

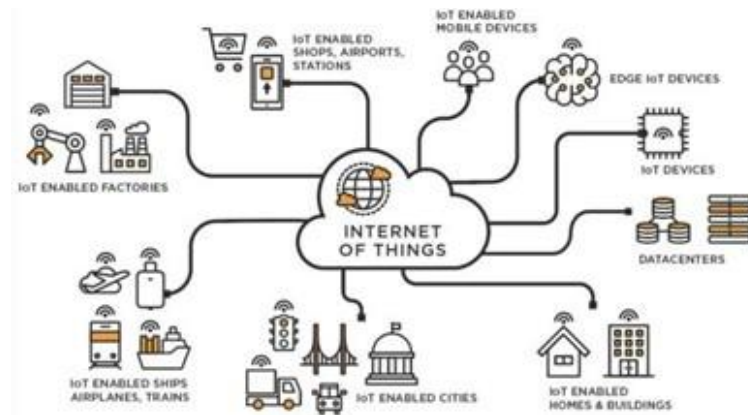
BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Landasan Teori

2.1.1 *Internet Of Things (IoT)*

Istilah “*Internet Of Things*” terdiri dari dua komponen utama, yaitu *Internet*, yang berfungsi sebagai penghubung dan pengatur konektivitas, serta *Things*, yang merujuk pada objek atau perangkat. Dengan kata lain “*Things*” adalah entitas yang memiliki kemampuan untuk mengumpulkan data dan mengirimkan data melalui jaringan *internet* (Selay dkk., 2022).



Gambar 2. 1 Konsep IoT

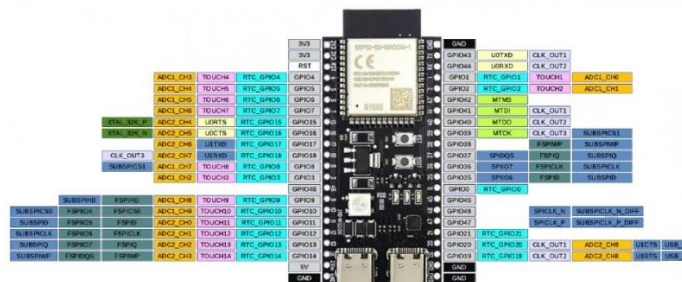
Sumber : <https://smkglobin.sch.id/mengenal-apa-itu-internet-of-things-iot/>

Gambar 2.1 dari *Internet Of Things* (IoT) adalah suatu sistem dimana objek dan individu diberikan identitas unik serta kemampuan untuk mengirim data melalui jaringan tanpa memerlukan interaksi langsung antara manusia, baik itu dari satu orang ke orang lain maupun dari manusia ke komputer.

2.1.2 *ESP32-S3*

ESP32-S3 merupakan mikrokontroler berbasis *arSite* ktur Xtensa LX7 berkinerja tinggi yang mampu beroperasi hingga kecepatan 240 MHz, sehingga mendukung proses komputasi yang cepat dan efisien serta mengurangi waktu kompilasi dan pemuatan program. Perangkat ini dilengkapi dengan memori internal SRAM sebesar 512 KB yang memadai untuk menjalankan program kompleks dan mengelola data sementara tanpa risiko kelebihan kapasitas. Dari sisi konektivitas,

ESP32-S3 mendukung Wi-Fi dan *Bluetooth 5 (Low Energy)* pada frekuensi 2,4 GHz serta kompatibel dengan standar IEEE 802.11 b/g/n, sehingga memungkinkan koneksi yang stabil dan efisien dengan berbagai perangkat. Teknologi *Bluetooth 5.0* juga meningkatkan jangkauan transmisi hingga sekitar 240 meter (dalam kondisi ideal) dan kecepatan transfer data hingga 2 Mbps. Selain itu, dukungan terhadap standar Wi-Fi HT20/40 memungkinkan peningkatan laju transfer data hingga 150 Mbps. Untuk kebutuhan penyimpanan, *ESP32-S3* mendukung hingga delapan jalur SPI Flash berkecepatan tinggi serta PSRAM yang memungkinkan pemrosesan data dengan throughput tinggi. Perangkat ini juga menyediakan hingga 45 pin GPIO yang dapat diprogram untuk menghubungkan berbagai sensor dan periferal, serta dilengkapi prosesor dual-core 32-bit Xtensa LX7 yang mampu menangani pemrosesan data secara simultan dan respons cepat, sehingga cocok digunakan pada aplikasi seperti pengolahan audio dan video *real-time*, sistem interaktif, pemrosesan citra, dan analisis data kompleks.



Gambar 2. 2 *ESP32-S3*

Sumber : <https://jogjarobotika.com/wireless-gps-xbee-module/6151-ESP32-S3-n16r8-devkitc-1-type-c-ESP32-S3-wroom-16mb-flash-8mb-psram-esp32s3-dev-board-module.html>

Gambar 2.2 merupakan mikrokontroler yang digunakan sebagai inti dari rangkaian sensor dan bagian utama dalam melakukan proses mengirim dan menerima data ke *Web Server*.

2.1.3 *Raspberry Pi 4*

Raspberry Pi 4 merupakan komputer mini buatan *Raspberry Pi Foundation* yang ukurannya ringkas namun tetap mampu menjalankan sistem operasi dan beragam aplikasi layaknya komputer biasa. Perangkat ini dibekali prosesor,

memori RAM, beberapa *Port* USB, serta konektivitas *Wi-Fi*, *Bluetooth* , dan *Ethernet*. Selain itu, *Raspberry Pi 4* juga menyediakan pin GPIO yang memungkinkan pengguna menghubungkan berbagai sensor dan modul elektronik untuk proyek otomasi atau IoT.

Tabel 2. 1 Spesifikasi *Raspberry Pi 4*

No	Spesifikasi	Keterangan
1.	<i>Prosesor</i> (SoC)	Broadcom BCM2711, Quad Core Cortex-A72 (ARM v8) 64-bit
2.	Kecepatan Prosesor	1,8 GHz
3.	RAM	1 GB, 2 GB, 3 GB, 4 GB, atau 8 GB LPDDR4-3200 SDRAM
4.	Konektivitas Nirkabel	Wi-Fi 2,4 GHz dan 5,0 GHz IEEE 802.11ac
5.	<i>Bluetooth</i>	<i>Bluetooth</i> 5.0 dan BLE
6.	<i>Ethernet</i>	Gigabit <i>Ethernet</i>
7.	<i>Port</i> USB	2 × USB 3.0 dan 2 × USB 2.0
8.	GPIO	40-pin GPIO header
9.	<i>Port</i> HDMI	2 × Micro-HDMI, mendukung hingga 4Kp60
10.	<i>Port</i> Display	2-lane MIPI DSI
11.	<i>Port</i> Kamera	2-lane MIPI CSI
12.	Audio dan Video	4-pole stereo audio dan <i>compoSite</i> video
13.	Dukungan Video	H.265 4Kp60 decode, H.264 1080p60 decode dan 1080p30 encode
14.	Grafis	OpenGL ES 3.1 dan Vulkan 1.0
15.	Penyimpanan	Slot Micro-SD untuk sistem operasi dan penyimpanan data
16.	Sumber Daya	5V DC melalui USB-C (minimum 3A)
17.		

	Catu Daya GPIO	5V DC melalui GPIO header (minimum 3A)
18.	PoE	Mendukung Power over Ethernet (memerlukan PoE HAT terpisah)
19.	Suhu Operasional	0–50°C (suhu lingkungan)

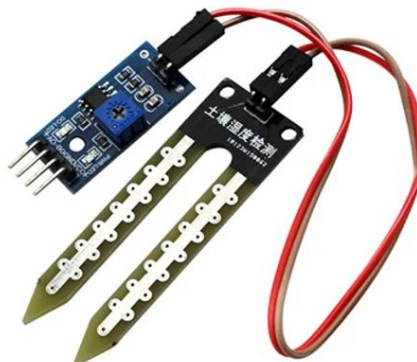


Gambar 2. 3 *Raspberry Pi 4*
 Sumber : <https://hybrid.co.id/post/raspberry-pi-4/>

Gambar 2.3 merupakan *Raspberry Pi 4* digunakan sebagai otak dalam menjalankan pengindentifikasian buah mentah dan matang pada tanaman sayuran.

2.1.4 Sensor *Capstive Soil Moisture*

Capacitive Soil Moisture adalah sensor yang digunakan untuk mengukur tingkat kelembapan tanah dengan teknologi kapasitif. Sensor ini terbuat dari material yang tahan terhadap korosi, sehingga memiliki daya tahan yang lebih lama. Selain itu, sensor ini dilengkapi dengan regulator tegangan *on-board* yang memungkinkan pengoperasian dalam rentang tegangan antara 3,3V hingga 5,5V.



Gambar 2. 4 Sensor Kelembapan Tanah
 Sumber : <https://www.kmtech.id/post/mengenal-soil-moisture-sensor-kebermanfaatannya-dalam-bidang-pertanian-dan-perkebunan>

Dari gambar 2.4 pembacaan dari hasil pengukuran sensor *Capacitive Soil Moisture* atau sensor kelembapan tanah berupa sinyal analog yang kemudian dikonversi menjadi data digital melalui ADC yang akan diterima oleh *ESP32-S3*. Nilai digital tersebut yang selanjutnya diubah menjadi persentase pada kelembapan tanah.

2.1.5 Sensor Ultrasonik HC-SR04

Sensor Ultrasonik HC-SR04 adalah modul sensor siap pakai yang berperan sebagai pemancar, penerima, sekaligus pengendali gelombang Ultrasonik . Sensor ini mampu mengukur jarak objek dalam rentang 2 cm hingga 4 meter dengan tingkat ketelitian sekitar 3 mm. Modul HC-SR04 memiliki empat kaki koneksi, yaitu Vcc, Gnd, Trigger, dan Echo. Kaki VCC digunakan untuk menghubungkan sumber tegangan positif, sementara Gnd berfungsi sebagai ground. Pin Trigger bertugas memicu sensor untuk mengirimkan sinyal Ultrasonik , sedangkan pin Echo digunakan untuk menangkap sinyal pantulan dari objek. Cara kerjanya dimulai dengan memberikan pulsa tegangan positif berdurasi 10 mikrodetik pada pin Trigger. Setelah itu, sensor akan memancarkan sebanyak 8 gelombang Ultrasonik berfrekuensi 40 kHz. Gelombang tersebut akan memantul saat mengenai benda, lalu pantulannya diterima kembali melalui pin Echo. Dengan menghitung selisih waktu antara pengiriman dan penerimaan sinyal, jarak objek dapat ditentukan.



Gambar 2. 5 Sensor Ultrasonik HC-SR04

Sumber : <https://www.elangsakti.com/2015/05/sensor-Ultrasonik .html>

Gambar 2.5 ialah sensor Ultrasonik HC-SR04 yang dimana pada penelitian kali ini mengambil peran yang penting sebagai pengukur parameter ketinggian dari tanaman yang di teliti.

2.1.6 Web Cam

Web Cam adalah perangkat kamera digital yang digunakan untuk menangkap gambar dan video secara langsung melalui komputer atau perangkat lain yang mendukung koneksi USB.

Tabel 2. 2 Spesifikasi *Web Cam*

No	Spesifikasi	Keterangan
1.	Merek	Logitech
2.	Tipe	<i>Web cam C170</i>
3.	Resolusi Video	Hingga 720p/30fps*
4.	Resolusi Optic	640 x 480 piksel
5.	Jenis Fokus	Fixed Focus (fokus tetap)
6.	Jenis Lensa	Plastik/standar
7.	Field of View (FoV)	58°
8.	Koneksi	USB
9.	Tipe USB	USB 2.0
10.	Panjang Kabel	± 0.95m
11.	Frame Rate Maksimal	30 fps pada 640x480
12.	Indikator	LED
13.	Berat	± 75 gram



Gambar 2. 6 *Web Cam*

Sumber : [https://www.shi.com/product/26303926/Logitech-Web cam-C170](https://www.shi.com/product/26303926/Logitech-Web%20cam-C170)

Gambar 2.6 *Web Cam* yang digunakan untuk menangkap visual gambar buah pada penelitian kali yang ditampilkan pada *Web* .

2.1.7 Adaptor 5V

Menurut (Karisma, 2017) adaptor merupakan perangkat elektronik dalam bentuk rangkaian yang secara khusus dirancang untuk mengubah tegangan listrik dengan nilai tinggi menjadi tegangan yang lebih rendah dan stabil, atau untuk mengonversi arus bolak-balik (AC) menjadi arus searah (DC) yang sesuai dengan kebutuhan perangkat sesuai pada Gambar 2.7. Prinsip kerjanya biasanya melibatkan transformator untuk penurunan tegangan, diikuti oleh *rectifier*, *filter*, dan regulator untuk menghasilkan *output* yang bersih.



Gambar 2. 7 Adaptor 5V

Sumber : <https://makassarstore.co.id/apa-fungsi-adaptor-dan-jelaskan-apa-yang-dimaksud-voltase-dan-ampere-pada-adaptor/>

Gambar 2.7 diatas ialah adaptor 5V, dimana pada penelitian digunakan sebagai arus tegangan yang dibutuhkan oleh alat. Fungsinya sebagai berikut :

1. Sebagian besar adaptor yang dikenal secara luas berfungsi untuk mengubah tegangan listrik dari jaringan PLN sebesar 220 Volt AC menjadi tegangan DC yang lebih rendah, seperti 5 V DC untuk pengisian daya smartphone, 12 V DC untuk perangkat CCTV, 19 V DC untuk laptop, atau 24 V DC untuk sistem otomasi industri, disesuaikan dengan spesifikasi perangkat yang bersangkutan.
2. Terdapat pula jenis adaptor yang hanya menurunkan tegangan dari 220 Volt AC menjadi level lebih rendah tetapi mempertahankan bentuk arus AC, misalnya 9 V AC untuk peralatan audio lama atau 24 V AC untuk aktuator tertentu dalam aplikasi kontrol.

3. Dalam konteks penggunaan sehari-hari, adaptor sering disebut sebagai charger, terutama ketika digunakan untuk mengisi ulang baterai perangkat *Port*abel seperti ponsel atau power bank.

2.1.8 Modul *LM2596*

Menurut (Ya'aro Jose Sebastian Zega dkk., 2020) modul *LM2596* adalah penurun tegangan DC (step-down) yang mampu menyediakan arus hingga 3 A dengan rentang tegangan *input* 3,2–46 V DC, dengan syarat selisih minimum antara tegangan *input* dan *output* adalah 1,5 V DC. Keunggulan utamanya adalah tegangan keluaran tetap stabil meskipun tegangan masuk berfluktuasi, dan nilai tegangan *output* dapat diatur secara manual menggunakan potensiometer yang tersedia pada modul.



Gambar 2. 8 Modul *LM2596*

Sumber : <https://shopee.co.id/LM2596-DC-DC-Adjustable-StepDown-Power-Supply-Module-with-Display-Modul-Step-Down-Penurun-Tegangan-i.270236093.5176268796>

Gambar 2.8 diatas, dimana modul *LM2596* digunakan pada penelitian kali ini, untuk memastikan hasil tegangan yang ubah dan diteruskan oleh adaptor sebelum masuk ke dalam rangkaian mikrokontroller dan sensor.

2.1.9 Adaptor DC *Jack Female*

Jack DC Power Female adalah konektor yang berfungsi sebagai terminal masukan untuk mengalirkan tegangan DC dari sumber eksternal, seperti adaptor atau catu daya, ke dalam suatu perangkat atau rangkaian elektronik. Konektor ini berbentuk soket atau lubang yang dirancang khusus agar dapat menerima Jack DC Power Male yang terpasang pada ujung kabel adaptor atau sumber daya lainnya,

sehingga memungkinkan koneksi yang aman, praktis, dan reversibel antara perangkat dengan suplai tegangan DC.



Gambar 2. 9 Adaptor DC Jack Female

Sumber : <https://www.sinarlistrik.com/blog/jack-dc-power-female-perempuan-untuk-koneksikan-adaptor/>

Gambar 2.9 Adaptor DC *Jack Female* digunakan sebagai penghubung antara adaptor 5V dengan rangkaian mikrokontroller dan sensor.

2.1.10 LCD 16X2 I2C

LCD (*Liquid Crystal Display*) 16X2 adalah salah satu media penampil yang sangat populer yang digunakan sebagai *interface* antara mikrokontroller dengan user-nya. Dengan tampilan LCD 16X2, user dapat melihat atau memantau keadaan jalannya program. *Inter Integrated Circuit* atau sering disebut I2C ialah standar komunikasi serial dua arah yang menggunakan dua saluran yang didesain khusus untuk mengirim dan menerima data. Sistem I2C terdiri dari saluran SCL (*Serial Clock*) dan CDA (*Serial Data*) yang membawa informasi data antara I2C dengan pengontrolnya.



Gambar 2. 10 LCD 16X2 I2C

Sumber : <https://www.sinauprogramming.com/2020/10/menampilkan-text-pada-lcd-16x2-arduino.html>

Gambar 2.10 LCD 16X2 I2C digunakan untuk melihat pembacaan dari sensor yang digunakan pada penelitian kali ini.

2.1.11 Tanaman Sayuran

Tanaman sayuran adalah jenis tanaman hortikultura yang ditanam secara intensif untuk memproduksi bagian tanaman yang dapat dimakan, seperti daun, batang, buah, atau akarnya. Sayuran umumnya memiliki kandungan nutrisi yang penting bagi kesehatan manusia, termasuk vitamin, mineral, serat, dan air. Tanaman sayuran memiliki karakteristik khusus yang memerlukan perawatan yang tepat, seperti pengelolaan nutrisi tanah, kelembaban, cahaya, dan suhu lingkungan agar dapat tumbuh optimal. Tanaman sayuran juga memiliki siklus pertumbuhan yang relatif singkat dibandingkan dengan tanaman lainnya, sehingga sering digunakan dalam sistem pertanian intensif maupun metode modern seperti hidroponik dan aeroponik.



Gambar 2. 11 Tanaman Sayuran

Sumber : <https://www.medcom.id/gaya/exterior/PNgWGJPN-7-sayuran-yang-mudah-ditanam-dan-panen-dalam-beberapa-minggu>

Gambar 2.11 menjadi peran yang paling penting karena tanaman sayuran menjadi objek yang di *monitoring* dalam penelitian kali ini. Menurut (Permatasari dkk., n.d.) tomat jadi salah satu sayur favorit di Indonesia karena rasanya yang enak sekaligus kandungan nutrisinya yang lengkap dan bermanfaat. Kandungan paling mencolok dari tomat adalah vitamin A dan C. Dalam 100 gram buah tomat, terdapat protein sebanyak 1 g, karbohidrat 4,2 g, lemak 0,3 g, kalsium 5 mg, fosfor 27 mg, zat besi 0,5 mg, vitamin A (dalam bentuk karoten) 1500 SI, vitamin B (tiamin) 60 mg, serta vitamin C 40 mg.

Tabel 2. 3 Parameter tinggi tomat

Parameter	Fase Awal (15 – 20 HST)	Fase Vegetatif (45 HST)	Fase Produksi
Tinggi Tanaman	15 – 20 cm	45 – 100 cm	150 – 300+ cm

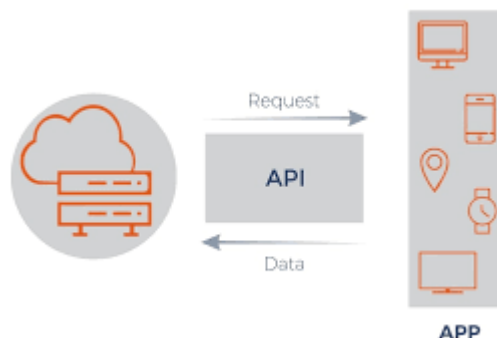
Tabel 2. 4 Parameter tinggi cabai

Perlakuan	14 hst	28 hst	42 hst	56 hst	70 hst
kontrol	14.32	25.05	40.73	46.50	49.50

Gambar 2.3 dan 2.4 merupakan parameter pembanding dari tinggi pertumbuhan tanaman tomat dan cabai terhadap tinggi pengukuran menggunakan sensor Ultrasonik pada penelitian kali ini.

2.1.12 Firebase (API)

Application programming interface (API) adalah fitur pemrograman yang dapat membuat pengguna lain memiliki akses ke sistem tanpa mengubah struktur kode utama atau basis data sistem dan membuat antar sistem dapat berkomunikasi meskipun sistem tersebut disusun dari komponen yang berbeda. API memungkinkan antar perangkat lunak dapat saling berkomunikasi sehingga memungkinkan pengembang untuk mengakses fungsi-fungsi sistem (Alan Yuandika dkk., 2025).



Gambar 2. 12 Konsep API

Sumber : <https://qatestlab.com/resources/knowledge-center/application-programming-interface/>

Gambar 2.12 berfungsi dalam penelitian kali ini sebagai mengirim dan menerima data dari *ESP32-S3*, *Raspberry Pi 4*, dan *firebase* sehingga hasil pembacaan sensor serta deteksi object yang dapat di tampilkan pada *Web* .

2.1.13 Github

GitHub adalah *platform* berbasis *Web* yang digunakan untuk menyimpan, mengelola, dan mengembangkan kode program menggunakan sistem kontrol versi *Git*. *Platform* ini memungkinkan pengguna untuk menyimpan proyek secara daring, melacak setiap perubahan yang dilakukan pada kode program, serta memudahkan proses pengembangan perangkat lunak secara individu maupun kolaboratif. Selain itu, *GitHub* menyediakan berbagai fitur, seperti pengelolaan repositori, dokumentasi proyek, dan pencatatan riwayat perubahan sehingga memudahkan pengguna dalam mengelola dan memelihara proyek yang sedang dikembangkan. Dalam penelitian ini, *GitHub* digunakan sebagai media penyimpanan kode program dan berkas pendukung sistem sehingga memudahkan proses pengelolaan, pembaruan, serta dokumentasi pengembangan sistem *monitoring* tanaman.



Gambar 2. 13 *GitHub*

Sumber : <https://pixabay.com/id/images/search/github/>

Gambar 2.13 *GitHub* berfungsi sebagai penyimpan kode program *Web Site* sehingga memudahkan proses pengembangan, pembaruan, dan pengelola sistem *Monitoring* tanaman berbasis *Internet Of Things*.

2.1.14 Edge Impulse

Edge Impulse adalah *platform* berbasis *Web* yang digunakan untuk mengembangkan aplikasi kecerdasan buatan (*Artificial Intelligence/AI*) pada

perangkat *edge device*. Platform ini menyediakan berbagai fitur yang mendukung proses pengembangan model, mulai dari pengumpulan data (*data Acquisition*), pemberian label (*labeling*), pelatihan model (*Training*), pengujian (*testing*), hingga proses *deployment* ke berbagai perangkat keras. Dengan antarmuka yang sederhana dan mudah digunakan, *Edge Impulse* memudahkan pengguna dalam membangun sistem berbasis pengenalan objek tanpa harus membuat model secara manual dari awal.



Gambar 2. 14 *Edge Impulse*

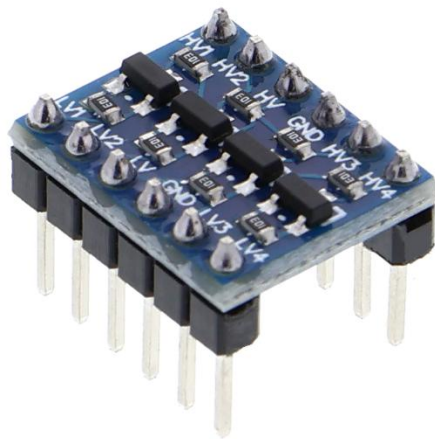
Sumber : <https://embeddedvisionsummit.com/deep-dive-session-edge-impulse/>

Gambar 2.14 *Edge Impulse* berfungsi untuk melatih model *Object Detection* yang digunakan dalam mendeteksi kondisi atau object tanaman berdasarkan citra dari kamera.

2.1.15 *Logic Level Converter*

Logic Level Converter 4 channel merupakan modul yang digunakan untuk mengubah level tegangan sinyal digital antara perangkat yang memiliki tegangan kerja berbeda, misalnya 5V dan 3.3V. Modul ini bekerja secara dua arah (*bidirectional*) sehingga dapat mengkonversi sinyal 5V ke 3.3V maupun sebaliknya tanpa mengganggu komunikasi data.

Spesifikasi *Logic Level Converter* memiliki 4 *channel*, tipe konversinya *bidirectional* yang mana tegangan sisi rendah (LV) dari 1.8 – 3.3 V, tegangan sisi tinggi (HV) dari 3.3 – 5V.



Gambar 2. 15 Logic Level Converter

Sumber : <https://funduinoshop.com/en/components/active-components/transistors/logic-level-converter-bidirectional-5v-to-3.3v-and-3.3v-to-5v-for-arduino>

Gambar 2.15 dimana *logic level converter* berfungsi sebagai penghubung antara sensor atau modul yang menggunakan logika 5V dengan *ESP32-S3* yang bekerja pada logika 3.3V. Penggunaan modul ini bertujuan untuk menjaga kestabilan komunikasi data sekaligus melindungi pin GPIO *ESP32-S3* dari tegangan yang lebih tinggi sehingga sistem *Monitoring* tanaman dapat bekerja dengan aman dan baik.

2.2 Penelitian Terdahulu

Dalam proyek akhir ini penulis memaparkan beberapa penelitian terdahulu yang relevan dengan permasalahan yang akan diteliti tentang Sistem *Monitoring* Pertumbuhan Tanaman Berbasis *Web Server*. Penelitian terdahulu penulis jadikan sebagai sumber referensi dalam mengerjakan proyek akhir ini.

Penelitian pertama oleh (Dian Kusuma Wardani, 2020) dengan judul “*Monitoring* Kondisi Tanaman Hidroponik Dalam Bentuk Citra Melalui IoT dengan Modul *ESP32 CAM*”. Penulis melakukan perancangan IoT untuk memantau kondisi tanaman, dimana penelitian kali ini menggunakan objek tanaman sawi. *Monitoring* dilakukan dengan mengambil gambar visual tentang kondisi tanaman secara *real time* pada jarak 30 cm dan melalui pengiriman citra visual yang disimpan ke *firebase* data. Peneliti telah berhasil membuat sistem yang digunakan untuk *meMonitoring* tanaman jarak jauh.

Penelitian kedua oleh (Gultom & Sirait, 2021) dengan judul “Rancang Bangun Alat *Monitoring* Tanaman Anggrek Menggunakan *ESP32 CAM* dan *Arduino Uno* Berbasis IoT”. Pada penelitian tersebut memaparkan permasalahan tentang pengaruh intensitas cahaya pada kualitas tanaman anggrek. Maka perlu dilakukan pengukuran parameter mengenai suhu, kelembapan, dan intensitas cahaya yang diterima tanaman anggrek. Ketika sensor PIR mendeteksi adanya gerakan hama, maka *Buzzer* akan menyalakan frekuensinya sebesar 50 KHz. Gerakan hama dan perkembangan tanaman anggrek akan terekam oleh *ESP32 CAM* sebagai penangkap gambar visual dan akan ditampilkan melalui aplikasi *telegram*. Maka peneliti berhasil membuat sistem *Monitoring* tanaman anggrek jarak jauh dan pengimplementasian ini dapat digunakan untuk jumlah tanaman yang lebih banyak dan diperlukan penambahan sensor serta penggantian motor juga pompa untuk meningkatkan kinerja dari alat.

Penelitian ketiga oleh (Putro & Rasyid, 2024) dengan judul “Rancang Bangun Detektor Tingkat Kematangan Buah Kelapa Sawit Menggunakan Sensor *TCS3200* dan Modul *WIFI ESP32 CAM* dengan Notifikasi Via *Telegram*”. Peneliti berhasil membuat alat untuk mendeteksi kematangan buah sawit dengan persentasi keberhasilan data yaitu pada sawit yang belum matang 100% dan pada sawit yang sudah matang mendapatkan persentase keberhasilan dalam pengambilan data yaitu 86,6% karena pengaruh dari cahaya matahari pada saat mendeteksi warna buah sawit oleh sensor *TCS3200*. Kemudian data tersebut dikirimkan dan diproses oleh *ESP32 CAM* yang dimana dapat melihat keadaan atau gambar visual melalui telegram. Pengambilan data warna buah sawit dilakukan oleh sensor dengan jarak 3 cm dari buah.

Penelitian keempat oleh (Gozali dkk., 2023) dengan judul “*Multimeter Port*abel Pengukuran Nutrisi Tanah Pertanian untuk Kelompok Tani Maju Mandiri di Pulau Sekotok”. Penulis melakukan penelitian mengenai pengukuran Nitrogen, Fosfor, dan Kalium di suatu tanah pertanian milik kelompok tani setempat. Didapatkan untuk nilai dari Nitrogen, Fosfor, dan Kalium masih mendapatkan kurang terakurasi dari hasil perbandingan menggunakan alat ukur lainnya. Nilai pH sudah sesuai, namun kelembapan tanah belum bisa dipercaya karena tidak ada alat pembanding.

Berdasarkan penelitian sebelumnya, penulis ingin mengembangkan sistem *monitoring* tanaman yang mampu melakukan pemantauan beberapa parameter pertumbuhan tanaman secara terpadu. Sistem yang dirancang menggunakan *ESP32-S3* untuk membaca data dari sensor kelembapan tanah dan sensor Ultrasonik guna memperoleh informasi mengenai kondisi kelembapan tanah dan tinggi tanaman. Selain itu, *Raspberry Pi 4* yang terhubung dengan *Web Cam* digunakan untuk mengidentifikasi kondisi buah tomat dan cabai berdasarkan tingkat kematangannya, yaitu buah mentah dan buah matang. Seluruh data hasil pembacaan sensor dan hasil identifikasi buah kemudian ditampilkan secara *real-time* pada halaman *Web* sehingga pengguna dapat memantau kondisi tanaman dengan lebih mudah, cepat, dan efisien.

Tabel 2.1 Metode dan Hasil penelitian terdahulu

Judul	Penulis	Metode	Hasil
<i>Monitoring Kondisi Tanaman Hidroponik Dalam Bentuk Citra Melalui IoT dengan Modul ESP32 CAM</i>	Tholib Hariono dan Dwi Yoza Cahyono (2021)	Penelitian ini menggunakan kamera <i>ESP32 CAM</i> untuk mengambil data visual, mikrokontroller <i>Arduino</i> sebagai otak perancangan, serta sensor cahaya, suhu, dan kelembapan untuk mengukur parameter lainnya. Data tersebut ditampilkan pada <i>Web</i> .	Hasil penelitian dapat memantau kondisi tanaman secara <i>real time</i> melalui pengiriman citra visual. Data citra yang dihasilkan disimpan ke dalam <i>firebase databe</i> dan pengukuran parameter lainnya dapat dilihat melalui <i>Web</i> . Pengujian sistem dilakukan memantau tanaman sawi pada jarak 30 cm.
Rancang Bangun Alat <i>Monitoring</i> Tanaman Anggrek Menggunakan <i>ESP32 CAM</i> dan <i>Arduino Uno</i> Berbasis IoT	Vangelium Viere Gultom dan Regina Sirait (2021)	Penelitian ini menggunakan mikrokontroler <i>Arduino</i> , <i>ESP32 CAM</i> , dan sensor suhu <i>DHT22</i> , sensor cahaya <i>LDR</i> , sensor <i>PIR</i> , <i>Buzzer</i> , Motor servo, dan Pompa DC. Data akan ditampilkan pada <i>Blynk</i> dan	Hasil penelitian yaitu untuk <i>meMonitoring</i> dari jarak jauh melalui <i>Blynk</i> dan <i>Telegram</i> . Ketika sensor <i>LDR</i> mendeteksi intensitas cahaya maka motor akan membuka atau menutup atap sesuai dengan nilai intensitas cahaya

			<i>Telegram.</i>	yang telah diprogram. Sensor <i>PIR</i> mendeteksi gerakan sehingga <i>ESP32 CAM</i> mengambil gambar dan <i>buzzer</i> akan hidup.
Rancang Bangun Detektor Tingkat Kematangan Buah Kelapa Sawit Menggunakan Sensor TC3200 dan Modul WIFI <i>ESP32 CAM</i> dengan Notifikasi Via <i>Telegram</i>	Aldhi Cahyo Millenio dan Rahmat Rasyid (2024)		Penelitian ini menggunakan Mikrokontroler <i>Arduino Uno</i> sebagai otak perancangan, Sensor warna <i>TCS3200</i> akan mendeteksi warna buah sawit dan akan diambil gambar visual oleh <i>ESP32 CAM</i> . Dan data yang telah didapatkan disimpan di aplikasi <i>Telegram</i> .	Hasil penelitian ini mendeteksi tingkat kematangan buah berdasarkan pemograman nilai RGB dari sensor <i>TCS3200</i> menggunakan <i>ESP32 CAM</i> . Pengambilan data untuk buah kelapa sawit dengan keadaan belum matang memiliki <i>persentase</i> keberhasilan 100%. Sedangkan dengan keadaan matang memiliki <i>persentase</i> keberhasilan sebesar 86,6%. Data tersebut akan ditampilkan

			melalui <i>telegram</i> serta pengambilan gambar visual oleh <i>ESP32 CAM</i> .
Multimeter <i>Portabel</i> Pengukuran Nutrisi Tanah Pertanian untuk Kelompok Tani Maju Mandiri di Pulau Sekotok	Muhammad Syafei Gozali, Kamarudin, Heru Wijanarko, Asrizal Deri Futra, Aditya Gautama Darmoyono, Dessy Oktani, Hasnira, Rahmi Mahdaliza, Eka Mutia Lubis, Muhammad Jaka Wimbang Wicaksono, Daniel Sutopo Pamungkas, Muhammad Zaenuddin, A. Rido Setiawan, Muhammad Afif Zulmi, Pedro Imanuel Ginting, Cindy Kristine Pasaribu, Amiruddin (2023)	Penelitian kali ini menggunakan <i>Arduino Uno</i> sebagai otak perancangan, sensor NPK untuk mengukur nutrisi tanah, dan komponen pendukung lainnya seperti <i>LCD TFT</i> , <i>SD-Card</i> , <i>RTC</i> , <i>Key pad</i> , <i>RS-485</i> , dan baterai yang digabungkan menjadi multimeter potabel nutrisi tanah.	Hasil dari penelitian ialah akuisisi data dari sensor masih perlu ditingkatkan pada beberapa variabel pengukuran. Hasil pengukuran Nitrogen dan Phospor nilainya berbanding terbalik terhadap alat ukur pembandingan dan nilai Kalium akurasi pada nilai yang rendah kurang tepat. Nilai derajat keasaman (pH) sama dengan alat ukur pembandingan. Karena belum terdapat alat ukur pembandingan kelembapan tanah, maka nilai kelembapan yang ditampilkan multimeter masih

			diragukan. Nilai Temperatur yang ditampilkan jauh berbeda dari alat ukur harus dilakukan perbaikan.
Rancang Bangun Sistem <i>Monitoring</i> Pertumbuhan Tanaman Berbasis <i>Web Server</i>	Annisa (2024)	Penelitian ini menggunakan <i>ESP32-S3</i> sebagai pengendali utama untuk membaca sensor kelembapan tanah dan ultrasonik. Raspberry Pi 4 dan webcam digunakan untuk mendeteksi kematangan buah dengan model <i>Edge Impulse</i> , sedangkan seluruh hasil monitoring ditampilkan secara <i>real-time</i> melalui web <i>Server</i> .	Hasil penelitian ini berupa sistem monitoring pertumbuhan tanaman berbasis IoT yang memungkinkan pengguna memantau kondisi tanaman secara <i>real-time</i> melalui web <i>Server</i> . Data yang ditampilkan meliputi kelembapan tanah, tinggi tanaman, serta kondisi kematangan buah berdasarkan hasil deteksi webcam dan Raspberry Pi 4.