

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

Penelitian ini memiliki tujuan untuk mengembangkan sistem penimbang kelapa sawit berbasis *embedded system*. Tujuan itu dibagi menjadi beberapa poin utama dalam penelitian ini, pertama mikrokontroler dapat mengambil data gps dan timbangan secara benar, pengambilan data timbangan menggunakan rumus Kalman. Kedua, data yang sudah diambil dapat dikirim ke *Mobile apps* secara nirkabel menggunakan Bluetooth Low Energy (BLE). Ketiga, data yang didapat juga disimpan ke dalam lokal yang ada di Raspberry Pi dengan format Json dan di dalam skema database.

Pada bab ini akan membahas beberapa penelitian yang sudah ada sebelumnya dan yang berkaitan dengan Penelitian yang penulis ini. Poin poin diatas akan mejadi acuan penulis dalam mencari penelitian yang serupa dan berkaitan, berikut adalah penelitian yang pernah ada dan berkaitan.

Penelitian Indani dkk. pada tahun 2022 berfokus pada sistem timbangan digital buah kelapa sawit berbasis Internet of Things (IoT), yang memungkinkan proses penimbangan dilakukan secara jarak jauh dan realtime melalui aplikasi Android. Mikrokontroler yang digunakan adalah TTGO T-Call ESP32, yang mampu melakukan komunikasi seluler tanpa memerlukan koneksi WiFi. Nilai berat buah sawit diperoleh dari sensor load cell yang menghasilkan sinyal analog, kemudian dikonversi menjadi sinyal digital menggunakan modul HX711. Hasil penimbangan ditampilkan pada LCD 16x2 dan dikirimkan ke aplikasi Android yang dikembangkan menggunakan MIT App Inventor[6].

Penelitian Indrayana dan Primananda berfokus pada rancang bangun sistem komunikasi Bluetooth Low Energy (BLE) dalam sistem pemantauan tekanan darah digital. Dalam penelitian ini, BLE diimplementasikan sebagai protokol komunikasi utama antara Raspberry Pi sebagai unit pemroses pusat dengan perangkat klien yang berperan sebagai penerima data. Pemilihan BLE dilakukan karena karakteristiknya yang hemat daya dan cocok digunakan untuk perangkat medis portabel yang membutuhkan koneksi nirkabel jangka panjang. Penelitian ini secara

khusus mengkaji performa BLE dalam proses transmisi data, terutama dari segi keterlambatan (delay) dan keandalan komunikasi. Variabel utama yang dianalisis adalah selisih waktu antara proses pengiriman dan penerimaan data antarperangkat, dengan jarak antara perangkat sebagai parameter variatif yang mempengaruhi performa komunikasi. Hasil penelitian ini dapat menjadi acuan dalam pengembangan sistem komunikasi berbasis BLE untuk perangkat monitoring kesehatan lainnya yang membutuhkan efisiensi energi dan keandalan transmisi data secara real-time [7].

Penelitian yang dilakukan oleh Sigit Prakosa Adhi Nugraha berfokus pada perbandingan tiga jenis metode komunikasi data, yaitu I2C, SPI, dan UART. Penelitian ini dilakukan menggunakan komunikasi antar Arduino untuk mengamati kelebihan dan kekurangan masing-masing protokol. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk memberikan gambaran yang jelas mengenai karakteristik dari ketiga metode komunikasi tersebut agar dapat dijadikan acuan dalam menentukan protokol yang sesuai dengan kebutuhan sistem tertentu. Berdasarkan hasil pengujian, diperoleh kesimpulan bahwa I2C merupakan metode komunikasi dua arah yang menggunakan jalur SDA (Serial Data) dan SCL (Serial Clock). Protokol ini sangat sesuai untuk sistem yang membutuhkan komunikasi dengan banyak perangkat karena mendukung konfigurasi multi-master dan multi-slave. SPI adalah protokol komunikasi sinkron yang menawarkan kecepatan tinggi dan akurasi yang baik, sehingga cocok digunakan pada aplikasi yang menuntut transfer data secara cepat dan stabil. Sementara itu, UART merupakan protokol komunikasi yang sederhana dengan hanya dua jalur, yaitu TX dan RX, yang membuatnya mudah diimplementasikan dan cocok untuk komunikasi jarak pendek [8].

Penelitian yang dilakukan oleh Baihaqi dan Wijaya membahas mengenai penerapan algoritma Filter Kalman dalam upaya meningkatkan akurasi dan presisi pembacaan sensor suhu LM35. Penelitian ini bertujuan untuk mengatasi permasalahan umum yang sering terjadi pada sensor, yaitu munculnya gangguan atau noise yang menyebabkan hasil pembacaan menjadi tidak stabil dan kurang akurat. Dalam implementasinya, Filter Kalman digunakan sebagai metode pemrosesan sinyal untuk menyaring data mentah dari sensor sehingga diperoleh

nilai suhu yang lebih konsisten dan mendekati kondisi sebenarnya. Berdasarkan hasil yang diperoleh, penerapan Filter Kalman mampu memberikan perbaikan signifikan terhadap performa sensor. Data suhu yang dihasilkan menjadi lebih halus dan cepat mencapai nilai stabil dibandingkan tanpa filter. Selain itu, filter ini juga mampu mengurangi adanya lonjakan data (spike) yang biasanya muncul akibat fluktuasi pembacaan. Dengan demikian, penggunaan Filter Kalman terbukti efektif dalam meningkatkan kualitas data yang dihasilkan oleh sensor suhu LM35 dan dapat diterapkan pada sistem yang memerlukan ketelitian tinggi dalam pengukuran suhu[9].

Penelitian yang dilakukan oleh Habibuddin dkk membahas mengenai optimalisasi sistem timbangan beras otomatis dengan memanfaatkan teknologi Internet of Things (IoT) melalui platform Arduino IoT Cloud. Penelitian ini berfokus pada perancangan sistem yang dapat terhubung langsung ke cloud tanpa memerlukan tambahan modul komunikasi lainnya. Dalam sistem yang dikembangkan, digunakan sensor load cell untuk membaca berat beras, LCD touchscreen untuk menampilkan hasil pengukuran secara langsung, serta komponen servo yang berfungsi sebagai pengendali penampungan beras. Hasil dari pengembangan sistem ini menunjukkan bahwa data timbangan dapat dipantau secara real-time melalui internet, sehingga pengguna dapat memantau proses dan hasil penimbangan dari jarak jauh. Sistem ini dinilai cukup efektif karena menyederhanakan proses pemantauan dan pengendalian penimbangan, serta meningkatkan kerja secara keseluruhan. Dengan memanfaatkan konektivitas IoT, sistem ini memberikan kemudahan bagi pengguna dalam memperoleh informasi secara cepat, akurat, dan dapat diakses kapan saja [10].

Penelitian yang dilakukan oleh Priambodo dan Rosdiana membahas mengenai perancangan dan pembangunan alat pengukur Body Mass Index (BMI) yang dilengkapi dengan fitur komunikasi Bluetooth Low Energy (BLE) untuk mengirimkan data ke ponsel pintar sebagai media tampilan. Sistem ini menggunakan sensor load cell untuk memperoleh data berat badan dan sensor ultrasonik untuk mengukur tinggi badan. Selain itu, sensor tegangan juga ditambahkan untuk memantau status baterai pada perangkat. Seluruh sensor

tersebut diintegrasikan dengan mikrokontroler Arduino Nano (ATMega328) sebagai pusat pengolahan data. Data hasil pengukuran kemudian dikirimkan secara nirkabel ke aplikasi Android melalui komunikasi BLE. Dengan sistem ini, pengguna dapat melihat hasil pengukuran BMI secara real-time pada ponsel pintar mereka, sehingga sistem ini menjadi solusi yang praktis dalam memantau kesehatan secara digital [11].

Penelitian yang dilakukan oleh Prayudha dkk membahas tentang implementasi teknik komunikasi serial Half Duplex dalam sistem kendali jarak jauh lampu ruangan berbasis Internet of Things (IoT). Sistem ini dirancang untuk mengatur nyala dan mati lampu melalui aplikasi Telegram yang terhubung dengan internet, sehingga pengguna dapat melakukan pengendalian hanya melalui smartphone dari mana saja. NodeMCU digunakan sebagai mikrokontroler utama yang menerima perintah dari aplikasi Telegram untuk mengaktifkan atau menonaktifkan relay lampu sesuai dengan instruksi yang dikirimkan. Komunikasi Half Duplex diterapkan dalam sistem ini agar proses pengiriman dan penerimaan data dapat dilakukan secara bergantian, sehingga mencegah terjadinya tabrakan data dalam proses komunikasi. Dengan pendekatan ini, sistem dapat beroperasi secara efisien dan andal untuk pengendalian perangkat rumah tangga secara jarak jauh [12].

Penelitian yang dilakukan oleh Setyo dkk membahas penerapan Kalman Filter pada pembacaan sensor load cell berbasis PLC Siemens S7-1200. Tujuan utama dari penelitian ini adalah untuk meningkatkan akurasi data yang dihasilkan oleh sensor load cell, yang dalam kondisi nyata sering kali menghasilkan data dengan noise atau gangguan yang tidak diinginkan. Kalman Filter diimplementasikan secara langsung pada PLC Siemens S7-1200 untuk menyaring data analog yang diterima dari sensor load cell. Dengan adanya penyaringan tersebut, nilai data yang diperoleh menjadi lebih halus dan mendekati nilai sebenarnya. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa penggunaan Kalman Filter dapat meningkatkan performa sistem pengukuran berat, terutama dalam hal kestabilan dan keakuratan data yang dihasilkan [13].

Penelitian yang dilakukan oleh Parapat dkk membahas tentang perancangan alat timbangan digital untuk mobil bermuatan kayu yang terintegrasi dengan

teknologi Internet of Things (IoT). Sistem ini dirancang menggunakan mikrokontroler NodeMCU ESP32 sebagai pusat kendali utama. Sensor load cell digunakan untuk mengukur berat mobil beserta muatannya, sementara modul HX711 berfungsi untuk mengubah sinyal analog dari sensor menjadi data digital yang dapat dibaca oleh mikrokontroler. Selain itu, sistem ini juga dilengkapi dengan RFID sebagai metode identifikasi kendaraan yang ditimbang. Data hasil penimbangan kemudian dikirimkan ke sebuah website yang telah dihosting, sehingga dapat diakses dan dipantau secara real-time. Dengan pendekatan ini, proses pemantauan berat kendaraan menjadi lebih efisien dan terintegrasi secara digital [14].

Penelitian yang dilakukan oleh Arta dkk membahas tentang pengembangan sistem pelacakan posisi hewan berbasis Internet of Things (IoT) yang dapat dimonitor melalui perangkat handphone. Sistem ini dibangun menggunakan mikrokontroler NodeMCU ESP8266, dengan modul GPS Neo-6M sebagai perangkat pelacak utama untuk menentukan koordinat lokasi berupa latitude dan longitude. Sebagai media penyimpanan dan monitoring data, digunakan Firebase yang terhubung dengan aplikasi Kodular sebagai antarmuka pengguna. Perangkat ini dirancang dengan ukuran yang minimal agar dapat dengan mudah dikalungkan pada hewan, sehingga memudahkan dalam proses pelacakan secara real-time melalui jaringan WiFi. Selain itu, sistem juga dilengkapi dengan lampu LED sebagai penanda visual, terutama untuk membantu proses pemantauan di malam hari [15].

Penelitian yang dilakukan oleh Noprianto dkk mengembangkan sebuah sistem pemantauan data secara real-time dengan memanfaatkan platform InfluxDB dan Grafana. Sistem ini menggunakan Raspberry Pi 4 sebagai server utama, sedangkan perangkat pengirim data terdiri dari NodeMCU ESP8266 yang dilengkapi dengan sensor DHT11 untuk membaca suhu dan kelembapan udara, sensor LDR untuk mengukur intensitas cahaya, serta sensor ultrasonik untuk mendeteksi jarak. Pengiriman data dilakukan setiap 5 detik dalam format JSON menggunakan protokol komunikasi MQTT. Node-RED berperan sebagai middleware yang bertugas untuk menerima, memproses, dan menyimpan data ke dalam basis data

time-series InfluxDB. Selanjutnya, data yang telah tersimpan divisualisasikan melalui dashboard Grafana dalam bentuk grafik yang interaktif dan informatif. Sistem ini juga memungkinkan pengguna untuk melakukan penyaringan data berdasarkan waktu dan alamat IP perangkat yang digunakan, sehingga meningkatkan fleksibilitas dan efektivitas dalam pemantauan [16].

Penelitian penelitian diatas merupakan landasan dan acuan penulis untuk merancang dan membangun sistem penelitian ini. Setiap penelitian memberikan kontribusi dalam rancangan, kerangka berpikir, maupaun pendekatan lain yang membantu penulis dalam membangun sistem secara lebih terarah. Penggabungan dari berbagai penelitian sebelumnya akan memperkuat kernangka dasar pengembangan sistem yang ingin dibangun. Dengan demikian, diharapkan dengan landasan yang sudah ada akan meningkatkan kualitas dan fungsi dari sistem yang penulis kembangkan.

Tabel 2. 1 Tabel Perbandingan Penelitian

Peneliti	Topik	Tujuan	Sensor Timbangan	GPS	Kalman Filter	BLE	Komunikasi serial	influxDB	Hasil
Indani dkk[6]	Timbangan Digital Buah Kelapa Sawit Berbasis Internet of Things (IoT)	Merancang timbangan digital kelapa sawit berbasis IoT agar pemilik kebun dapat memantau berat secara jarak jauh tanpa Wi-Fi.	Ada	Tidak	Tidak	Tidak	Tidak	Tidak	Alat berhasil memantau dan menyimpan data berat secara real-time dengan akurasi tinggi hingga 99,28%.
Indrayana dan Primananda [7]	Rancang Bangun Sistem Komunikasi Bluetooth <i>Low Energy</i> (BLE) Pada Sistem Pengamatan Tekanan Darah	Merancang sistem pengukuran tekanan darah otomatis yang mengirim data ke client menggunakan Bluetooth <i>Low Energy</i> (BLE)	Tidak	Tidak	Tidak	Ada	Tidak	Tidak	Sistem berhasil mengirim data tekanan darah dengan delay rata-rata 2,81 detik (jarak).
Prakosa dkk[8]	Komunikasi Arduino I2C, SPI dan UART	Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis dan membandingkan cara kerja serta penerapan protokol	Tidak	Tidak	Tidak	Tidak	Ada	Tidak	Hasil penelitian menunjukkan bahwa I2C cocok untuk komunikasi dua arah dengan banyak

Peneliti	Topik	Tujuan	Sensor Timbangan	GPS	Kalman Filter	BLE	Komunikasi serial	influxDB	Hasil
		komunikasi I2C, SPI, dan UART pada Arduino melalui simulasi dan pengujian langsung.							perangkat, SPI unggul dalam kecepatan tinggi dan sinkronisasi, sedangkan UART efektif untuk komunikasi asinkron yang sederhana dengan hanya dua kabel.
Baihaqi dan Wijaya [9]	Filter Kalman untuk Meningkatkan Akurasi dan Presisi Sensor Suhu LM35	Penelitian ini bertujuan untuk menerapkan filter Kalman pada sensor suhu LM35 yang terhubung dengan Arduino UNO guna meningkatkan akurasi dan presisi pembacaan suhu dalam aplikasi nyata.	Tidak	Tidak	Ada	Tidak	Tidak	Tidak	Penerapan filter Kalman berhasil meningkatkan akurasi dan presisi pembacaan sensor suhu dengan mengurangi overshoot hingga $\pm 2^{\circ}\text{C}$ dan mempercepat waktu pencapaian nilai stabil (steady

Peneliti	Topik	Tujuan	Sensor Timbangan	GPS	Kalman Filter	BLE	Komunikasi serial	influxDB	Hasil
									state) menjadi kurang dari 0,1 detik.
Habibuddin dkk [10]	Optimalisasi Timbangan Beras Otomatis menggunakan Arduino IoT Cloud	Penelitian ini bertujuan untuk mengoptimalkan sistem timbangan beras otomatis dengan mengganti Arduino Uno menjadi NodeMCU ESP32 agar dapat terhubung ke platform Arduino IoT Cloud untuk pemantauan berat secara real-time melalui internet.	Ada	Tidak	Tidak	Tidak	Tidak	Tidak	Hasil menunjukkan bahwa sistem berhasil menampilkan data berat beras secara real-time dengan tingkat akurasi tinggi, yaitu 99,10% untuk 1000 gram, 99,63% untuk 2000 gram, dan 99,87% untuk 3000 gram, melalui platform Arduino IoT Cloud.
Priambodo dan Rosdiana [11]	Rancang bangun alat pengukur Body Mass Index (BMI) berbasis	Penelitian ini bertujuan untuk merancang alat pengukur Body Mass Index (BMI) yang	Ada	Tidak	Tidak	Ada	Tidak	Tidak	Hasil penelitian menunjukkan alat dapat mengukur BMI dengan akurasi tinggi (berat

Peneliti	Topik	Tujuan	Sensor Timbangan	GPS	Kalman Filter	BLE	Komunikasi serial	influxDB	Hasil
	komunikasi Bluetooth Low Energy (BLE) ke ponsel pintar sebagai display	dapat mengukur berat dan tinggi badan secara otomatis, lalu menampilkan ponsel pintar melalui komunikasi Bluetooth Low Energy (BLE).							99,38%, tinggi 99,71%, dan BMI 99,52%), mentransmisikan data ke aplikasi Android dalam waktu sekitar 5 detik,
Prayudha dkk [12]	Implementasi Teknik Komunikasi Serial Half Duplex Pada Kendali Jarak Jauh Lampu Ruang Rumah Berbasis Internet Of Things (IOT)	Menerapkan teknik komunikasi serial half duplex dalam sistem kendali lampu rumah jarak jauh berbasis Internet of Things (IoT) menggunakan NodeMCU ESP8266.	Tidak	Tidak	Tidak	Tidak	Ada (half duplex)	Tidak	Hasil penelitian menunjukkan sistem berhasil mengontrol hidup-matinya lampu dari jarak jauh secara efektif melalui Telegram dengan komunikasi dua arah menggunakan mode half duplex.
Fambudi dkk [13]	Penerapan Kalman Filter Pada	Menerapkan Kalman Filter pada pembacaan	Ada	Tidak	Ada	Tidak	Tidak	Tidak	Kalman Filter berhasil meredam noise

Peneliti	Topik	Tujuan	Sensor Timbangan	GPS	Kalman Filter	BLE	Komunikasi serial	influxDB	Hasil
	Pembacaan Sensor Loadcell Berbasis PLC Siemens S7-1200	sensor loadcell berbasis PLC Siemens S7-1200 untuk meminimalkan noise dan meningkatkan akurasi sistem penimbangan.							secara optimal dengan rata-rata error hanya 0,10%, menghasilkan pembacaan yang lebih stabil dan konsisten.
Sistem dan Tgd [14]	Rancang Bangun Alat Timbang Mobil Bermuatan Kayu Berbasis Node Mcu Terhubung Ke Iot	Merancang dan membangun alat timbang kendaraan bermuatan kayu berbasis NodeMCU dan Internet of Things (IoT) untuk memantau hasil timbangan secara real-time melalui website	Ada	Tidak	Tidak	Tidak	Tidak	Tidak	Sistem berhasil menampilkan berat muatan kendaraan secara akurat dan efisien, serta mempermudah perusahaan dalam memonitor data penimbangan dan jadwal kendaraan melalui tampilan web
Wijayaningrum dkk [15]	Animal Tracking Berbasis	Mengembangkan alat pelacak hewan berbasis Internet of	Tidak	Ada	Tidak	Tidak	Tidak	Tidak	Sistem berhasil menampilkan lokasi hewan dengan akurasi

Peneliti	Topik	Tujuan	Sensor Timbangan	GPS	Kalman Filter	BLE	Komunikasi serial	influxDB	Hasil
	Internet of Things	Things (IoT) dengan GPS dan NodeMCU untuk memantau posisi hewan ternak secara real-time melalui aplikasi berbasis Kodular.							tinggi, delay rata-rata hanya 4,6 detik, dan LED indikator yang tetap terlihat hingga jarak 150 meter di malam hari.
Sanjaya dkk[16]	Monitoring Development Board pada Platform InfluxDB dan Grafana	Merancang sistem pemantauan data sensor secara real-time pada perangkat development board menggunakan InfluxDB sebagai basis data dan Grafana sebagai platform visualisasi.	Tidak	Tidak	Tidak	Tidak	Tidak	Ada	Sistem berhasil mengirimkan data sensor melalui protokol MQTT menggunakan Node-RED, menyimpannya di InfluxDB, dan menampilkannya secara dinamis dan interaktif di dashboard Grafana.
Penulis	Pengembangan Timbangan Pintar Buah Sawit Berbasis Embedded	Merancang sistem yang memudahkan pencatatan berat dan lokasi panen	Ada	Ada	Ada	Ada	Ada	Ada	Sistem ini berhasil mencatat berat dan lokasi panen kelapa sawit secara

Peneliti	Topik	Tujuan	Sensor Timbangan	GPS	Kalman Filter	BLE	Komunikasi serial	influxDB	Hasil
	System dengan Komunikasi Bluetooth Low Energy (BLE)	kelapa sawit secara otomatis menggunakan embedded system yang terintegrasi dengan GPS, BLE, dan penyimpanan internal.							otomatis, menyimpannya di penyimpanan internal, dan mengirimkan data JSON ke perangkat mobile melalui BLE.