

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Internet of Things (IoT)

Internet of Things (IoT) adalah teknologi yang menghubungkan berbagai perangkat fisik ke internet, memungkinkan mereka untuk saling berkomunikasi dan bertukar data secara otomatis tanpa campur tangan manusia. Dalam konteks industri peternakan, IoT berfungsi untuk mengoptimalkan manajemen ternak melalui pemantauan real-time, pengumpulan data yang akurat, dan analisis yang mendalam. Penggunaan teknologi ini dapat membantu peternak untuk meningkatkan efisiensi operasional, seperti pengawasan kesehatan ternak, pengelolaan pakan, dan pengendalian lingkungan kandang. IoT memungkinkan penggunaan sensor untuk mendeteksi parameter penting, seperti suhu tubuh dan aktivitas harian ternak, yang dapat digunakan sebagai indikator kesehatan (Mehra et al., 2018).

Salah satu aplikasi IoT yang signifikan dalam peternakan adalah Smart Farming, yaitu sistem pertanian dan peternakan pintar yang memanfaatkan sensor untuk mengukur berbagai parameter lingkungan, termasuk kelembaban, suhu, dan cahaya. Data ini kemudian dikirim ke server melalui jaringan internet untuk dianalisis dan digunakan sebagai dasar pengambilan keputusan, seperti kapan memberi makan ternak atau melakukan tindakan medis. Sistem ini dapat diintegrasikan dengan algoritma prediksi untuk memprediksi kondisi kesehatan

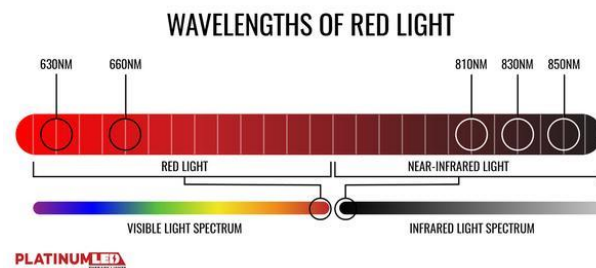
atau berat badan ternak, sehingga memungkinkan peternak untuk lebih proaktif dalam pengelolaan ternak (Sharma et al., 2021).

Monitoring Kesehatan Ternak menggunakan IoT telah banyak diimplementasikan untuk memantau kondisi kesehatan ternak secara otomatis. Sensor yang terpasang pada ternak dapat mendeteksi perubahan suhu tubuh, pergerakan, dan pola makan, yang semuanya merupakan indikator penting dalam mendeteksi penyakit lebih dini. Misalnya, deteksi dini demam atau penurunan aktivitas dapat memberi sinyal kepada peternak untuk segera melakukan pemeriksaan kesehatan, sehingga mencegah penyebaran penyakit dalam kelompok ternak (Patel et al., 2020).

Teknologi IoT juga memudahkan dalam integrasi dengan sistem otomatisasi lainnya, seperti pemberian pakan otomatis dan sistem kontrol iklim dalam kandang. Melalui data yang diperoleh dari perangkat IoT, peternak dapat membuat keputusan yang lebih tepat berdasarkan informasi real-time, meningkatkan produktivitas dan kesejahteraan ternak secara keseluruhan (Akhter et al., 2019).

2.2 NIR(NEAR INFRAMERAH)

Sensor NIR adalah perangkat yang digunakan untuk mendeteksi radiasi inframerah yang dipancarkan oleh objek dalam spectrum 810nm sampai dengan 850nm, sedangkan dalam spectrum 630nm-660nm disebut dengan inframerah(Patel et al., 2020)



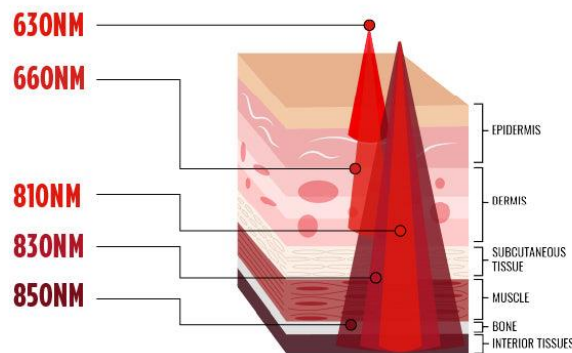
Gambar 2.1 Perbedaan Inframerah dan NIR

(<https://platinumtherapylights.com/blogs/news/red-vs-infrared-and-nir-light-therapy>)

Gambar 2.1 menunjukkan spektrum panjang gelombang cahaya merah dan inframerah, dengan rentang mulai dari cahaya merah (630 nm hingga 660 nm) hingga inframerah dekat atau Near-Infrared (NIR) (810 nm hingga 850 nm). Pada spektrum cahaya, panjang gelombang 630–660 nm termasuk dalam cahaya merah yang masih terlihat, sementara panjang gelombang di atas 700 nm sudah berada di luar spektrum cahaya tampak, masuk ke dalam kategori inframerah.

Perbedaan utama antara inframerah (IR) dan Near-Infrared (NIR) adalah pada panjang gelombangnya. Near-Infrared atau inframerah dekat (810–850 nm) berada di bagian awal spektrum inframerah dan masih cukup dekat dengan spektrum cahaya tampak, yang kadang masih dapat menembus lapisan permukaan seperti kulit atau jaringan. Sebaliknya, inframerah dengan panjang gelombang lebih tinggi dari ini tidak termasuk dalam NIR dan biasanya digunakan untuk aplikasi berbeda karena kemampuan penetrasi dan absorpsi yang lebih

dalam. Pada gambar 2.2 spektrum cahaya tampak berakhir sekitar 700 nm, yang kemudian diikuti oleh rentang NIR pada panjang gelombang yang lebih tinggi. memungkinkan pengukuran tanpa kontak fisik.



Gambar 2.2 Lapisan yang bisa di tembus oleh NIR dan Inframerah

(<https://platinumtherapylights.com/blogs/news/red-vs-infrared-and-nir-light-therapy>)

Gambar 2.2 menunjukkan penetrasi cahaya pada berbagai panjang gelombang Near-Infrared (NIR) dan Inframerah ke dalam lapisan kulit dan jaringan tubuh. Pada spectrum 630nm Inframerah hanya bisa menembus sampai lapisan Epidermis, Kemudian pada Spectrum 660nm Inframerah bisa menembus lapisan Dermis, dari Spectrum 810-850nm cahaya Inframerah ini disebut dengan NIR, Pada Spectrum 810nm NIR bisa menembus lapisan *Subcutaneous Tissue* atau dalam Bahasa Indonesia disebut dengan subkutan yaitu lapisan di bawah kulit, pada Spectrum 830nm NIR bisa menembus lapisan *Muscle* atau disebut dengan otot, dan yang terakhir adalah NIR dengan Spectrum 850nm bisa menembus otot sampai ke atas tulang, namun tidak bisa sampai menembus tulang.

Kombinasi antara teknologi sensor NIR dan IoT memberikan solusi yang efektif dalam pemantauan dan prediksi berat badan ternak. Penggunaan sensor NIR dalam sistem prediksi berbasis IoT memungkinkan data yang diperoleh dikirimkan ke server untuk diproses lebih lanjut, seperti menghitung berat badan berdasarkan ketebalan daging atau parameter lainnya. Dengan begitu, sistem ini tidak hanya meningkatkan akurasi pengukuran tetapi juga menghemat waktu dan tenaga bagi peternak, serta meminimalkan risiko kesalahan manusia dalam pengelolaan ternak (Lopez et al., 2020).

2.3 Algoritma Regresi Linear

Regresi linear merupakan salah satu metode statistik yang digunakan untuk memodelkan hubungan antara variabel bebas (independen) dan variabel terikat (dependen). Pada konteks penelitian ini, regresi linear digunakan untuk memprediksi berat badan sapi (variabel terikat, Y) berdasarkan pembacaan nilai sensor (variabel bebas, X) yang diperoleh dari perangkat keras berbasis sensor NIR. Dengan menggunakan regresi linear, kita dapat menentukan persamaan garis lurus yang menggambarkan hubungan antara kedua variabel tersebut, sehingga prediksi dapat dilakukan dengan lebih akurat.

Regresi linear berasumsi bahwa hubungan antara variabel independen (X) dan variabel dependen (Y) bersifat linear, yaitu dapat direpresentasikan dengan persamaan garis lurus berikut:

$$Y = a + bX$$

Di mana:

- Y adalah variabel dependen (dalam hal ini, berat badan sapi).

- **X** adalah variabel independen (pembacaan sensor).
- **a** adalah konstanta atau intercept, yaitu nilai **Y** ketika **X** = 0.
- **b** adalah slope atau gradien, yang menunjukkan seberapa besar perubahan **Y** untuk setiap perubahan satu unit pada **X**.

Menghitung nilai **a** dan **b** dilakukan perhitungan berdasarkan data yang sudah ada, yang di antaranya melibatkan nilai rata-rata dari variabel **X** dan **Y**, serta variansi dan kovariansi dari kedua variabel tersebut. Setelah persamaan regresi diperoleh, persamaan tersebut dapat digunakan untuk memprediksi nilai **Y** (berat badan sapi) berdasarkan nilai **X** yang baru (pembacaan sensor).

2.4 MAPE (Mean Absolute Percentage Error)

Mean Absolute Percentage Error (MAPE) adalah metrik yang banyak digunakan untuk mengukur akurasi model prediksi, terutama dalam model regresi atau peramalan. MAPE menyatakan rata-rata kesalahan absolut sebagai persentase dari nilai aktual, yang membuatnya mudah dipahami dan diinterpretasikan dalam berbagai konteks aplikasi. Dengan mengukur seberapa jauh hasil prediksi dari nilai sebenarnya, MAPE membantu peneliti dan praktisi menilai kualitas prediksi yang diberikan oleh suatu model (Hyndman & Koehler, 2006).

MAPE dihitung dengan mengambil rata-rata persentase dari kesalahan absolut antara nilai yang diprediksi dan nilai aktual. Rumus MAPE adalah:

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{|Y_i - \hat{Y}_i|}{Y_i} \times 100$$

di mana A_i adalah nilai aktual, F_i adalah nilai prediksi, dan n adalah jumlah data. Dalam rumus ini, kesalahan absolut dihitung pada setiap data, lalu diubah menjadi

persentase dari nilai aktual dan dirata-ratakan untuk seluruh data (Makridakis et al., 1993).

Keunggulan utama MAPE adalah kemudahannya dalam interpretasi. Karena hasilnya diberikan dalam bentuk persentase, MAPE memungkinkan perbandingan akurasi antar model atau dataset dengan skala yang berbeda. Misalnya, MAPE dapat digunakan untuk mengevaluasi prediksi dalam berbagai bidang, mulai dari peramalan ekonomi hingga pengukuran teknis seperti sensor atau aplikasi IoT. MAPE juga berguna dalam menentukan apakah model prediksi menghasilkan kesalahan yang signifikan atau hanya kesalahan kecil (Armstrong, 2001).

MAPE memiliki beberapa keterbatasan. Salah satu kelemahannya adalah sensitivitas terhadap data dengan nilai aktual yang sangat kecil atau mendekati nol. Dalam situasi seperti ini, MAPE dapat memberikan hasil yang terlalu besar, karena kesalahan absolut yang kecil menjadi persentase yang besar jika nilai aktualnya rendah (Chen et al., 2017). Ini bisa menjadi masalah dalam prediksi dengan nilai variabel yang sangat bervariasi atau tidak konsisten. Oleh karena itu, beberapa peneliti lebih memilih menggunakan metrik lain dalam kondisi khusus.

MAPE juga memiliki keunggulan dalam evaluasi performa model untuk berbagai jenis data. Hal ini membuatnya menjadi metrik populer di berbagai bidang penelitian dan aplikasi industri. Contohnya, dalam penelitian peramalan energi, MAPE digunakan untuk mengevaluasi akurasi model prediksi konsumsi energi harian, sedangkan dalam bidang prediksi harga saham, MAPE digunakan untuk membandingkan prediksi harga terhadap nilai aktual saham (Wang et al.,

2018). Kemampuan MAPE untuk mengatasi perbedaan skala data membuatnya menjadi pilihan utama dalam berbagai jenis model peramalan.

Penggunaan MAPE perlu disesuaikan dengan karakteristik data. Jika data memiliki banyak nilai nol atau nilai sangat kecil, alternatif metrik seperti Mean Absolute Error (MAE) atau Root Mean Squared Error (RMSE) sering digunakan. Meskipun MAPE adalah alat yang sangat bermanfaat dalam banyak aplikasi, penting untuk selalu mempertimbangkan karakteristik data dan tujuan analisis dalam memilih metrik yang paling sesuai (De Myttenaere et al., 2016).

MAPE tetap merupakan salah satu metrik yang paling umum digunakan dalam mengukur akurasi prediksi, namun penggunaannya harus disertai dengan pemahaman mengenai kekuatan dan keterbatasannya. Peneliti harus bijak dalam menyesuaikan metrik yang dipilih dengan karakteristik data yang dimiliki, serta tujuan dari analisis yang dilakukan.

2.5 KONVERSI ADC(Analog To Digital)

Konversi Analog-to-Digital (ADC) merupakan proses yang digunakan untuk mengubah sinyal analog menjadi data digital agar dapat diproses oleh perangkat elektronik seperti mikrokontroler. Sinyal analog memiliki bentuk kontinu dengan variasi tegangan yang proporsional terhadap besaran fisik yang diukur, seperti cahaya atau jarak pada sensor TCRT5000. Sebaliknya, sinyal digital berbentuk diskrit dalam format biner (0 dan 1), yang merupakan bahasa dasar perangkat elektronik modern (Maxim Integrated, 2020).

Proses konversi ADC terdiri dari tiga tahap utama: **sampling**, **kuantisasi**, dan **encoding**. Pada tahap pertama, **sampling**, tegangan analog diukur pada interval waktu tertentu. Frekuensi sampling yang digunakan harus cukup tinggi untuk memastikan sinyal analog dapat direpresentasikan secara akurat dalam domain digital. Sesuai dengan Teorema Nyquist, frekuensi sampling harus minimal dua kali lipat dari frekuensi maksimum sinyal analog untuk mencegah distorsi data yang dikenal sebagai aliasing (Nyquist, 1928).

2.5.1 Resolusi ADC

Kuantisasi adalah nilai tegangan analog yang kontinu dikelompokkan menjadi sejumlah tingkat diskrit berdasarkan resolusi ADC. Resolusi ADC mengacu pada jumlah tingkat kuantisasi yang dapat direpresentasikan dalam format digital. Misalnya, ADC 12-bit memiliki 4096 tingkat (2^{12}). Semakin tinggi resolusi, semakin kecil kesalahan kuantisasi dan semakin akurat representasi sinyal analog dalam bentuk digital. Dalam sistem ESP32, tegangan referensi (V_{ref}) default adalah 3.3V, sehingga setiap tingkat kuantisasi memiliki resolusi sekitar 0.8 mV ($3.3V / 4096$ tingkat) (Texas Instruments, 2021).

2.5.2 Encoding Data Digital

Encoding adalah pengubahan nilai kuantisasi menjadi format digital dalam bentuk biner. Data digital ini kemudian dapat digunakan untuk pemrosesan lebih lanjut oleh mikrokontroler. Sebagai contoh, pada mikrokontroler ESP32 dengan tegangan referensi (V_{ref}) sebesar 3.3V, nilai tegangan analog dari sensor TCRT5000 dikonversi menjadi nilai digital sesuai dengan skala resolusi ADC.

Hal ini memastikan data dapat diolah dengan presisi tinggi pada perangkat digital (Espressif Systems, 2020). Data digital yang dihasilkan kemudian dapat digunakan oleh mikrokontroler untuk berbagai fungsi, seperti perhitungan atau pengendalian perangkat. Contohnya, jika sensor TCRT5000 menghasilkan tegangan 1.65V, ADC ESP32 akan mengubahnya menjadi nilai digital sekitar 2048 (setengah dari resolusi 12-bit)

Implementasi ADC itu sendiri terdapat beberapa faktor penting yang memengaruhi kinerja, seperti noise, stabilitas tegangan referensi, dan kecepatan sampling. Noise dapat mengurangi akurasi data digital, sedangkan tegangan referensi yang tidak stabil dapat menyebabkan ketidakakuratan dalam skala kuantisasi. Penjagaan tegangan referensi dan meminimalkan noise selama proses ADC adalah cara penting untuk mendapatkan hasil konversi yang akurat (Analog Devices, 2019).

2.6 Penelitian Terkait (*state-of-the-art*)

Penelitian yang terkait dengan bidang IoT baik itu pengembangan model, metode maupun solusi yang ditawarkan atas permasalahan penelitian yang ditampilkan pada Tabel 3.1

Tabel 3.1 State of the Art

Nama Penulis	Judul	Isi Ringkasan	Hasil
(Agung Pratama, Rizky Darmawan, 2020)	Pengukuran Berat Badan Sapi Menggunakan sensor Load cell dengan metode regresi linear	Merancang sistem pengukuran berat badan sapi menggunakan metode whith-stone bridge dengan pendekatan regresi linier sederhana berbasis data sensor.	Hasil menunjukkan sistem prediksi dapat mengukur berat badan sapi dengan akurasi tinggi dan membantu peternak dalam memantau perkembangan berat badan sapi secara real-time.
(Wahyu Nugroho, Siti Rahmawati, 2021)	Monitoring Berat Badan Ternak Berbasis IoT menggunakan sensor Ultra sonic	Mengembangkan sistem monitoring berat badan ternak dengan integrasi IoT dan sensor ultrasonic, menggunakan ESP32 untuk mengirim data ke server dan aplikasi mobile.	Sistem berhasil memonitor berat badan ternak dengan akurasi data tinggi dan notifikasi otomatis, memudahkan pemilik ternak dalam mengambil keputusan perawatan hewan.

(Linda Arini, et all, 2022)	Sistem IoT untuk Prediksi Ketebalan daging babi Menggunakan Sensor NIR	Membangun sistem IoT dengan sensor NIR yang terintegrasi dengan ESP32 untuk prediksi bobot babi secara otomatis dan real-time.	Implementasi sistem mampu memberikan data prediksi dengan ketepatan hingga 90%, meningkatkan efisiensi dalam pengelolaan ternak dengan penghematan waktu dan tenaga kerja.
(Budi Santoso, Andi Wijaya, 2023)	Pengembangan Aplikasi Berbasis IoT untuk monitoring Kesehatan ayam Menggunakan Laravel dan MySQL	Aplikasi dikembangkan menggunakan Laravel sebagai backend dan MySQL untuk penyimpanan data, memfasilitasi prediksi dan analisis data berat badan sapi dari sensor NIR.	Hasil pengujian menunjukkan aplikasi mampu menangani data dengan cepat dan akurat, mendukung analisis yang diperlukan peternak untuk menentukan strategi pemberian pakan dan kesehatan ternak.
(Fajar	Integrasi	Merancang sistem	Sistem berhasil

Setiawan, Iwan Saputra, 2024)	Sensor NIR dan Mikrokontroler ESP32 untuk monitoring kesehatan sapi	yang mengintegrasikan sensor NIR dengan ESP32 untuk mengukur dan memprediksi bobot ternak secara otomatis dan mengirim data ke server melalui WiFi.	diimplementasikan dengan akurasi pengukuran suhu yang memadai, memungkinkan pengguna untuk memonitor kesehatan ternak dengan lebih efektif dan efisien.
(Nurul Aini, Dedi Prasetyo, 2021)	Sistem Kesehatan Sapi dengan Sensor Ultrasonic Berbasis IoT	Mengembangkan sistem kesehatan badan sapi menggunakan sensor ultrasonic dan ESP32 yang terhubung ke aplikasi monitoring berbasis web.	Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem ini mampu memberikan data suhu badan dengan akurasi yang cukup tinggi, sehingga dapat digunakan sebagai alat bantu dalam pengelolaan ternak.
(Rina Suryani, 2020)	Implementasi IoT dalam Sistem	Mengembangkan sistem IoT yang terintegrasi dengan	Sistem berhasil membantu dalam proses monitoring ternak

	Monitoring Perikanan ikan lele menggunakan Sensor NIR dan Mikrokontroler	sensor NIR untuk monitoring ternak secara real-time, dengan data yang dikirim melalui modul komunikasi nirkabel.	dengan akurasi data yang tinggi dan memudahkan pemilik ternak dalam melakukan pengambilan keputusan yang tepat terkait perawatan ternak.
(Aris Riyanto, at all, 2016)	Pembuatan Aplikasi Penduga Berat Badan Sapi dengan Memanfaatkan Kamera Smartphone Berbasis Android	Membuat aplikasi prediksi berat badan ternak dengan menggunakan kamera android dan algoritma regresi linier, serta menyimpan data pada database berbasis MySQL.	Hasil pengujian menunjukkan aplikasi dapat melakukan prediksi dengan akurasi tinggi dan membantu peternak dalam memonitor kondisi ternak secara lebih efisien.
(Andi Kurniawan, Siti Farida, 2023)	Monitoring Berat badan bayi dengan Sensor loadcell dan	Mengembangkan sistem monitoring berat badan bayi dengan sensor NIR yang dihubungkan	Sistem berhasil memberikan informasi berat bayi secara real-time dengan akurasi yang memadai, serta

	Mikrokontroler ESP32	ke ESP32, di mana data diproses dan dikirim ke aplikasi monitoring berbasis web melalui WiFi.	memberikan notifikasi otomatis kepada pihak posyandu untuk tindakan lebih lanjut.
(Rizky Mahardika, Sinta Dewi, 2024)	Prediksi Kesehatan ayam Menggunakan Sensor NIR Berbasis IoT dengan Algoritma Machine Learning	Menerapkan algoritma Machine Learning pada sistem IoT untuk prediksi Kesehatan ayam menggunakan sensor NIR, data diproses dan dikirimkan ke server untuk analisis lebih lanjut.	Pengujian menunjukkan bahwa sistem dapat memprediksi suhu ayam dengan tingkat akurasi yang tinggi, serta membantu peternak dalam perencanaan pemberian pakan dan pengelolaan ternak secara lebih baik.

