

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Landasan Teori

Pada penelitian ini, terdapat landasan teori yang mendukung dasar penelitian, yaitu sebagai berikut:

2.1.1 Telur Ayam

Telur ayam merupakan salah satu bahan pangan hewani yang memiliki kandungan gizi tinggi dan banyak dikonsumsi oleh masyarakat. Telur ayam mengandung protein, lemak, vitamin, dan mineral yang dibutuhkan oleh tubuh sehingga sering dijadikan sumber nutrisi dalam kehidupan sehari-hari. Selain mudah diperoleh, telur ayam juga memiliki harga yang relatif terjangkau dibandingkan sumber protein hewani lainnya. Secara umum, telur ayam terdiri dari beberapa bagian utama yaitu cangkang telur, membran telur, putih telur (albumen), kuning telur (yolk), dan rongga udara. Cangkang telur berfungsi sebagai pelindung isi telur dari benturan dan kontaminasi bakteri. Putih telur mengandung protein dalam jumlah tinggi, sedangkan kuning telur mengandung lemak, vitamin, dan mineral. Rongga udara pada telur akan semakin membesar seiring bertambahnya usia penyimpanan telur.

Kualitas telur ayam dipengaruhi oleh tingkat kesegaran telur. Telur yang masih baik biasanya memiliki putih telur yang lebih kental, kuning telur yang bulat, dan tidak mengeluarkan bau yang menyengat. Sebaliknya, telur yang sudah rusak atau busuk akan mengalami perubahan kondisi bagian dalam akibat aktivitas mikroorganisme dan gas pembusukan. Perubahan tersebut dapat memengaruhi intensitas cahaya yang menembus telur saat dilakukan proses pendeteksian menggunakan sensor cahaya.

Saat ini, cara yang digunakan untuk mengetahui kualitas dan kesegaran telur adalah melakukan pengamatan visual objek telur tersebut. Proses pengamatan dilakukan dengan menyinari telur ditempat gelap, kemudian menerawang isi telur tersebut menggunakan sinar matahari atau senter. Cara lain yang bisa dilakukan adalah dengan melihat telur dari tampak luarnya berupa keadaan kulit, bentuk,

ukuran, serta beratnya. Proses yang sama juga dilakukan oleh peternak dan penjual untuk menyeleksi kualitas telur ayam (Sela & Ihsan, 2017)



Gambar 2. 1 Telur Ayam
(Sumber : <https://bit.ly/4wvCjTf>)

2.1.2 Telegram *APP*

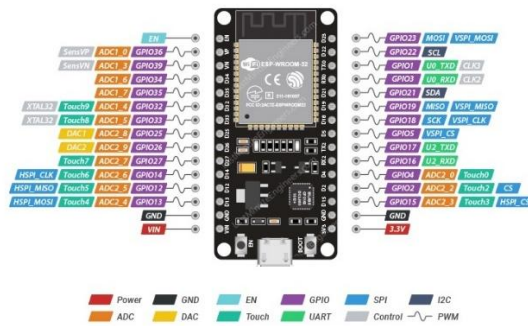
Telegram merupakan aplikasi pesan instan berbasis cloud yang dapat digunakan untuk mengirim pesan, gambar, video, dokumen, serta notifikasi secara realtime melalui jaringan internet. Telegram dapat diakses menggunakan smartphone maupun komputer sehingga memudahkan pengguna dalam menerima informasi kapan saja dan di mana saja. Telegram memiliki fitur Bot API yang memungkinkan aplikasi atau perangkat IoT berkomunikasi secara otomatis dengan pengguna. Bot Telegram dapat digunakan untuk mengirimkan data hasil monitoring, gambar, maupun notifikasi tertentu tanpa perlu interaksi manual. Pada sistem berbasis Internet of Things (IoT), Telegram sering dimanfaatkan sebagai media monitoring karena memiliki proses pengiriman data yang cepat, ringan, dan mudah diintegrasikan dengan mikrokontroler seperti ESP32.



Gambar 2. 2 Telegram *APP*
(Sumber : <https://bit.ly/4gZTNCq>)

2.1.3 ESP32

ESP32 merupakan mikrokontroler yang dikembangkan untuk mendukung sistem embedded dan Internet of Things (IoT). ESP32 memiliki kemampuan pemrosesan data yang cukup cepat serta telah dilengkapi dengan fitur WiFi dan Bluetooth sehingga banyak digunakan dalam sistem monitoring dan komunikasi data secara realtime. ESP32 memiliki sejumlah pin input dan output yang dapat digunakan untuk membaca data dari sensor maupun mengendalikan perangkat lain seperti LCD, motor servo, dan modul kamera. Selain itu, ESP32 juga memiliki fitur Analog to Digital Converter (ADC) yang berfungsi untuk mengubah sinyal analog dari sensor menjadi data digital agar dapat diproses oleh mikrokontroler.

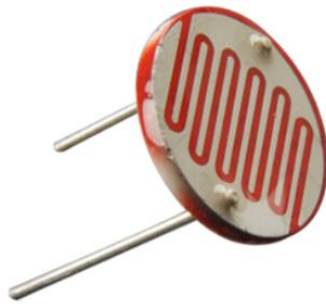


Gambar 2. 3 ESP32

(Sumber : <https://bit.ly/4hb3Ogh>)

2.1.4 Sensor LDR (Light Dependent Resistor)

Sensor LDR (*Light Dependent Resistor*) merupakan salah satu jenis resistor yang nilai hambatannya dipengaruhi oleh intensitas cahaya yang diterima. Sensor ini bekerja berdasarkan perubahan resistansi terhadap cahaya, dimana semakin tinggi intensitas cahaya yang diterima maka nilai resistansi LDR akan semakin kecil, sedangkan ketika cahaya yang diterima sedikit atau gelap maka nilai resistansinya akan semakin besar. Oleh karena itu, sensor LDR banyak digunakan sebagai pendeteksi cahaya pada berbagai sistem elektronika dan otomasi. Prinsip kerja sensor LDR didasarkan pada material semikonduktor yang sensitif terhadap cahaya. Ketika cahaya mengenai permukaan sensor, energi cahaya akan meningkatkan jumlah elektron bebas sehingga konduktivitas meningkat dan hambatan menurun. Sebaliknya, saat intensitas cahaya rendah, jumlah elektron bebas berkurang sehingga hambatan menjadi lebih besar.



Gambar 2. 4 Sensor LDR

(Sumber : <https://bit.ly/4pRsaOj>)

2.1.5 LED HPL (*High Power LED*)

LED HPL (High Power Light Emitting Diode) merupakan jenis lampu LED yang memiliki intensitas cahaya lebih tinggi dibandingkan LED biasa. LED HPL digunakan sebagai sumber pencahayaan pada berbagai sistem elektronika karena mampu menghasilkan cahaya yang terang dengan konsumsi daya yang relatif efisien. Pada umumnya LED HPL tersedia dalam beberapa pilihan daya seperti 1 watt, 3 watt, hingga 5 watt. Prinsip kerja LED HPL sama seperti LED pada umumnya, yaitu mengubah energi listrik menjadi energi cahaya melalui material semikonduktor. Ketika arus listrik mengalir melalui LED, elektron dan hole akan berekombinasi sehingga menghasilkan cahaya. LED HPL memiliki tingkat pencahayaan yang lebih tinggi sehingga cocok digunakan pada sistem pendeteksian berbasis cahaya.



Gambar 2. 5 LED HPL (*High Power LED*)

(Sumber : <https://bit.ly/45wrx3e>)

2.1.6 Driver LED

Driver LED merupakan rangkaian atau modul elektronik yang digunakan untuk mengatur dan menstabilkan arus serta tegangan pada LED agar dapat bekerja dengan baik. Driver LED berfungsi sebagai pengontrol daya sehingga LED memperoleh suplai arus yang sesuai dengan spesifikasinya. Penggunaan driver LED sangat penting terutama pada LED HPL (High Power LED), karena LED jenis ini membutuhkan arus yang stabil agar tidak cepat rusak. Prinsip kerja driver LED yaitu mengubah dan mengatur tegangan maupun arus dari sumber daya agar sesuai dengan kebutuhan LED. Driver LED umumnya bekerja dengan metode constant current, yaitu menjaga arus tetap stabil meskipun terjadi perubahan tegangan input. Dengan demikian, LED dapat bekerja secara aman tanpa mengalami kelebihan arus yang dapat menyebabkan panas berlebih atau kerusakan.



Gambar 2. 6 Driver LED

(Sumber : <https://bit.ly/4pLmMMJ>)

2.1.7 Baterai

Baterai merupakan sumber energi listrik yang digunakan untuk menyuplai daya pada perangkat elektronika. Baterai bekerja dengan mengubah energi kimia menjadi energi listrik melalui reaksi elektrokimia. Dalam sistem elektronika, baterai banyak digunakan karena bersifat portabel dan dapat digunakan tanpa harus terhubung langsung ke sumber listrik PLN. Prinsip kerja baterai yaitu menghasilkan aliran elektron dari kutub negatif menuju kutub positif saat rangkaian terhubung. Energi listrik yang dihasilkan kemudian digunakan untuk mengoperasikan komponen elektronika pada sistem.



Gambar 2. 7 Baterai

(Sumber : <https://bit.ly/4vTkNqV>)

2.1.8 RTC DS3231

RTC DS3231 merupakan modul Real Time Clock (RTC) yang digunakan untuk menyimpan dan menampilkan data waktu secara akurat, seperti jam, menit, detik, tanggal, bulan, dan tahun. Modul ini memiliki tingkat akurasi yang tinggi karena dilengkapi dengan crystal oscillator internal sehingga lebih stabil dibandingkan beberapa jenis RTC lainnya. Prinsip kerja RTC DS3231 yaitu menyimpan data waktu secara terus-menerus menggunakan sumber daya cadangan berupa baterai kecil (backup battery). Dengan adanya baterai cadangan tersebut, modul RTC tetap dapat menyimpan waktu meskipun sumber daya utama pada sistem dimatikan.



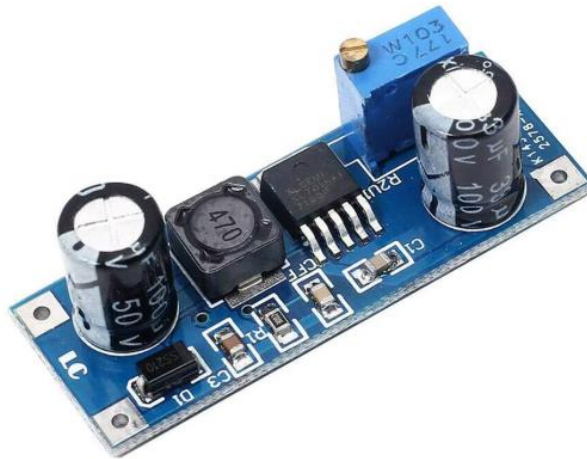
Gambar 2. 8 RTC DS3231

(Sumber : <https://bit.ly/4hG6y1P>)

2.1.9 Step Down Converter

Step down converter merupakan modul elektronika yang digunakan untuk menurunkan tegangan listrik DC dari sumber tegangan yang lebih tinggi menjadi tegangan yang lebih rendah sesuai kebutuhan perangkat. Step down converter

sering disebut juga sebagai buck converter karena bekerja dengan prinsip penurunan tegangan secara efisien. Prinsip kerja step down converter yaitu mengubah tegangan input DC menjadi tegangan output DC yang lebih rendah menggunakan proses switching elektronik. Modul ini biasanya dilengkapi dengan IC regulator, induktor, kapasitor, dan transistor switching untuk menghasilkan efisiensi daya yang lebih baik dibandingkan regulator linear biasa.



Gambar 2. 9 Step Down Converter

(Sumber : <https://bit.ly/4pLnERv>)

2.1.10 Arduino IDE

Arduino IDE merupakan perangkat lunak yang digunakan untuk menulis, mengedit, mengompilasi, dan mengunggah program ke mikrokontroler seperti Arduino maupun ESP32. Arduino IDE dikembangkan untuk memudahkan proses pemrograman sistem embedded dengan tampilan yang sederhana dan mudah dipahami. Arduino IDE menggunakan bahasa pemrograman berbasis bahasa C dan C++. Program yang ditulis disebut sketch, kemudian akan dikompilasi menjadi kode mesin sebelum diunggah ke mikrokontroler. Proses upload program dilakukan melalui kabel USB yang menghubungkan komputer dengan ESP32. Arduino IDE juga menyediakan berbagai library yang memudahkan pengguna dalam mengakses sensor dan modul elektronika. Dengan adanya library tersebut, proses pengembangan sistem menjadi lebih cepat dan efisien karena pengguna tidak perlu membuat seluruh program dari awal.



Gambar 2. 10 Arduino IDE

(Sumber : <https://bit.ly/3TOFDz7>)

2.1.11 Modul Photo-Resistor

Modul *photo-resistor* (LDR) merupakan perangkat sensor cahaya terintegrasi yang dirancang untuk beroperasi pada rentang tegangan masukan 3.3V hingga 5V. Secara arsitektur, papan sirkuit modul ini dilengkapi dengan komponen sensor LDR utama dan IC komparator tegangan LM393 yang berfungsi untuk mengkondisikan sinyal secara presisi. Modul ini menyediakan dua jenis antarmuka keluaran, yaitu *Analog Output* (A0) yang mendistribusikan sinyal tegangan bervariasi sesuai dengan intensitas cahaya, dan *Digital Output* (DO) yang menghasilkan sinyal logika biner berdasarkan nilai ambang batas (*threshold*) yang dapat dikalibrasi secara manual melalui trimpot internal. Selain itu, perangkat ini telah mengintegrasikan resistor *Surface-Mount Device* (SMD) bernilai 10 k Ω yang dikonfigurasi sebagai sirkuit pembagi tegangan (*voltage divider*) untuk memfasilitasi pembacaan analog, serta resistor 1 k Ω yang bertindak sebagai pembatas arus (*current limiter*) guna melindungi indikator LED daya dan LED status keluaran.



Gambar 2. 11 Modul *Photo-Resistor*
(Sumber : <https://bit.ly/4qANiJ9>)

2.2 Penelitian Terdahulu

Metode candling merupakan teknik yang umum digunakan dalam bidang peternakan ayam untuk menilai kondisi internal telur tanpa memecahkan cangkangnya. Proses ini dilakukan dengan cara menyinari telur menggunakan sumber cahaya seperti senter pada kondisi ruangan gelap, sehingga bagian dalam telur dapat terlihat berdasarkan intensitas cahaya yang menembus cangkang. Metode ini banyak digunakan untuk mengidentifikasi kualitas telur serta membedakan telur yang masih layak konsumsi dan telur yang mengalami penurunan kualitas. Hal ini sejalan dengan penelitian yang menyebutkan bahwa candling dilakukan dengan meneropong telur menggunakan cahaya untuk melihat kondisi internal seperti kesuburan dan kualitas isi telur (Kurniawan et al., 2020).

Seiring perkembangan teknologi, metode candling dapat dikembangkan menjadi sistem otomatis berbasis sensor. Pada penelitian ini, LED HPL digunakan sebagai pengganti sumber cahaya (senter), sedangkan sensor LDR digunakan untuk mendeteksi intensitas cahaya yang menembus telur. Prinsip ini serupa dengan penelitian berbasis LDR yang memanfaatkan perubahan intensitas cahaya untuk mendeteksi kondisi telur, dimana nilai sensor diolah menggunakan mikrokontroler untuk menentukan kualitas telur secara otomatis (Wijayanti et al., 2021). Dengan demikian, sistem ini mampu menggantikan proses pengamatan manual menjadi lebih objektif, cepat, dan konsisten.

(Rozaq, 2022) dalam penelitiannya menyatakan bahwa penggunaan Analog to Digital Converter (ADC) pada sensor LDR digunakan untuk membaca perubahan intensitas cahaya yang menembus cangkang telur. Nilai ADC tersebut kemudian digunakan sebagai dasar dalam menentukan kualitas telur, yaitu telur baik dan telur buruk. Hal ini menunjukkan bahwa ADC memiliki peran penting dalam mengubah sinyal analog menjadi data digital yang dapat diproses oleh mikrokontroler dalam sistem pendeteksi kualitas telur.

Adapun penelitian selanjutnya yang sudah ada masih dapat dikembangkan lebih lanjut untuk menghasilkan sistem monitoring kualitas telur yang lebih optimal, yaitu penelitian dari (Mita, 2024) yang berjudul “Rancang Bangun Alat Pendeteksi Kondisi Telur Berbasis ESP32” menggunakan Google Spreadsheet sebagai media penyimpanan dan pengiriman data hasil deteksi kualitas telur ayam. Sistem tersebut memanfaatkan ESP32 untuk mengirimkan data hasil pengecekan telur ke Google Spreadsheet sehingga pekerja dapat melakukan pencatatan kualitas telur secara digital dan lebih terstruktur. Data yang dikirim berupa informasi kondisi telur berdasarkan hasil pendeteksian yang dilakukan menggunakan pencahayaan lampu. Dengan adanya sistem tersebut, proses pendataan kualitas telur menjadi lebih mudah dibandingkan pencatatan manual.

Adapun penelitian terdahulu yang sudah ada masih dapat dikembangkan lebih lanjut untuk menghasilkan sistem monitoring kualitas telur yang lebih efektif. Pada penelitian sebelumnya, sistem menggunakan Google Spreadsheet sebagai media pengiriman data hasil deteksi kualitas telur untuk membantu pekerja dalam melakukan pencatatan secara digital. Namun, sistem tersebut masih kurang praktis bagi pemilik usaha karena harus membuka spreadsheet terlebih dahulu untuk melihat hasil pendeteksian telur. Oleh karena itu, pada penelitian ini dikembangkan sistem “Monitoring Alat Pendeteksi Kualitas Telur Ayam Berbasis IoT” yang memanfaatkan ESP32 dan Telegram sebagai media monitoring secara real-time. Sistem ini mampu mengirimkan informasi jumlah telur dengan kondisi baik dan buruk secara otomatis melalui bot Telegram sehingga pemilik usaha dapat memantau hasil pendeteksian dengan lebih mudah, cepat, dan transparan.

Adapun penelitian terdahulu yang sudah ada masih dapat dikembangkan lebih lanjut untuk menghasilkan sistem monitoring kualitas telur yang lebih efektif. Pada penelitian sebelumnya, sistem menggunakan Google Spreadsheet sebagai media pengiriman data hasil deteksi kualitas telur untuk membantu pekerja dalam melakukan pencatatan secara digital. Namun, sistem tersebut masih kurang praktis bagi pemilik usaha karena harus membuka spreadsheet terlebih dahulu untuk melihat hasil pendeteksian telur. Oleh karena itu, pada penelitian ini dikembangkan sistem “Monitoring Alat Pendeteksi Kualitas Telur Ayam Berbasis IoT” yang memanfaatkan ESP32 dan Telegram sebagai media monitoring secara real-time. Sistem ini mampu mengirimkan informasi jumlah telur dengan kondisi baik dan buruk secara otomatis melalui bot Telegram sehingga pemilik usaha dapat memantau hasil pendeteksian dengan lebih mudah, cepat, dan transparan.

Tabel 2.1 Perbandingan Variabel Penelitian

Peneliti	Judul	Metode	Hasil
(Nalendra et al., 2023)	<i>Penerapan Logika Fuzzy Pada Alat Pendeteksi Kualitas Telur Berbasis Mikrokontroler Arduino</i>	- ESP32 - Sensor LDR - LED HPL - ESP32-CAM - Adaptor 12 V / 2 A - Step Down DC-DC - Baterai 12 V	Alat pendeteksi kualitas telur berbasis Arduino dan logika fuzzy mampu membantu proses penyortiran telur menjadi lebih cepat dan efisien dibandingkan metode manual. Sistem bekerja dengan memanfaatkan sensor LDR untuk mendeteksi intensitas cahaya yang menembus telur, kemudian data diolah menggunakan metode fuzzy logic untuk menentukan kualitas telur. Alat yang digunakan terdiri dari Arduino Uno, sensor LDR, LED HPL sebagai sumber cahaya,

Peneliti	Judul	Metode	Hasil
			LCD 16x2, resistor, dan LED indikator warna.
(Ananda et al., n.d.)	<i>Perancangan Alat Penyortir Kualitas Telur Ayam Berbasis Arduino Menggunakan Metode K-Nearest Neighbors</i>	- Arduino - ESP32 - Sensor Load Cell - Modul HX711 - Sensor MQ-2 - Sensor LDR - Adaptor 12 V / 2 A	Sistem penyortir telur ayam dikembangkan dengan mengintegrasikan tiga sensor utama yaitu loadcell untuk mengukur berat telur, LDR untuk mengukur intensitas cahaya yang menembus cangkang telur, dan sensor MQ-2 untuk mendeteksi gas pembusukan telur. Sistem ini menggunakan kombinasi arduino untuk pembacaan sensor dan ESP32 untuk proses klasifikasi menggunakan metode KNN, yang mampu menentukan

Peneliti	Judul	Metode	Hasil
			kualitas telur dengan mengategorikannya sebagai telur bagus atau buruk secara otomatis.
(shidqii, alifian, n.d.)	<i>Rancang Bangun Alat Deteksi Telur Layak Konsumsi Dengan Fitur Penyortiran Otomatis</i>	- ESP32 - Sensor Photodiode - Sensor Infrared - Motor Servo - Motor Stepper Nema 17 - Driver TMC2209 - Lampu LED HPL - Adaptor 12 V / 2 A	Sistem Deteksi Telur Layak Konsumsi dengan Fitur Penyortiran Otomatis yang dikembangkan dalam penelitian ini telah berhasil dirancang dan diimplementasikan menggunakan mikrokontroler ESP32 sebagai pusat pemrosesan, sensor fotodiode untuk mengukur intensitas cahaya yang menembus cangkang telur, serta sensor inframerah, motor servo, motor stepper, dan driver TMC2209

Peneliti	Judul	Metode	Hasil
			untuk mekanisme penyortiran rotary.
(Elektro & Bali, 2022)	<i>Rancang Bangun Alat Penyortir Telur Berdasarkan Kualitas Telur Menggunakan Sensor Photodiode</i>	- Arduino UNO - Sensor Photodiode - LED HPL - Motor Servo	Dari hasil perancangan dan pengujian alat penyortir kualitas telur berbasis sensor photodiode dan LED HPL dengan mikrokontroler Arduino UNO, sistem mampu mengklasifikasikan telur menjadi kategori baik dan buruk berdasarkan nilai ADC yang terbaca dan ditangkap oleh sensor Photodiode. Telur dengan nilai ADC kurang dari 400 dikategorikan sebagai telur baik, sedangkan nilai lebih dari 400 dikategorikan sebagai telur buruk

Peneliti	Judul	Metode	Hasil
			yang kemudian dipisahkan secara otomatis menggunakan motor servo.
(Mita, 2024)	<i>Rancang Bangun Alat Pendeteksi Kondisi Telur Ayam Berbasis ESP32</i>	- ESP32 - Sensor LDR - LED HPL - Adaptor 12 V / 2 A - Google Spreadsheet - Koneksi Internet (Wi-Fi)	Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem mampu mendeteksi kondisi telur berdasarkan pembacaan sensor LDR serta mengirim data hasil deteksi ke Google Spreadsheet secara otomatis. Sistem ini membantu pekerja dalam melakukan pencatatan kualitas telur secara digital sehingga proses monitoring menjadi lebih mudah dibandingkan pencatatan manual.

Peneliti	Judul	Metode	Hasil
Rassya Khairunnisa Sihombing (2026)	<i>Monitoring Alat Pendeteksi Kualitas Telur Ayam Berbasis IoT</i>	- ESP32 - Sensor LDR - LED HPL - Adaptor 12 V / 2 A - Telegram App - Koneksi Internet (Wi-Fi)	Hasil penelitian ini memanfaatkan ESP32 dan Telegram sebagai media monitoring secara real-time. Sistem ini mampu mengirimkan informasi jumlah telur dengan kondisi baik dan buruk secara otomatis melalui bot Telegram sehingga pemilik usaha dapat memantau hasil pendeteksian dengan lebih mudah, cepat, dan transparan.