

Analisis Performa Pembacaan Berat Load Cell Menggunakan ESP8266 Dalam Sistem Monitoring Lokal

1st Yahya Musyaffa Ahsan
Fakultas Ilmu Terapan
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia

yahyaaa@student.telkomuniversity.ac.id

2nd Marlindia Ike Sari, S.T., M.T.
Fakultas Ilmu Terapan
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia

marlindia@telkomuniversity.ac.id

3rd Muhammad Rizqy Alfarisi, S.ST.,
M.T.

Fakultas Ilmu Terapan
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia

mrizkyalfarisi@telkomuniversity.ac.id

Sistem pemantauan berat menggunakan sensor Load Cell telah banyak digunakan dalam penelitian laboratorium, khususnya untuk klasifikasi hewan uji seperti mencit. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi performa pembacaan berat secara lokal menggunakan mikrokontroler ESP8266 yang terintegrasi dengan modul HX711 dan sensor Load Cell. Berbeda dengan sistem IoT yang menitikberatkan pada pengiriman data jarak jauh, sistem ini difokuskan pada analisis performa lokal dengan mempertimbangkan tiga parameter utama, yaitu keterlambatan (delay) pembacaan, akurasi terhadap nilai referensi, dan kestabilan data dalam kondisi beban tetap maupun dinamis.

Pengujian dilakukan terhadap 10 mencit selama 1 menit per subjek dengan interval pengiriman data setiap 10 detik, menghasilkan enam kali pengiriman data untuk tiap mencit. Hasil menunjukkan bahwa sistem mampu menampilkan data berat secara real-time dengan rata-rata delay sebesar 44,7 milidetik dan deviasi pembacaan terhadap referensi berada dalam rentang $\pm 0,3$ gram. Tingkat kesesuaian data yang diterima dengan hasil pembacaan mencapai 91,7%, menandakan sistem memiliki performa yang baik. Penelitian ini menunjukkan bahwa ESP8266 dapat diandalkan dalam sistem monitoring berat secara lokal dan berpotensi dikembangkan lebih lanjut ke arah sistem klasifikasi hewan berbasis Internet of Things.

Kata kunci— Load Cell, HX711, ESP8266, Akurasi, Mencit, Pengiriman Data.

I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Perkembangan teknologi Internet of Things (IoT) telah menghadirkan solusi efektif untuk monitoring dan otomasi berbagai proses, termasuk dalam bidang bioteknologi laboratorium. Salah satu aplikasi penting adalah pengelolaan hewan uji seperti mencit (tikus laboratorium), di mana pengklasifikasian berdasarkan parameter biologis seperti berat badan menjadi aspek penting dalam mendukung validitas eksperimen. Pengukuran berat mencit yang akurat dan sistematis memungkinkan peneliti melakukan seleksi berdasarkan kondisi fisiologis yang seragam. Namun, metode manual yang umum digunakan

dalam proses ini sering kali kurang efisien, memakan waktu, serta rentan terhadap kesalahan manusia.

Sistem ini tidak hanya melakukan pengukuran berat secara otomatis, tetapi juga mengirimkan data tersebut ke server melalui koneksi Wi-Fi untuk kebutuhan monitoring jarak jauh secara real-time. Implementasi ESP8266 membuka peluang besar dalam integrasi mikrokontroler dengan layanan cloud, baik lokal maupun publik [1].

Meski demikian, performa pembacaan berat oleh sensor Load Cell dan pengiriman datanya melalui ESP8266 masih menyisakan tantangan. Salah satunya adalah fluktuasi nilai berat akibat noise sensor, yang sering kali menghasilkan pembacaan tidak stabil. Studi sebelumnya menekankan pentingnya kalibrasi sensor dan kestabilan jaringan Wi-Fi dalam menjaga akurasi dan keandalan sistem berbasis IoT [2]. Dalam konteks ini, diperlukan pengujian performa sistem secara lokal yang berfokus pada kecepatan pengiriman data, kestabilan konektivitas Wi-Fi, dan akurasi pembacaan berat oleh ESP8266 ke server lokal, terutama dengan mempertimbangkan protokol komunikasi HTTP yang digunakan.

Penggunaan ESP8266 dalam sistem monitoring telah terbukti efisien dalam berbagai domain industri dan lingkungan. Dalam bidang manufaktur semikonduktor, IoT digunakan untuk prediksi perawatan alat berdasarkan pembacaan sensor secara real-time, menyoroti pentingnya kualitas data dan pengiriman yang konsisten [3]. Penelitian lain juga menunjukkan bahwa pengiriman data sensor secara nirkabel harus mempertimbangkan efisiensi komunikasi dan ketahanan jaringan, seperti pada sistem berbasis LoRAWAN untuk area dengan keterbatasan jangkauan sinyal [4].

Dalam pengelolaan data Load Cell, metode non-intrusive load monitoring berbasis model hibrida juga telah dikembangkan, yang menunjukkan efektivitas teknik stabilisasi pembacaan beban untuk meningkatkan keakuratan sistem klasifikasi berbasis sensor [5].

Melalui tugas akhir ini, dilakukan analisis empiris terhadap performa pembacaan berat Load Cell oleh ESP8266 dalam sistem monitoring lokal. Penelitian ini berfokus pada tiga parameter utama: Keterlambatan (delay)

dalam merespons perubahan berat, Akurasi pembacaan terhadap nilai referensi manual, serta Kestabilan data ketika beban dalam kondisi tetap maupun saat hewan aktif bergerak.. Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi terhadap optimalisasi sistem klasifikasi hewan laboratorium berbasis IoT serta menjadi referensi teknis dalam implementasi ESP8266 untuk monitoring data sensor secara lokal maupun real-time.

B. Rumusan Masalah

1. Seberapa akurat data berat yang dibaca oleh sensor Load Cell saat diproses dan dikirimkan oleh modul ESP8266 dalam sistem monitoring lokal?

Solusi: Untuk meningkatkan akurasi pembacaan berat oleh sensor Load Cell, perlu dilakukan kalibrasi menggunakan bobot standar. Selain itu, pengaturan baud rate yang sesuai dan penggunaan kabel shielded dapat mengurangi gangguan sinyal saat data dikirimkan ke ESP8266.

2. Apa saja kendala teknis yang muncul dalam pembacaan dan pengolahan data berat secara langsung oleh ESP8266 sebagai mikrokontroler utama dalam sistem lokal dan bagaimana dampaknya terhadap performa sistem?

Solusi: Beberapa kendala seperti noise pembacaan dan fluktuasi data dapat diminimalisasi dengan validasi data dan optimalisasi waktu pembacaan berbasis millis(). Pemrosesan lokal oleh ESP8266 memerlukan pendekatan pemrograman non-blocking agar performa tetap stabil.

3. Bagaimana efisiensi sistem ESP8266 dalam membaca dan menampilkan data berat secara real-time melalui Serial Monitor tanpa perantara Arduino Mega?

Solusi: Efisiensi dapat ditingkatkan dengan struktur program yang ringan dan stabil, pembacaan terjadwal menggunakan timer internal, serta penghindaran proses blocking pada loop utama agar tidak terjadi jeda saat pembacaan dan penampilan data.

C. Tujuan

1. Menganalisis tingkat akurasi pembacaan berat oleh sensor Load Cell dalam sistem yang dikendalikan secara langsung oleh ESP8266 sebagai mikrokontroler utama.

2. Mengidentifikasi dan mengatasi kendala teknis yang muncul saat ESP8266 melakukan pembacaan berat secara mandiri, termasuk fluktuasi data dan keterlambatan pembacaan.

3. Mengevaluasi efisiensi sistem monitoring lokal berbasis ESP8266 dalam menampilkan data berat mencent secara real-time melalui Serial Monitor.

II. KAJIAN TEORI

A. Sensor Load Cell

Load Cell merupakan sensor transduser yang berfungsi untuk mengubah besaran gaya atau berat menjadi sinyal listrik. Salah satu jenis Load Cell yang umum digunakan adalah tipe strain gauge yang bekerja berdasarkan prinsip perubahan resistansi akibat deformasi mekanis pada elemen sensor. Perubahan resistansi ini kemudian dikonversi menjadi sinyal tegangan melalui rangkaian Wheatstone bridge.

Dalam konteks pemantauan berat hewan laboratorium seperti mencit, sensor Load Cell menjadi komponen utama karena kemampuannya dalam mendeteksi massa dengan tingkat akurasi tinggi pada rentang berat yang kecil. Keakuratan pembacaan sangat krusial mengingat klasifikasi hewan sering kali dibedakan hanya dalam satuan gram. Studi sebelumnya menunjukkan bahwa penggunaan Load Cell dalam sistem klasifikasi dapat mencapai akurasi hingga lebih dari 90% apabila dikalibrasi dengan tepat.

B. Modul HX711 dan Konversi Sinyal

Modul HX711 adalah penguat sinyal sekaligus konverter analog-ke-digital (ADC) beresolusi 24-bit yang dirancang khusus untuk sensor Load Cell berbasis strain gauge. Modul ini bertugas memperkuat sinyal dari sensor yang sangat kecil (dalam skala millivolt) dan mengubahnya menjadi sinyal digital yang dapat diolah oleh mikrokontroler. Kemampuan HX711 dalam memperkuat dan mengkonversi sinyal dengan presisi tinggi menjadikannya pilihan populer dalam berbagai aplikasi penimbangan digital. Dalam proyek ini, HX711 digunakan untuk memastikan bahwa sinyal berat dari sensor dapat terbaca dengan stabil dan akurat oleh sistem pemrosesan lokal berbasis ESP8266.

C. Mikrokontroler ESP8266

ESP8266 adalah mikrokontroler berbasis Wi-Fi yang umum digunakan dalam sistem Internet of Things (IoT). Meskipun dirancang untuk komunikasi nirkabel, dalam proyek ini ESP8266 berfungsi sebagai pusat pengolahan data secara lokal tanpa koneksi ke jaringan luar. Modul ini menerima data digital dari HX711, kemudian menampilkannya secara real-time melalui Serial Monitor. Keunggulan ESP8266 terletak pada efisiensinya dalam menangani komunikasi serial serta kemampuannya untuk diprogram secara fleksibel menggunakan Arduino IDE. Selain itu, ESP8266 juga memungkinkan pengukuran performa sistem seperti delay, akurasi, dan kestabilan pembacaan tanpa memerlukan perangkat tambahan.

D. Parameter Evaluasi Sistem Monitoring Berat

Dalam sistem monitoring lokal, evaluasi performa dilakukan melalui tiga parameter utama: delay, akurasi, dan kestabilan pembacaan. Delay mengacu pada waktu tunda antara perubahan berat pada sensor dan tampilan data di Serial Monitor. Parameter ini penting untuk memastikan sistem mampu merespons perubahan beban secara cepat. Akurasi mengukur sejauh mana nilai berat yang terbaca sesuai dengan nilai referensi atau beban standar. Sedangkan kestabilan pembacaan merujuk pada konsistensi data berat yang terbaca saat kondisi beban tidak berubah, yang seringkali terpengaruh oleh noise atau gangguan lingkungan. Ketiga parameter ini menjadi indikator penting untuk menilai keandalan sistem dalam konteks penggunaan laboratorium.

E. Kalibrasi dan Validasi Data Sensor

Proses kalibrasi dilakukan menggunakan beban standar yang telah diketahui nilainya untuk memastikan pembacaan berat oleh sistem sesuai dengan nilai referensi. Kegiatan ini berperan penting dalam menyetel output sensor dengan kondisi aktual di lapangan. Selain itu, validasi pembacaan digunakan untuk mengevaluasi konsistensi antara data aktual dan hasil pembacaan sensor yang diterima oleh mikrokontroler ESP8266. Dalam implementasinya, kalibrasi sering dikombinasikan dengan teknik peredaman data seperti filter rata-rata atau algoritma berbasis waktu guna mengurangi fluktuasi akibat pergerakan objek maupun interferensi lingkungan.

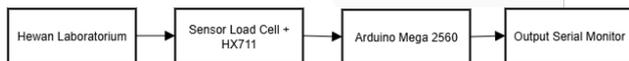
F. Sistem Monitoring Lokal Tanpa Koneksi Cloud

Sistem yang dikembangkan difokuskan pada pemrosesan dan analisis data secara lokal tanpa bergantung pada konektivitas internet atau pengiriman ke server cloud. Data dari sensor langsung ditampilkan melalui Serial Monitor, sehingga memungkinkan proses observasi dan evaluasi performa dilakukan secara instan. Pendekatan ini mempercepat proses debugging, mengurangi ketergantungan jaringan, serta memudahkan analisis performa sensor dalam lingkungan eksperimen laboratorium.

III. METODE

A. Gambaran Sistem Saat Ini

Sistem yang sedang berjalan saat ini dalam proses pemantauan berat hewan laboratorium, seperti tikus putih, masih menggunakan metode pembacaan berat melalui rangkaian yang terdiri dari sensor Load Cell yang terhubung ke modul HX711, kemudian diolah oleh mikrokontroler Arduino Mega 2560, dan hasilnya ditampilkan melalui serial monitor pada komputer [6].



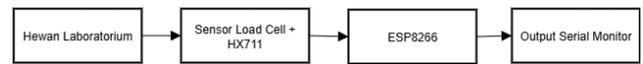
GAMBAR 1

Alur kerja ini dapat dilihat pada blok diagram yang menggambarkan urutan proses dari hewan laboratorium ke sensor Load Cell, dilanjutkan ke modul HX711 sebagai penguat dan konverter sinyal, kemudian ke Arduino Mega 2560 sebagai pemroses utama, hingga akhirnya data ditampilkan melalui serial monitor sebagai keluaran sistem [7]. Sistem ini digunakan oleh peserta kerja/magang untuk membaca dan memantau bobot secara langsung dalam bentuk angka digital yang terbaca melalui perangkat lunak pemrograman.

B. Pengembangan Sistem

Pada tahap pengembangan sistem, digunakan modul ESP8266 sebagai mikrokontroler utama untuk menganalisis performa pembacaan data berat hewan laboratorium. Sistem ini dimulai dari input beban berupa hewan laboratorium yang diletakkan di atas sensor Load Cell. Beban ini diubah menjadi sinyal elektrik yang kemudian diperkuat dan dikonversi menjadi sinyal digital oleh modul HX711. Selanjutnya, data digital dikirim langsung ke ESP8266 untuk diproses dan dianalisis. ESP8266 berfungsi untuk mengevaluasi performa sistem secara lokal, termasuk aspek keterlambatan (delay),

akurasi, dan kestabilan pembacaan data. Hasil akhir dari pembacaan berat ditampilkan melalui Serial Monitor untuk keperluan analisis lebih lanjut. Dengan demikian, ESP8266 dalam sistem ini berperan sebagai pengendali utama sekaligus alat evaluasi performa pembacaan berat secara mandiri..



GAMBAR 2

Blok diagram di atas menggambarkan sistem monitoring berat hewan laboratorium. Beban dari hewan diterima oleh sensor Load Cell, lalu sinyal analog yang dihasilkan diperkuat dan dikonversi menjadi sinyal digital oleh modul HX711. Data digital kemudian dikirim ke ESP8266 yang berfungsi sebagai pusat pemrosesan dan analisis performa sistem. Hasil akhir ditampilkan melalui Serial Monitor untuk evaluasi delay, akurasi, dan kestabilan pembacaan data [8].

C. Kualitas/Kinerja Sistem

Subbab ini membahas analisis performa sistem pembacaan berat menggunakan sensor Load Cell yang terintegrasi dengan modul HX711 dan dikendalikan secara langsung oleh mikrokontroler ESP8266. Sistem dirancang untuk menguji seberapa baik ESP8266 mampu membaca, memproses, dan menampilkan data berat secara lokal melalui Serial Monitor, tanpa koneksi jaringan maupun keterlibatan mikrokontroler lain seperti Arduino Mega.

Dalam konteks ini, ESP8266 difokuskan untuk berperan sebagai pusat kendali utama yang menjalankan keseluruhan proses pengukuran dan evaluasi performa sistem secara mandiri, sekaligus berfungsi sebagai alat pengirim data secara lokal melalui antarmuka serial. Pengujian dilakukan untuk mengevaluasi keterlambatan (delay) pembacaan data, tingkat akurasi terhadap nilai referensi, dan kestabilan data pada kondisi beban tetap maupun saat terjadi perubahan beban ringan.

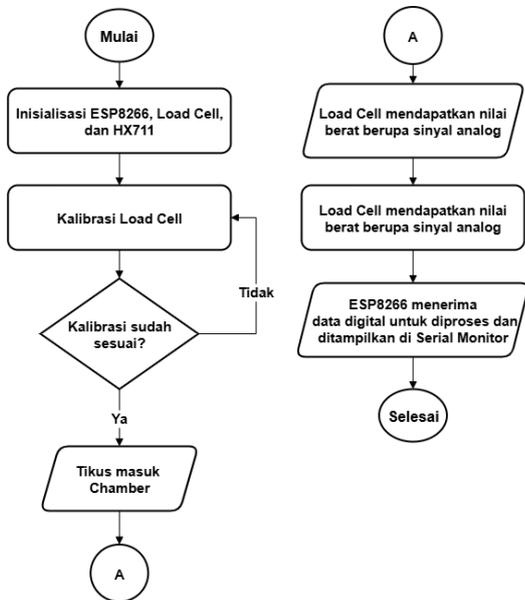
Penggunaan ESP8266 sebagai alat analisis lokal dipilih karena kemampuannya yang efisien dalam menangani pembacaan data digital dari HX711, serta kemudahannya dalam pemrograman dan kompatibilitasnya dengan antarmuka pengembangan seperti Arduino IDE. Sistem ini ditujukan sebagai landasan evaluasi awal sebelum kemungkinan pengembangan ke arah sistem berbasis IoT yang lebih kompleks [9].

Sebagai indikator kualitas sistem, beberapa parameter digunakan untuk mengukur kinerja, di antaranya:

1. Delay pembacaan data diukur dari waktu tunda antara perubahan beban dan data yang muncul di serial monitor.
2. Akurasi pembacaan dibandingkan dengan nilai standar dari beban yang diketahui.
3. Kestabilan pembacaan dianalisis dari fluktuasi data saat beban dalam kondisi tetap selama periode tertentu, untuk melihat konsistensi pembacaan sensor.

Penggunaan ESP8266 dalam sistem pengembangan berfungsi sebagai komponen utama dalam pembacaan dan analisis data dari sensor Load Cell secara langsung dan terintegrasi [10]. Sistem ini tidak hanya melakukan pembacaan berat hewan laboratorium, tetapi juga

memungkinkan analisis yang lebih lanjut terhadap aspek keterlambatan (delay), keakuratan hasil, dan kestabilan data [11]. Penggunaan ESP8266 memberikan kemampuan evaluasi performa sistem secara lokal melalui Serial Monitor, sehingga meningkatkan kualitas, efisiensi, dan keandalan sistem monitoring berat [12]. Dengan demikian, ESP8266 tidak hanya menggantikan fungsi mikrokontroler sebelumnya, tetapi juga memberikan nilai tambah sebagai pusat kendali dan analisis performa sistem secara menyeluruh.



GAMBAR 3

Gambar diatas menunjukkan implementasi sistem monitoring berat hewan laboratorium menggunakan sensor Load Cell, modul HX711, dan mikrokontroler ESP8266 sebagai pusat kendali lokal. Proses dimulai dengan inisialisasi perangkat keras utama, yaitu ESP8266, Load Cell, dan HX711. Setelah inisialisasi, sistem melakukan proses kalibrasi Load Cell untuk memastikan hasil pembacaan berat yang akurat. Jika hasil kalibrasi belum sesuai, sistem akan mengulangi proses kalibrasi hingga mendapatkan nilai yang tepat. Setelah kalibrasi berhasil, hewan uji seperti tikus dimasukkan ke dalam chamber untuk dilakukan proses pengukuran berat.

Pada tahap pengukuran, Load Cell mendeteksi berat tikus dalam bentuk sinyal analog, yang kemudian dikonversi menjadi sinyal digital oleh HX711. Data digital ini diterima oleh ESP8266 melalui komunikasi serial untuk diproses dan ditampilkan melalui Serial Monitor. Hasil pembacaan digunakan untuk analisis performa sistem, mencakup keterlambatan, akurasi, dan kestabilan, sebelum diterapkan lebih lanjut dalam skala laboratorium yang sebenarnya.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Akhir (Luaran)

Hasil akhir dari kegiatan kerja/magang ini adalah sebuah sistem pembacaan berat digital yang dirancang untuk mengukur massa mencit laboratorium secara akurat dan real-time menggunakan sensor Load Cell yang terhubung dengan modul penguat sinyal HX711 dan

dikendalikan sepenuhnya oleh mikrokontroler ESP8266. Sistem ini berfungsi dalam lingkungan lokal, di mana pembacaan berat ditampilkan langsung melalui Serial Monitor tanpa menggunakan konektivitas internet atau media penyimpanan berbasis cloud.

ESP8266 berperan sebagai pusat kendali utama dalam sistem, yang tidak hanya bertugas membaca data dari modul HX711, tetapi juga menjalankan proses pengolahan, kalibrasi, dan evaluasi performa sistem secara menyeluruh. Evaluasi sistem difokuskan pada tiga parameter utama, yaitu keterlambatan (delay) dalam merespons perubahan berat, akurasi pembacaan terhadap nilai referensi manual, serta kestabilan data saat beban dalam kondisi diam maupun ketika mencit aktif bergerak. Ketiga aspek ini menjadi tolok ukur untuk menilai efektivitas sistem dalam kondisi nyata di lingkungan laboratorium.

Melalui pendekatan ini, ESP8266 tidak hanya digunakan sebagai alat pembaca data, tetapi juga menjadi sarana utama untuk menganalisis kualitas performa sistem secara lokal. Data hasil pembacaan ditampilkan secara langsung melalui Serial Monitor dalam bentuk nilai digital, yang kemudian digunakan sebagai bahan evaluasi terhadap keandalan sistem. Proses pengujian dilakukan tanpa keterlibatan jaringan eksternal, sehingga mengurangi potensi gangguan dari koneksi nirkabel dan menjadikan sistem lebih fokus pada kualitas pembacaan sensor.

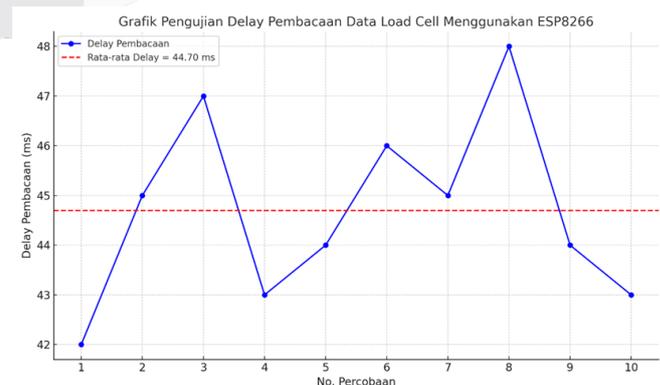
B. Pengujian Luaran

Pengamatan Delay Pembacaan Data dari Load Cell

Pengujian dilakukan dengan beban tetap (20 gram) menggunakan perintah millis () untuk mencatat waktu mulai (startTime) dan saat data terbaca (dataTime) dan pengujian ini bertujuan untuk mengetahui waktu tunda dari proses pembacaan berat oleh Load Cell hingga data muncul di serial monitor melalui ESP8266.

TABEL 1

startTime (ms)	dataTime (ms)	Delay Pembacaan (ms)
1366	1408	42
1760	1805	45
5326	5373	47
6091	6134	43
6290	6334	44
6478	6524	46
6634	6679	45
7165	7213	48
8170	8214	44
9922	9265	43



GAMBAR 4

Bagian ini berisi paparan objektif peneliti terhadap hasil-hasil penelitian berupa penjelasan dan analisis terhadap penemuan-penemuan penelitian, penjelasan serta penafsiran dari data dan hubungan yang diperoleh, serta pembuatan generalisasi dari penemuan. Apabila terdapat hipotesis, maka pada bagian ini juga menjelaskan proses pengujian hipotesis beserta hasilnya.

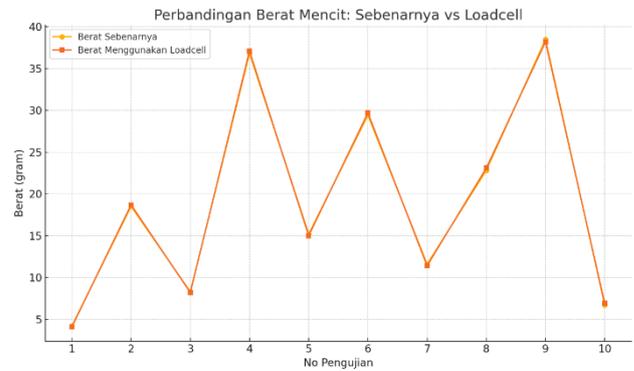
Dari sepuluh kali percobaan pengujian terhadap sistem pembacaan berat berbasis Load Cell yang dikendalikan sepenuhnya oleh ESP8266, diperoleh hasil bahwa rata-rata delay pembacaan berada pada kisaran 44,7 milidetik. Nilai delay tercepat yang tercatat adalah 42 ms, sedangkan nilai tertinggi mencapai 48 ms. Rentang variasi waktu antar percobaan tergolong kecil, yang menunjukkan bahwa sistem memiliki performa pembacaan yang stabil dan konsisten dalam merespons perubahan beban. Berdasarkan hasil tersebut, dapat disimpulkan bahwa ESP8266 mampu menangani proses pembacaan data berat secara cepat dan real-time melalui komunikasi lokal, dengan tingkat keterlambatan yang masih berada dalam batas wajar untuk kebutuhan monitoring di lingkungan laboratorium.

Pengujian Akurasi Sensor Load Cell pada Sistem Penimbangan Mencit

Pengujian dilakukan dengan menggunakan data berat mencit yang divalidasi secara manual (berat sebenarnya) dan dibandingkan dengan hasil pembacaan dari sensor Load Cell menggunakan ESP8266. Setiap sampel mencit memiliki rentang berat berbeda mulai dari sekitar 3 hingga 40 gram. Data hasil pengukuran dari sensor dikirim secara lokal melalui komunikasi serial dan dibandingkan dengan nilai acuan (berat sebenarnya) untuk dianalisis selisihnya. Tujuan dari pengujian ini adalah untuk menilai akurasi dan konsistensi pembacaan sensor Load Cell dalam menimbang mencit serta memastikan bahwa data yang dihasilkan stabil dan layak digunakan dalam sistem monitoring berat hewan laboratorium.

TABEL 2

Berat Mencit Sebenarnya (g)	Berat Mencit menggunakan Load Cell (g)	Rentang berat Load Cell (g)	Rata-Rata (g)	Selisih (g)
4.2	4.1	4.0-4.3	4.15	-0.1
18.5	18.7	18.4-18.9	18.6	+0.2
8.3	8.2	8.1-8.4	8.25	-0.1
36.8	37.1	36.7-37.4	36.95	+0.3
15.2	15.0	14.8-15.3	15.1	-0.2
29.4	29.7	29.2-29.9	29.55	+0.3
11.6	11.4	11.2-11.7	11.5	-0.2
22.8	23.1	22.7-23.4	22.95	+0.3
38.5	38.2	38.0-38.6	38.35	-0.3
6.7	6.9	6.6-7.1	6.8	+0.2



GAMBAR 5

Setelah dilakukan sepuluh kali pengujian terhadap sampel mencit dengan berat yang bervariasi, diperoleh bahwa perbedaan antara berat sebenarnya dan hasil pembacaan Load Cell berada pada rentang selisih kecil, yaitu sekitar ± 0.1 hingga ± 0.3 gram. Rata-rata hasil pembacaan menunjukkan bahwa sensor Load Cell mampu memberikan data yang sangat dekat dengan nilai acuan. Tidak ditemukan penyimpangan besar yang menandakan kesalahan pengukuran atau gangguan pembacaan.

Hasil ini menunjukkan bahwa sistem sensor Load Cell yang digunakan dapat diandalkan dalam mengukur berat mencit secara akurat dan konsisten. Hal ini penting terutama dalam konteks penelitian atau pemantauan hewan laboratorium yang memerlukan ketelitian tinggi. Pengujian ini juga memperlihatkan bahwa tidak terjadi degradasi data selama proses pembacaan, sehingga sistem dapat digunakan untuk aplikasi monitoring berat berbasis mikrokontroler secara presisi.

Pengujian Pengukuran Berat Mencit dengan Sensor dan Pengiriman Data

Pengujian dilakukan terhadap beberapa mencit laboratorium dengan berat yang bervariasi menggunakan sistem akuisisi data berbasis ESP8266. Data yang dikirim merupakan hasil pengukuran berat dari sensor terhadap 10 mencit berbeda, dengan pengiriman dilakukan setiap 10 detik selama 1 menit, sehingga terdapat total 6 kali pengiriman data untuk setiap mencit. Tujuan dari pengujian ini adalah untuk mengevaluasi akurasi dan konsistensi data berat yang dikirim oleh ESP8266, serta memastikan tidak terjadi distorsi, keterlambatan, atau gangguan transmisi selama proses komunikasi data berlangsung secara lokal.

TABEL 3

Berat Mencit Sebenarnya (g)	Rata-rata Pembacaan Berat 10 detik (g)	Data dikirim (g)	Sesuai/Tidak dengan data yang dikirim
22.3	22.22	22.25	100%
18.7	18.7	18.65	83,3%
26.4	26.43	26.43	100%
15.2	15.08	15.15	83,3%
29.1	29.10	28.03	83,3%
12.8	12.8	12.8	100%

24.6	24.6	24.53	83,3%
16.9	16.9	16.9	100%
21.5	21.5	21.55	83,3%
27.8	27.8	27.8	100%

V. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perancangan dan pengujian yang telah dilakukan, sistem monitoring berat mencit laboratorium berbasis sensor Load Cell, modul HX711, dan mikrokontroler ESP8266 berhasil memenuhi seluruh tujuan yang dirumuskan dalam penelitian. Sistem ini mampu menjalankan proses pembacaan, pemrosesan, dan penampilan data berat secara lokal tanpa memerlukan bantuan mikrokontroler tambahan. Performa sistem menunjukkan hasil yang stabil, akurat, dan efisien. Dari sisi akurasi, sistem mampu membaca berat mencit dengan selisih maksimum $\pm 0,3$ gram terhadap bobot referensi setelah melalui proses kalibrasi menggunakan bobot standar. Hal ini menandakan bahwa rumusan masalah pertama mengenai keakuratan pembacaan data telah berhasil dijawab melalui penerapan solusi teknis seperti kalibrasi dan perbaikan jalur komunikasi data.

Selanjutnya, kendala teknis seperti fluktuasi pembacaan dan gangguan sinyal dapat diminimalkan dengan pendekatan pemrograman non-blocking menggunakan fungsi `*millis()*` serta validasi data, yang mampu menjaga kestabilan sistem selama proses pembacaan berlangsung. Dengan demikian, rumusan masalah kedua mengenai pengolahan data oleh ESP8266 telah diselesaikan secara menyeluruh. Selain itu, sistem menunjukkan efisiensi tinggi dalam menampilkan data secara real-time melalui Serial Monitor, dengan rata-rata waktu tunda (delay) pembacaan hanya sebesar 44,7 milidetik. Hal ini membuktikan bahwa ESP8266 mampu bekerja secara mandiri tanpa bantuan dari Arduino Mega, sehingga menjawab rumusan masalah ketiga terkait efisiensi sistem.

Secara keseluruhan, sistem yang telah dikembangkan terbukti layak untuk diterapkan dalam pemantauan berat mencit secara lokal, serta memiliki potensi untuk dikembangkan lebih lanjut dalam konteks integrasi dengan platform Internet of Things (IoT), khususnya dalam aspek tampilan antarmuka dan penyimpanan data berbasis jaringan.

REFERENSI

- [1] A. A. Abu Bakar, Z. Abu Bakar, Z. Mohd Yusoff, M. J. Mohamed Ibrahim, N. A. Mokhtar, and S. N. Zaiton, "IoT-Based Real-Time Water Quality Monitoring and Sensor Calibration for Enhanced Accuracy and Reliability," *International Journal of Interactive Mobile Technologies (iJIM)*, vol. 19, no. 01, pp. 155–170, Jan. 2025, doi: 10.3991/ijim.v19i01.51101.
- [2] M. Guerbaoui *et al.*, "From Data to Decisions: A Smart IoT and Cloud Approach to Environmental Monitoring," *E3S Web of Conferences*, vol. 601, p. 00008, Jan. 2025, doi: 10.1051/e3sconf/202560100008.
- [3] T. Parmar, "Predictive Maintenance in Semiconductor Manufacturing: Leveraging IoT Sensor Data for Equipment Reliability," *INTERNATIONAL JOURNAL OF SCIENTIFIC RESEARCH IN ENGINEERING AND MANAGEMENT*, vol. 09, no. 01, pp. 1–7, Jan. 2025, doi: 10.55041/IJSREM7616.
- [4] N. Noprianto, H. E. Dien, S. E. Sukmana, F. Al Baity, and M. Mentari, "Empowering IoT: leveraging data sensor communication with LoRAWAN in diverse environments," *Acta Polytechnica*, vol. 64, no. 6, pp. 539–549, Jan. 2025, doi: 10.14311/AP.2024.64.0539.
- [5] Y. XIAO *et al.*, "Generation method of non-intrusive load monitoring data based on hybrid model," *Journal of Shenzhen University Science and Engineering*, vol. 42, no. 1, pp. 85–93, Jan. 2025, doi: 10.3724/SP.J.1249.2025.01085.
- [6] Dhadkan Shrestha, Peshal Nepal, Pratik Gautam, and Pradeep Oli, "Real-time animal monitoring system using pulse, temperature, and GPS sensor," *World Journal of Advanced Research and Reviews*, vol. 24, no. 3, pp. 1184–1198, Dec. 2024, doi: 10.30574/wjarr.2024.24.3.3814.
- [7] F. J. Ávila, "An Arduino-Powered Device for the Study of White Perception beyond the Visual Chromatic Critical Flicker Fusion Frequency," *J Imaging*, vol. 10, no. 7, p. 163, Jul. 2024, doi: 10.3390/jimaging10070163.
- [8] Y. Sushma, C. J. Lakshmi, K. Rajesh, V. Hemanth, and V. Sowmyarao, "IoT Based Soil Nutrient Monitoring and Analysis System," in *2024 International Conference on IoT Based Control Networks and Intelligent Systems (ICICNIS)*, IEEE, Dec. 2024, pp. 348–353. doi: 10.1109/ICICNIS64247.2024.10823219.
- [9] Bhoomika C, Ankith I N, Karthik S Kashyap, Karthik, and Dr. Ganesh V N, "A Review on Plant Monitoring System using ESP8266," *International Journal of Advanced Research in Science, Communication and Technology*, pp. 346–352, Dec. 2024, doi: 10.48175/IJARSCT-22850.
- [10] N. Rompho, S. Vinayavekhin, C. Sajjanit, and K. Asatani, "Evolving landscape of performance measurement research: a bibliometric analysis," *Measuring Business Excellence*, vol. 28, no. 3/4, pp. 439–457, Nov. 2024, doi: 10.1108/MBE-12-2023-0197.
- [11] V. K., "Measurement of Force Using Load Cell," *Int J Res Appl Sci Eng Technol*, vol. 12, no. 8, pp. 77–82, Aug. 2024, doi: 10.22214/ijraset.2024.63839.
- [12] Tito Ahmad Fauzan, Rahman Arifuddin, and Resi Dwi Jayanti Kartika Sari, "Sistem Manajemen Baterai Pada Peralatan Catu Daya Di Equipment Room Stasiun Manggarai Dengan Aplikasi Blynk Berbasis Esp8266," *Uranus : Jurnal Ilmiah Teknik Elektro, Sains dan Informatika*, vol. 2, no. 3, pp. 174–195, Jul. 2024, doi: 10.61132/uranus.v2i3.270.

