisan Penyatuan biasanya mengambil wilayah dari matriks fitur dan melakukan operasi agregasi, seperti mengambil nilai maksimum (*Max Pooling*) atau menghitung rata-rata (*Average Pooling*), untuk mendapatkan nilai representative dari wilayah tersebut. Tujuan dari operasi ini adalah untuk mempertahankan informasi penting dari fitur sambil mengurangi jumlah parameter yang diperlukan. [22]

4) Lapisan Terhubung Penuh

Lapisan Terhubung Penuh, juga dikenal sebagai lapisan *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. Pada Gambar 2.9 memberikan representasi visual dari struktur lapisan terhubung penuh dalam CNN [22].



Gambar 2. 9 Lapisan Terhubung Penuh [22]

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.

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 berbeda-beda 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.

A. Keunggulan *Convolutional Neural Networks* (CNN):

1. Ekstraksi Fitur Otomatis:

CNN secara otomatis dapat mengekstrak fitur-fitur hierarkis dari data gambar, seperti tepi, tekstur, dan pola yang lebih kompleks.

2. Invariansi Posisi:

CNN memiliki kemampuan invariansi terhadap pergeseran dan rotasi, membuatnya efektif untuk pengenalan objek dalam berbagai posisi.

3. Pemahaman Konteks Lokal:

CNN fokus pada informasi lokal di sekitar setiap piksel, memungkinkan pemahaman yang lebih baik terhadap struktur lokal dalam citra.

4. Kemampuan untuk Memproses Data Besar:

CNN dapat bekerja dengan baik pada data gambar dengan resolusi tinggi dan ukuran besar, mengatasi kompleksitas tugas pengolahan komputer yang tinggi.

5. Pemeliharaan Hierarki Informasi:

Arsitektur CNN memungkinkan pemeliharaan struktur hierarki dalam data, di mana lapisan lebih tinggi dapat memahami konsep-konsep yang lebih abstrak.

B. Kelemahan *Convolutional Neural Networks* (CNN):

1. Memerlukan Jumlah Data Pelatihan yang Besar:

CNN sering memerlukan jumlah data pelatihan yang besar untuk menghindari overfitting dan mencapai kinerja yang baik.

2. Komputasi yang Intensif:

Pelatihan dan penggunaan CNN memerlukan sumber daya komputasi yang signifikan, terutama pada model yang dalam (*deep*) atau pada data gambar beresolusi tinggi.

3. Keterbatasan dalam Pemahaman Konteks Global:

Meskipun baik dalam pemahaman konteks lokal, CNN mungkin memiliki keterbatasan dalam memahami konteks global atau hubungan antar objek yang lebih luas dalam suatu citra.

4. Kurang Interpretabilitas:

Model CNN, terutama yang dalam, dapat menjadi sulit untuk diinterpretasikan oleh manusia, yang dapat menjadi masalah dalam konteks di mana interpretabilitas diperlukan.

5. Rentan terhadap Perubahan Domain:

Jika data uji berbeda secara signifikan dari data pelatihan, performa CNN dapat menurun. Ini dikenal sebagai masalah transfer learning atau adaptasi domain.

C. Metode *Convolutional Neural Networks* (CNN):

1. *Convolutional Layer*:

Lapisan ini menggunakan operasi konvolusi untuk mengekstrak fitur dari data gambar.

2. *Pooling Layer*:

Lapisan ini mengurangi dimensi spasial citra dengan mereduksi ukurannya, membantu mengurangi jumlah parameter dan memori yang diperlukan.

3. *Fully Connected Layer*:

Lapisan ini berisi *neuron* yang terhubung sepenuhnya dan bertanggung jawab untuk pengambilan keputusan berdasarkan fitur-fitur yang telah diekstrak.

4. *Activation Function (ReLU)*:

Fungsi aktivasi ReLU (*Rectified Linear Unit*) sering digunakan untuk memperkenalkan non-linearitas ke dalam model, memungkinkan pembelajaran representasi yang lebih kompleks.

5. *Dropout*:

Metode ini secara acak menghilangkan sebagian unit (*neuron*) pada setiap iterasi pelatihan untuk mencegah *overfitting*.

6. *Batch Normalization*:

Normalisasi batch membantu mempercepat pelatihan dan meningkatkan stabilitas model dengan normalisasi input di setiap *batch*.

2.2.11 *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 [23].

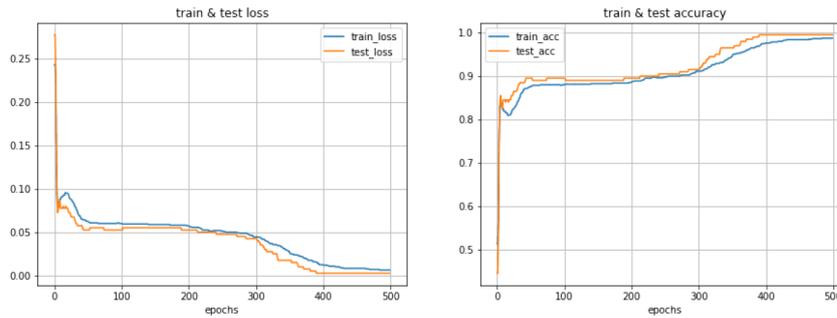
Metode *dropout* memiliki efek serupa dengan melakukan *ensemble learning*, di mana variasi dalam model diperoleh dengan menggabungkan beberapa model yang berbeda. Dengan menggunakan *dropout*, jaringan saraf tiruan secara efektif "melatih" beberapa model dalam satu model tunggal. Dengan mengurangi ketergantungan 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 [24].

2.2.12 Loss Dan Akurasi

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* [25].

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 [25], [26].

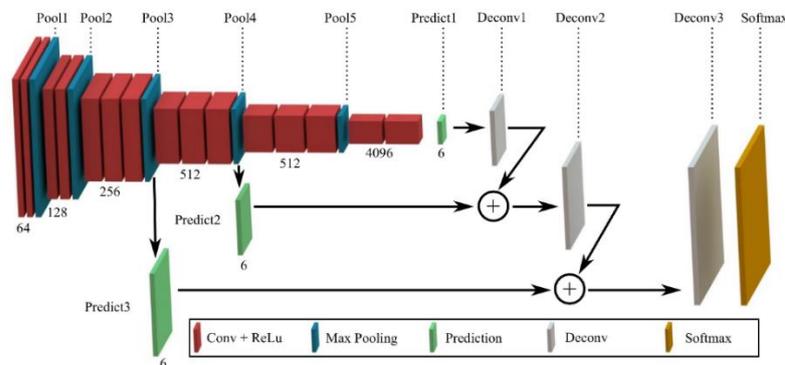


Gambar 2. 10 Tampilan *loss* dan *accuracy* [28]

Pada Gambar 2.10 menunjukkan grafik hubungan antara *loss*, *accuracy* dan *epoch*. Nilai akurasi dapat diperoleh setelah mempelajari parameter model dan pelatihan lebih lanjut (tidak ada pelatihan yang dilakukan). Sampel uji kemudian dimasukkan ke dalam model, jumlah kesalahan dalam model (kehilangan lingkaran nol) dicatat, dan kemudian dibandingkan dengan target yang sebenarnya. Kemudian tingkat kesalahan klasifikasi dihitung. Misalnya, jika jumlah sampel uji 1000 dan model yang dihasilkan memberikan nilai benar 952, maka nilai akurasi yang diperoleh adalah 95,2%.

2.2.13 Visual Geometry Group Network (Vgg-16)

Visual Geometry Group Network (VGG-16) adalah salah satu arsitektur *Convolutional Neural Network* (CNN). Arsitektur VGG-16 terdiri dari 16 lapisan, termasuk 13 lapisan konvolusi dan 3 lapisan terhubung penuh. Setiap lapisan konvolusi menggunakan filter konvolusi kecil dengan ukuran 3x3, yang dikombinasikan dengan fungsi aktivasi ReLU untuk mengekstraksi fitur dari gambar *input*. Lapisan-lapisan tersebut diikuti oleh lapisan penyatuan maksimum (*Max Pooling*) yang mengurangi dimensi spasial dari fitur.



Gambar 2. 11 Tampilan lapisan VGG-16 [21]

Pada Gambar 2.11 Setelah lapisan konvolusi, terdapat tiga lapisan terhubung penuh yang bertujuan untuk melakukan klasifikasi berdasarkan fitur-fitur yang telah diekstraksi. Lapisan terakhir menggunakan fungsi aktivasi softmax untuk menghasilkan distribusi probabilitas dari kelas-kelas yang mungkin. VGG-16 terkenal karena kemampuannya dalam mengatasi tugas-tugas klasifikasi gambar yang kompleks. Arsitektur ini telah digunakan dalam berbagai kompetisi pengenalan gambar, seperti kompetisi *ImageNet*, dan telah menghasilkan hasil yang sangat baik dalam mengklasifikasikan berbagai kategori gambar.

Kelebihan VGG-16, salah satu arsitektur *Convolutional Neural Network* (CNN), adalah sebagai berikut:

- 1) Kekompakan dan struktur yang jelas: VGG-16 memiliki arsitektur yang sederhana dan terstruktur dengan lapisan-lapisan konvolusi dan lapisan-lapisan terhubung penuh yang teratur. Hal ini memudahkan dalam implementasi dan pemahaman arsitektur secara keseluruhan.
- 2) Efektif dalam melakukan ekstraksi fitur: Dengan menggunakan filter konvolusi kecil (3x3) dalam setiap lapisan konvolusi, VGG-16 dapat melakukan ekstraksi fitur yang lebih detail dan kompleks dari gambar *input*. Ini membantu dalam memperoleh representasi yang lebih baik dari objek dalam gambar.
- 3) Kemampuan untuk mengatasi dataset yang besar: VGG-16 telah terbukti berhasil dalam berbagai kompetisi pengenalan gambar, termasuk kompetisi *ImageNet* yang memiliki dataset yang sangat besar. Arsitektur ini mampu menangani tugas klasifikasi gambar yang kompleks dengan akurasi yang tinggi.
- 4) *Transfer learning* yang efektif: VGG-16 telah dilatih pada dataset yang luas dan kompleks seperti *ImageNet*. Dengan melakukan *transfer learning*, yaitu menggunakan bobot yang telah dipelajari sebelumnya, VGG-16 dapat digunakan sebagai titik awal yang baik untuk mempelajari tugas-tugas pengenalan gambar yang lebih spesifik atau dataset yang lebih kecil. Hal ini membantu dalam mempercepat proses pelatihan dan meningkatkan performa model.

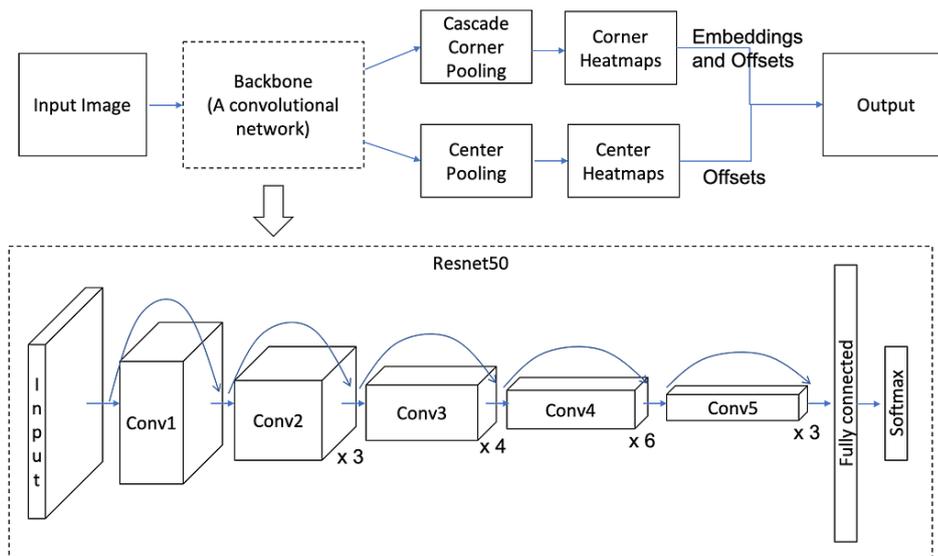
- 5) Interpretabilitas yang baik: Dikarenakan struktur yang jelas dan sederhana, VGG-16 memungkinkan interpretasi yang lebih baik terkait dengan bagaimana fitur-fitur diambil dan dikombinasikan dalam proses pengenalan gambar. Ini memberikan wawasan yang lebih dalam tentang bagaimana model membuat keputusan.

2.2.12 ResNet-50

ResNet-50 adalah salah satu arsitektur jaringan saraf tiruan yang populer dalam pengolahan gambar dan pengenalan pola. Ini adalah varian dari arsitektur ResNet (*Deep Residual Network*) yang dikembangkan oleh Kaiming He dan rekan-rekannya pada tahun 2015. ResNet-50 terdiri dari 50 lapisan yang dalam dan kompleks, dengan blok residu sebagai komponen utamanya.

Kelebihan utama dari ResNet-50 adalah kemampuannya untuk mengatasi masalah degradasi performa yang umumnya terjadi ketika jaringan menjadi lebih dalam. Dalam pelatihan jaringan yang lebih dalam, seringkali terjadi fenomena di mana performa model tidak meningkat atau bahkan menurun meskipun jumlah lapisan ditambah. ResNet-50 menggunakan blok residu, yaitu struktur yang mengizinkan lompatan (*skip connection*) dari satu lapisan ke lapisan lainnya. Hal ini memungkinkan aliran informasi yang lancar melalui jaringan dan membantu mengurangi efek negatif dari penambahan lapisan.

ResNet-50 telah terbukti sangat efektif dalam tugas-tugas pengenalan gambar dan klasifikasi. Dalam kompetisi *ImageNet*, arsitektur ini mencapai tingkat akurasi yang sangat tinggi dan mengalahkan arsitektur sebelumnya. Keunggulan ResNet-50 juga terlihat dalam *transfer learning*, di mana model yang telah dilatih sebelumnya pada dataset besar dapat digunakan sebagai dasar untuk tugas-tugas pengenalan pola yang spesifik.



Gambar 2. 12 Arsitektur ResNet-50

Pada tampilan gambar 2.12 Arsitektur ResNet-50 terdiri dari beberapa bagian utama yang membentuk struktur jaringan yang dalam. Berikut adalah bagian-bagian penting dari arsitektur ResNet-50:

1) *Convolutional Layers:*

ResNet-50 dimulai dengan beberapa lapisan konvolusi sebagai lapisan masukan. Lapisan-lapisan ini bertanggung jawab untuk mengekstraksi fitur dari gambar *input*.

2) Blok Residu (*Residual Blocks*):

Bagian paling khas dari arsitektur ResNet adalah blok residu. Blok residu memungkinkan adanya jalur lompatan (*skip connection*) yang melewati satu atau lebih lapisan. Jalur lompatan ini membantu menghindari masalah degradasi performa ketika jaringan menjadi lebih dalam. ResNet-50 memiliki beberapa blok residu yang terdiri dari lapisan-lapisan konvolusi dan lapisan-lapisan penyesuaian dimensi.

3) *Max Pooling Layers:*

Setelah beberapa blok residu, ResNet-50 menggunakan lapisan *max pooling* untuk mengurangi dimensi spasial dari fitur yang dihasilkan. *Max pooling* mengambil nilai maksimum dalam setiap jendela yang bergerak di seluruh fitur.

4) *Fully Connected Layers:*

Setelah melalui blok residu dan lapisan *max pooling*, fitur-fitur yang dihasilkan kemudian dihubungkan ke lapisan-lapisan *fully connected*. Lapisan-lapisan ini bertujuan untuk melakukan klasifikasi dan menghasilkan *output* yang sesuai dengan jumlah kelas yang ada dalam tugas yang diberikan.

5) *Softmax Layer*:

Pada akhir arsitektur ResNet-50, terdapat lapisan softmax yang digunakan untuk menghasilkan probabilitas dari setiap kelas. Lapisan softmax memetakan nilai numerik ke dalam distribusi probabilitas yang dapat digunakan untuk melakukan klasifikasi. Bagian-bagian tersebut bekerja bersama-sama untuk membentuk arsitektur ResNet-50 yang kuat dalam pengenalan gambar dan klasifikasi.