

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Kategori Throughput menurut TIPHON	17
Tabel 2. 2 Kategori Delay versi TIPHON	17
Tabel 2. 3 Kategori packet loss versi TIPHON	18
Tabel 2. 4 Kategori jitter versi TIPHON	18
Tabel 4. 1. Parameter awal pengujian sistem	27
Tabel 4. 2 Hasil pengujian skenario pertama	28
Tabel 4. 3 Hasil pengujian learning rate.....	29
Tabel 4. 4 Hasil Pengujian Epoch	29
Tabel 4. 5 Hasil Pengujian Dropout	30
Tabel 4. 6 Hasil pengujian batch size	30
Tabel 4. 7 Skenario Terbaik	31
Tabel 4. 8 Confusion matrix pengujian klasifikasi menggunakan ESP32 Cam...	33
Tabel 4. 9 Kategori kinerja.....	34
Tabel 4. 10 Hasil pengujian QoS.....	35
Tabel 4. 11 Fungsionalitas ESP32 Cam	38
Tabel 4. 12 Fungsionalitas klasifikasi citra	39
Tabel 4. 13 Fungsionalitas website	39

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Cabai merupakan salah satu tanaman sayuran yang paling banyak di butuhkan dan bernilai jual yang tinggi di seluruh dunia. Cabai digunakan sebagai penyedap masakan, penyedap rasa, dan penambah selera makan sehingga permintaan konsumsi cabai cukup banyak. Namun, produksi tanaman dibatasi oleh beberapa faktor yang dapat mempengaruhi produksi cabai seperti serangan abiotik dan biotik. Serangan biotik disebabkan oleh organisme hidup seperti virus, bakteri yang dapat mempengaruhi produksi cabai. Serangan virus dan hama penyakit merupakan salah satu faktor pembatas utama dalam produksi cabai. Serangan hama penyakit dan virus dapat mengakibatkan terjadinya gagal panen. Penyakit-penyakit ini tidak dapat diberantas tetapi dapat ditangani dan dipantau untuk mengurangi kerusakan [1].

Monitoring tanaman diperlukan untuk memantau pertumbuhan tanaman, supaya pemilik dapat mengantisipasi penyebaran penyakit jika tanamannya terserang penyakit. Proses *monitoring* tanaman secara langsung di perkebunan atau persawahan yang memiliki lahan luas akan membutuhkan waktu *monitoring* tanaman secara langsung merupakan cara yang kurang efisien dalam segi waktu [2]. Oleh karena itu, diperlukan teknologi untuk melakukan *monitoring* kesehatan tanaman.

Internet of Things (IoT) merupakan teknologi yang dapat membantu pekerjaan manusia. IoT dapat bekerja dan mengambil keputusan tanpa harus ada campur tangan manusia secara terus menerus. IoT akan berperan untuk mengotomatisasi peralatan dan mengambil keputusan sesuai dengan perintah. *Artificial Intelligence* (AI) membantu terciptanya pertanian cerdas. *Deep learning* merupakan subbidang dari AI. Dalam penelitian ini *deep learning* akan berfungsi untuk mengklasifikasikan citra yang dikirim dari IoT. *Deep learning* dapat menganalisa data dengan menggunakan algoritma tertentu. *Deep learning* akan belajar dengan data yang sudah disiapkan untuk dapat mengklasifikasikan citra baru. Algoritma untuk menganalisa data citra tanaman cabai pada penelitian ini menggunakan algoritma *convolutional neural network* (CNN). Pada penelitian ini

CNN bertugas agar model dapat melakukan ekstrak fitur sehingga objek dapat diklasifikasikan sesuai data latih. Dengan IoT dan *deep learning* akan dapat membantu petani dalam *monitoring* tanaman [3]. *Website* merupakan media untuk menampilkan informasi dari modul kamera ESP32 Cam dan menampilkan hasil prediksi. Dalam penerapan *website* dan teknologi *deep learning* membantu dalam *monitoring* tanaman dengan lebih mudah [4]. Sehingga *monitoring* secara langsung dapat digantikan dengan mengakses *website* dengan kelebihan dapat dilakukan kapan saja, asalkan terhubung dengan internet.

Dalam penelitian sebelumnya menggunakan algoritma CNN memperoleh akurasi diatas 90% [5]. Penelitian sebelumnya juga membahas mengenai sistem pakar berbasis web untuk mendeteksi penyakit cabai menggunakan pendekatan penalaran dasar aturan [6]. Kelebihan penelitian ini yaitu dengan menggunakan modul ESP32 Cam sebagai *input* data citra secara rutin setiap hari dan mengimplementasikan pada *website* sebagai media untuk menampilkan proses pendeteksian kesehatan tanaman.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dalam penelitian berfokus pada:

1. Parameter apa saja yang digunakan dalam pembuatan model dengan algoritma CNN yang dapat memberikan akurasi tertinggi?
2. Bagaimana kinerja dari sistem monitoring kesehatan tanaman cabai menggunakan algoritma CNN berbasis IoT dan *website*?

1.3 Tujuan dan Manfaat

Dalam tugas akhir ini memiliki tujuan, yaitu:

1. Membuat sistem *monitoring* kesehatan tanaman cabai yang dapat dilakukan kapan saja dan dimana saja.
2. Membuat sistem *monitoring* dan mengklasifikasi kesehatan tanaman cabai.

Tugas akhir ini diharap memiliki manfaat, seperti:

1. Diharap dapat mempersingkat waktu pengguna dalam proses *monitoring* kesehatan tanaman cabai.
2. Diharap dapat memberikan kemudahan untuk *monitoring* kesehatan tanaman cabai.

1.4 Batasan Masalah

Dalam tugas akhir ini terdapat batasan masalah, yaitu:

1. *Monitoring* ini berfokus pada klasifikasi kesehatan tanaman cabai berdasar daunnya.
2. Penelitian menggunakan koneksi internet dengan kecepatan pada rentang 2 Mbps sampai 40 Mbps.
3. Pengambilan data citra pada tanaman dilakukan pada jam 10.00 WIB – jam 12.00 WIB pada konsisi cerah.
4. *Monitoring* dilakukan di kotak dengan panjang 70 cm, lebar 47 cm.
5. Tidak membahas keaman pada jaringan IoT dan *website*.

1.5 Metode Penelitian

Dalam penelitian ini menggunakan beberapa metode yang di lakukan, yaitu:

1. Studi literatur

Metode studi literatur dalam penelitian ini dilakukan dengan mencari referensi mengenai *monitoring* tanaman cabai. Mencari referensi tentang alat pendukung dan mencari informasi mengenai kesehatan pada tanaman cabai. Untuk mencari referensi dengan mencari beberapa situs jurnal, *website*, dan dari buku atau *e-book*.

2. Perancangan dan Implementasi Pada Sistem

Pada penelitian ini untuk penambilan citra tanaman cabai menggunakan modul esp32 cam. Dalam pengambilan data citra memerlukan perancangan instalasi di *Smart Greenbox* dan untuk dapat mengambil data dan di kirimkan ke *database*. Perancangan istalasi model dan *website* di cloud.

3. Pengumpulan Dataset

Pengumpulan data set dilakukan dengan mencari lewat internet dan dari dokumen pribadi. Data set nantinya akan digunakan untuk melatih model.

4. Analisis dan Kesimpulan

Pada tahap ini akan melakukan analisis dari pengujian sistem *monitoring* ini. Untuk selanjutnya akan disimpulkan dari hasil penelitian ini.

1.6 Sistematika Penulisan

Penulisan Tugas Akhir ini dibagi dalam beberapa topik bahasan yang disusun secara sistematis sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Bab I menjelaskan latar belakang, tujuan, rumusan masalah, batasan masalah, metode penelitian, dan sistematika penulisan.

BAB II DASAR TEORI

Bab II menjelaskan teori dasar mengenai tanaman cabai dan jenis-jenis penyakit daun pada tanaman cabai, pengambilan citra tanaman dengan ESP32 Cam. Menjelaskan dasar teori mengenai pengolahan citra digital, dan algoritma CNN. Menjelaskan dasar teori mengenai *website*.

BAB III PERANCANGAN DAN SIMULASI SISTEM

Bab III menjelaskan mengenai perancangan sistem yang selanjutnya akan diimplementasikan dalam sistem *monitoring* kesehatan tanaman cabai menggunakan menggunakan data citra dari ESP32 Cam selanjutnya di klasifikasikan menggunakan algoritma CNN, dan di tampilkan pada *website*.

BAB IV PENGUJIAN DAN ANALISIS SISTEM

Bab IV menjelaskan analisa sistem pada hasil yang diperoleh dari tahap perancangan, pengujian, dan simulasi alat.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Bab V menarik kesimpulan dan memberikan saran dari kegiatan penelitian Tugas Akhir yang dapat digunakan sebagai masukan untuk pengembangan pada penelitian selanjutnya.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tanaman Cabai

Cabai merupakan komoditas sayuran yang memiliki nilai ekonomi tinggi. Tanaman cabai dapat hidup di dataran rendah dan dataran tinggi. Produktivitas cabai di Indonesia masih tergolong rendah dikarenakan serangan hama dan penyakit yang menyerang. Serangan hama dan penyakit menjadi salah satu penyebab rendahnya produktivitas tanaman cabai di Indonesia [7]. Kendala yang dialami dalam pembudidayaan tanaman cabai adalah adanya gangguan hama dan penyakit. Gangguan tersebut akan sangat merugikan petani karena dapat berdampak pada hasil panen yang akan menurun sampai terjadinya gagal panen. Permasalahan terjadi ketika hama dan penyakit menyerang tanaman tidak disadari oleh petani. Ketika tanaman sudah terserang dan terlambat penanganannya akan meluas atau menular ke tanaman lainnya.

Cabai memerlukan waktu kurang lebih 60 sampai 90 hari setelah tanam untuk bisa dipanen. Untuk memaksimalkan hasil panen, tanaman cabai harus tumbuh dengan optimal [7]. Penyakit kuning pada daun cabai yang disebabkan oleh virus dan penyakit merupakan salah satu kendala produksi cabai di Indonesia. Selama pasca tanam sampai panen diperlukan pemantauan dengan rutin untuk memastikan tanaman cabai tumbuh dengan optimal tanpa ada gangguan hama dan virus.

Tanaman cabai merupakan tanaman yang riskan, karena terdapat faktor yang dapat mempengaruhi pertumbuhan tanaman cabai seperti intensitas air, kelembaban, intensitas cahaya matahari, PH tanah, dan suhu. Faktor tersebut akan berdampak pada proses pertumbuhan dan produksi cabai. Tanaman cabai yang faktor pertumbuhannya tidak terpenuhi warna daunnya tidak berwarna hijau. Faktor tersebut harus terus diperhatikan dalam penanaman cabai agar dapat tumbuh dengan optimal. Untuk mengetahui pertumbuhan cabai diperlukan *monitoring* secara rutin.

Penyakit yang menyerang pada daun cabai akan dapat mempengaruhi hasil produksi cabai. Penyakit pada daun cabai dapat mengakibatkan hasil produksi cabai tidak optimal dan juga dapat mengakibatkan gagal panen. Untuk mendapatkan hasil

panen harus dapat ditangani sebelum meluas [7][1]. Penyakit tersebut antara lain seperti:

1. Penyakit virus kuning (virus Gemini)

Penyakit Virus kuning yang diakibatkan oleh virus gemini yang mengakibatkan daun menjadi kuning. Virus kuning dapat menyerang semua umur pada tanaman cabai. Awal mulanya daun muda mengalami mengkerut dan berwarna kuning cerah. Virus ini dapat mengakibatkan menjadi kerdil dan mengganggu produksi sehingga tanaman tidak dapat berbuah. Gambar 2.1 merupakan contoh dari penyakit virus kuning. dengan gejala pada daun berwarna kuning berbentuk sirkuler. Bercak yang ditimbulkan dapat membesar sehingga dapat merusak daun [1].



Gambar 2.1 Penyakit virus kuning (virus Gemini)

2. Penyakit bercak daun (*Cercospora sp*)

Tanaman cabai yang terserang penyakit *Cercospora sp* dapat menimbulkan kerusakan pada daun, batang dan akar. Penyakit ini akan menyerang pada daun terlebih dahulu. Tanaman yang terserang penyakit ini daunnya akan mengalami

daun terdapat bercak bulat dan kering. Daun yang mengalami bercak bisa berakibat menjadi berlubang. Pada daun yang telah diserang penyakit ini akan layu dan rontok. Hal ini dapat merugikan ekonomi yang besar pada petani cabai. Penyakit ini menyerang pada tanaman yang masih muda saat di persemaian dan banyak terjadi pada tanaman tua. Tanaman yang terserang penyakit ini dapat mengakibatkan kehilangan semua daunnya. Penyakit ini akan mempengaruhi kemampuan cabai dalam memproduksi buahnya. Gambar 2.2 merupakan contoh cabai yang terserang penyakit bercak daun yang diakibatkan virus *Cercospora sp* [1].



Gambar 2. 2 daun cabai terserang virus *Cercospora sp*

Dari penyakit tersebut perlu dilakukan penanganan dan untuk mengantisipasinya perlu dilakukan *monitoring* [8].

2.3 Monitoring Tanaman

Monitoring tanaman adalah salah satu cara untuk dapat meningkatkan hasil panen yang maksimal. *Monitoring* tanaman juga dapat membantu pengoptimalan pertumbuhan tanaman [9]. Dengan melakukan *monitoring* tanaman cabai secara rutin dapat mengantisipasi penyebaran penyakit yang menyerang tanaman, sehingga penyakit yang menyerang tidak menyebabkan gagal panen. *Monitoring* tanaman cabai jika luas lahan yang ditanam seluas 500 m² tanaman yang harus diamati sekitar 10 sampai 20 tanaman [10]. Dengan *monitoring* tanaman secara rutin petani dapat memenuhi kebutuhan pertumbuhan tanaman sehingga

pertumbuhan tanaman bisa optimal. *Monitoring* secara rutin dapat mengantisipasi penyebaran penyakit yang menyerang tanaman.

2.4 *Internet of Things (IoT)*

Internet of Things merupakan suatu teknologi komputasi yang dapat mengirimkan data melalui jaringan tanpa harus ada bantuan dari manusia. IoT dapat membantu menggantikan pekerjaan yang dilakukan manusia [8]. IoT dapat diimplementasikan dalam otomatisasi bidang pertanian, pengawasan, dan lain-lain. Contoh implementasinya IoT yaitu pada sistem irigrasi, *monitoring* PH tanah, pemberian pupuk dan lain sebagainya. Penelitian ini berfokus pada sistem *monitoring* kesehatan tanaman cabai menggunakan modul ESP32 Cam untuk melakukan pengambilan citra.

Penerapan IoT untuk *monitoring* tanaman cabai menggunakan modul ESP32 CAM. ESP32 Cam memiliki *dataset* seperti yang ditunjukkan pada tabel 2.1. Modul ESP32 CAM berfungsi sebagai pengambilan citra pada tanaman cabai. Untuk dapat tersambung dengan internet modul ini dilengkapi WIFI. Modul ESP32 CAM dapat melakukan pengambilan gambar secara mandiri tanpa campur tangan oleh manusia. Modul ESP32 CAM dapat menyimpan citra atau video di micro-SD. Pada Citra 2.1 ESP32 CAM menggunakan kamera 2 MP dan dilengkapi lampu LED [11]. Modul ESP32 CAM dapat mengirimkan hasil penangkapan citra ke Gmail, Telegram, Line, Google Drive, *database* SQL dan *database* Firebase. Penelitian ini ESP32 Cam akan mengirim hasil tangkapan citra ke *website*. Gambar 2.1 ESP32 CAM MB berfungsi untuk mengunggah program ke ESP32 CAM.

Tabel 2. 1 *Dataset ESP32 Cam*

<i>SPI Flash</i>	<i>Default 32 Mbit</i>
<i>RAM</i>	<i>520 KB SRAM + 4M PSRAM</i>
<i>WIFI</i>	<i>802,11 b/g/n</i>
<i>IO Port</i>	<i>10</i>
<i>UART Baud Rate</i>	<i>Default 115200 bps</i>
<i>Image Output Format</i>	<i>JPEG (OV2640 support only), BMP, Grayscale</i>
<i>Spectrum Range</i>	<i>2412-2484 MHz</i>
<i>Antena</i>	<i>Onboard PCB, and IPEX Connector</i>
<i>Transmit Power</i>	802.11b: 17+/- dBm (@11Mbps) 802.11g: 14+/- dBm(@54Mvps) 802.11n:3+/-2 dBM (@MCS7)
<i>Security</i>	<i>WPA/WPA2/WPA2-Enterprise/WPS</i>
<i>Power</i>	<i>5V</i>

**Gambar 2. 3** ESP32 CAM dan ESP32 CAM UART

2.5 Alibaba Cloud

Alibaba cloud merupakan perusahaan yang memberi layanan penyediaan komputasi *cloud*. *Alibaba cloud* melakukan transformasi digital dari berbagai sektor, seperti sektor pertanian, sektor perikanan dan kehutanan. *Alibaba cloud* memiliki teknologi terbaru dalam analitik, kecerdasan buatan dan pembelajaran mesin [12]. *Alibaba cloud* juga menawarkan lebag pertanian untuk memanfaatkan *e-agriculture* yang dimiliki *Alibaba cloud*. *Alibaba cloud* menyediakan *platform* IoT yang dapat dipergunakan dalam berbagai perangkat. Untuk dapat tersambung ke *platform* tersebut perlu tersambung dengan internet agar dapat berkomunikasi

dengan *platform* IoT. Alibaba *cloud* menyediakan penyimpanan *hybrid cloud*, *Data Transport*, dan *Storage Data Service*.

2.5 SQLite

SQLite adalah sebuah *database* yang open source, dan merupakan database SQL yang langsung tertanam atau pada aplikasi. SQLite dirilis pada tahun 2000, dirancang untuk menyediakan cara yang nyaman bagi aplikasi untuk mengelola data. SQLite dibuat dengan sistem manajemen basis data relasional khusus. SQLite layak untuk menjadi sangat portabel, mudah digunakan, efisien, dan dapat diandalkan dalam pembuatan aplikasi [13]. SQLite juga didukung oleh banyak bahasa pemrograman seperti C, C ++, BASIC, C #, Python, Java dan Delph.

2.6 Python

Python satu diantara bahasa pemrograman yang memiliki sifat *open source* dan *multiplatform* [11]. Python dapat digunakan oleh siapa saja dan tanpa harus menggunakan lisensi. Versi python terbaru yaitu 3.10.1, rilis pada tanggal 04 Oktober 2021. Python memiliki algoritma yang kompleks dan mempunyai *code* yang simple saat digunakan. Python banyak digunakan dalam bidang AI dan IoT. Penelitian ini menggunakan python dalam pembuatan model.

2.6 Framework Flask Python

Flask adalah *framework* aplikasi Web Server Gateway Interface (WSGI) yang ringan. Flask termasuk pada jenis *microframework* karena tidak memerlukan suatu alat atau pustaka tertentu dalam penggunaannya sehingga membuat Flask menjadi ringan untuk digunakan. Ini dirancang untuk memulai dengan cepat dan mudah, dengan kemampuan untuk meningkatkan aplikasi yang kompleks. Ini dimulai sebagai pembungkus sederhana di sekitar Werkzeug dan Jinja dan telah menjadi salah satu kerangka kerja aplikasi web Python paling populer [14]. Sebagian besar fungsi dan komponen umum tidak terpasang secara *default* di Flask. Fungsi dan komponen-komponen tersebut sudah disediakan oleh pihak ketiga yang bersifat ekstensi yang membuat fitur dan komponen-komponen.

2.7 Klasifikasi

Klasifikasi merupakan proses untuk mengelompokan data sesuai dengan kelas yang sudah ditentukan. Sehingga data dapat di kelompokkan berdasarkan

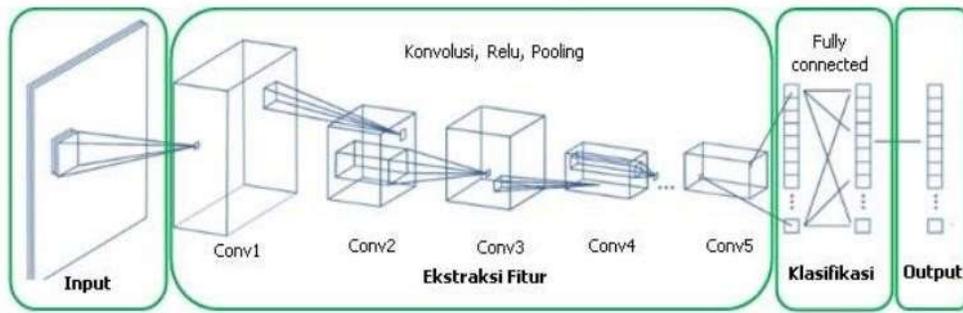
kelasnya. Klasifikasi dalam CNN berfungsi untuk *supervised learning* atau pembelajaran yang diawasi. Dari data yang sudah dikelompokkan kelasnya dapat berperan sebagai *supervisor*, *supervisor* yang bertugas untuk mengawasi jalanya proses pembuatan model sampai mendapatkan akurasi tertentu.

2.8 *Deep Learning*

Deep learning merupakan subbidang penelitian pada kecerdasan buatan dan merupakan subbidang terkecil pada kecerdasan buatan. *Deep learning* menggunakan konsep seperti jaringan saraf pada otak manusia. Jaringan saraf yang diterapkan pada *deep learning* dari beberapa lapisan [15]. Jaringan saraf bertujuan untuk mensimulasikan cara kerja otak manusia untuk belajar dari data yang disediakan dan merepresentasikan dengan konsep yang sederhana. *Deep learning* mendorong berbagai aplikasi dalam meningkatkan otomatisasi, melakukan tugas klasifikasi dan tanpa ada ikut campur tangan manusia. *Deep learning* hadir dalam membantu memudahkan aktifitas manusia.

2.8.1 *Convolutional Neural Network*

Algoritma yang digunakan pada penelitian ini menggunakan CNN. CNN merupakan algoritma yang dimiliki *deep learning*, dalam hasil pengolahan citra dapat menghasilkan hasil yang signifikan. CNN bekerja dengan menggunakan operasi konvolusi, dalam penerapannya konvolusi yang akan digunakan dapat disesuaikan akan menggunakan lapis konvolusi. Pada konvolusi menggunakan beberapa elemen yang beroperasi secara paralel. Operasi elemen yang paralel menyerupai sistem saraf biologis. Sehingga CNN mempunyai kedalaman jaringan dalam mengolah data 2 dimensi, sehingga cocok untuk pengelolaan citra. CNN memiliki konsep arsitektur terdiri dari beberapa bagian.



Gambar 2. 4 Arsitektur CNN

Arsitektur CNN di tunjukan seperti pada Gambar 2.4 Terdapat 4 stuktur pada arsitektur CNN yaitu, *input*, ekstraksi fitur, klasifikasi, dan *output*. Ekstraksi fitur terdapat lapisan tersembunyi. Lapisan tersembunyi yaitu, lapisan konvolusi, fungsi aktifasi atau disebut juga *Rectified Linear Unit*, dan *pooling*. Dalam arsitektur CNN terdapat 2-layer besar dan terdapat lapisan tersembunyi yaitu, layer ekstraksi fitur dan layer klasifikasi.

1. Layer Ekstraksi Fitur

Layer ini mengekstrasi citra menjadi fitur dalam angka angka. Pada bagian ekstraksi fitur terdapat lapisan tersembunyi, yaitu:

- Lapisan konvolusi berfungsi untuk melakukan mengekstraksi citra masukan dengan menggunakan filter. Filter dengan bobot untuk mendeteksi karakter yang dimiliki pada objek. Objek yang dideteksi seperti warna, dan tepi. Hasil dari konvolusi tidak merusak struktur dari citra awal. Dalam melatih model dengan mengambil dari fitur pada citra. Gambar 2.5 merupakan contoh proses dari konvolusi.

3	0	1	2	7	4
1	5	8	9	3	1
2	7	2	5	1	3
0	1	3	1	7	8
4	2	1	6	2	8
2	4	5	2	3	9

6 x 6

*

1	0	-1
1	0	-1
1	0	-1

3 x 3

=

-5	-4	0	8
-10	-2	-2	3
0	-2	-4	-7
-3	-2	-3	-16

4 x 4

Gambar 2. 5 Proses Konvolusi