

# RANCANG BANGUN DAN MONITORING ALAT PENGUKUR BEBAN MUATAN PADA TRUK BERBASIS *INTERNET OF THINGS* MENGGUNAKAN WEMOS D1 R32

Salman Topiq<sup>1</sup>, Fahri Andriansyah Sudrajat<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Program Studi Informatika, Adhirajasa Reswara Sanjaya University

Antapani, Jl. Terusan Sekolah No.1-2, Cicaheum, Kec. Kiaracondong, Kota Bandung, Jawa Barat 40282

<sup>1</sup> [salman@ars.ac.id](mailto:salman@ars.ac.id) , <sup>2</sup> [fahri.andriansyah24@gmail.com](mailto:fahri.andriansyah24@gmail.com)

## Abstract

The application of *Internet of Things (IoT)* technology in truck load weighing systems can significantly enhance time efficiency and data accuracy. The developed system utilizes the Wemos D1 R32 microcontroller, a load cell sensor to measure load weight, RFID for vehicle identification, and a servo motor and buzzer for automatic control. Weighing data is transmitted in real time to Google Spreadsheet, enabling remote digital monitoring. The development process follows the ADDIE model, encompassing analysis, design, development, implementation, and evaluation stages. Testing results show that the system operates automatically with an average response time of 1.46 seconds for RFID reading, 2.09 seconds for load measurement, and 2.73 seconds for data transmission to the cloud. The system can also make decisions based on weight thresholds, opening the portal if the load is acceptable and closing it with a warning when overload is detected. This system offers an efficient, responsive, and integrated solution for truck load measurement, supporting improved accuracy and transparency in logistics operations.

**Keywords:** *Internet of Things, Load Cell, RFID, Wemos D1 R32, Google Spreadsheet, Automated Monitoring*

## Abstrak

Pemanfaatan teknologi *Internet of Things (IoT)* dalam proses penimbangan muatan truk dapat meningkatkan efisiensi waktu dan akurasi data. Sistem yang dikembangkan menggunakan mikrokontroler Wemos D1 R32, sensor *load cell* untuk membaca berat muatan, RFID untuk identifikasi kendaraan, serta motor servo dan *buzzer* sebagai sistem kontrol otomatis. Data hasil penimbangan dikirim secara *real-time* ke *Google Spreadsheet*, memungkinkan monitoring jarak jauh secara digital. Metode pengembangan yang digunakan adalah model *ADDIE*, melalui tahapan analisis, perancangan, pengembangan, implementasi, dan evaluasi sistem. Hasil pengujian menunjukkan sistem bekerja secara otomatis dengan waktu rata-rata 1,46 detik untuk pembacaan RFID, 2,09 detik untuk pembacaan berat, dan 2,73 detik untuk pengiriman data ke cloud. Sistem juga mampu mengambil keputusan berdasarkan ambang batas muatan, membuka portal secara otomatis jika berat sesuai, dan menutup portal serta memberikan peringatan saat terjadi overload. Sistem ini memberikan solusi efisien, responsif, dan terintegrasi dalam proses penimbangan muatan truk, serta mendukung peningkatan akurasi dan transparansi dalam distribusi logistik.

**Kata Kunci:** *Internet of Things, Load Cell, RFID, Wemos D1 R32, Google Spreadsheet, Monitoring Otomatis*

### 1. PENDAHULUAN

Sistem transportasi memiliki peranan yang sangat penting dalam mendukung pertumbuhan ekonomi, terutama dalam mempermudah mobilitas barang antar wilayah. Dalam sektor industri, alat timbang atau *scale* menjadi salah satu perangkat utama yang digunakan untuk memperoleh hasil penimbangan yang akurat, yang menjadi dasar dalam perhitungan kuantitas secara komersial [1]. Seiring dengan perkembangan teknologi,

pemanfaatan alat timbang berbasis *Internet of Things (IoT)* semakin populer karena dapat meningkatkan efisiensi waktu dan kepraktisan. Hal ini sangat relevan pada proses penimbangan muatan truk yang hanya memerlukan waktu 10 hingga 20 detik, jauh lebih cepat dibandingkan metode manual yang memerlukan waktu lebih lama serta melibatkan banyak tenaga kerja untuk mengangkat dan menimbang barang satu per satu. Efisiensi ini secara langsung berkontribusi pada

pengurangan biaya operasional dalam sektor transportasi dan logistik [2].

Penelitian yang dilakukan oleh Abie Sianipar dan rekan-rekannya pada tahun 2020 menggunakan sensor *Load Cell* untuk mengukur berat muatan truk, namun sistem yang dikembangkan masih menampilkan hasil pengukuran secara sederhana melalui layar LCD, tanpa adanya integrasi lebih lanjut ke dalam sistem digital atau jaringan berbasis IoT [3]. Hal ini menunjukkan adanya keterbatasan dalam mengoptimalkan penggunaan teknologi dalam sistem penimbangan. Selain itu, penelitian lain yang mengembangkan alat pengukur muatan truk menggunakan sensor strain gauge serta sistem tilang otomatis pada jembatan timbang juga belum mencakup pemanfaatan sistem yang lebih terintegrasi, meskipun sudah menghubungkan sistem ke internet menggunakan *NodeMCU ESP8266* [4]. Sistem ini, meskipun dapat mengirimkan hasil pengukuran secara daring, masih terbatas pada tampilan yang sederhana dan tidak dilengkapi dengan penyimpanan data otomatis atau pengawasan secara *real-time* [5].

Berdasarkan pembahasan tersebut, dapat disimpulkan bahwa meskipun penggunaan teknologi seperti sensor *Load Cell*, mikrokontroler, dan perangkat IoT seperti *NodeMCU ESP8266* telah menunjukkan potensi dalam meningkatkan efisiensi dan akurasi dalam penimbangan, masih terdapat kekurangan dalam integrasi dan pengelolaan data yang lebih efisien. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk merancang sistem penimbangan muatan truk yang lebih terintegrasi, dengan menggabungkan penimbangan otomatis, penyimpanan data ke *Google Sheet*, dan identifikasi kendaraan menggunakan teknologi RFID dalam satu perangkat yang praktis dan aplikatif. Penelitian ini diharapkan dapat menjadi solusi inovatif untuk meningkatkan efisiensi, akurasi, dan transparansi dalam proses penimbangan muatan truk, serta memberikan kontribusi terhadap kemajuan teknologi dalam sektor transportasi dan logistik.

Berdasarkan permasalahan yang telah diuraikan penulis ingin memberi solusi dengan judul "**Rancang Bangun dan Monitoring Alat Pengukur Beban Muatan Pada Truk Berbasis Internet of Things (IoT) Menggunakan Wemos D1 R32**" dipilih sebagai fokus dalam penelitian ini.

## 2. TINJAUAN PUSTAKA DAN TEORI

Keaslian studi ini dapat diperkuat melalui penelusuran sub-penelitian yang telah diungkap dalam studi sebelumnya. Oleh karena itu, diperlukan tinjauan yang cermat terhadap penelitian-penelitian sebelumnya untuk mengambil referensi dan membandingkan baik dari segi teori maupun metodologi. Meskipun terdapat beberapa kesamaan, namun terdapat juga variasi di antara penelitian-penelitian sebelumnya terkait dengan desain Perancangan dan monitoring alat pengukur beban muatan pada truk yang telah digunakan, sebagai berikut:

Penelitian yang dilakukan oleh [6] penelitian ini membuat sistem menggunakan sumber cahaya berupa dioda laser, serat optik tipe FD-620-10, fotodetektor OPT101, mikrokontroler *Arduino Uno* sebagai pemroses data, buzzer sebagai indikator peringatan, serta LCD untuk menampilkan hasil pengukuran. Sensor serat optik berfungsi mengukur beban kendaraan berdasarkan perubahan tegangan keluaran dari OPT101, yang kemudian ditransmisikan melalui modul *Transceiver nRF24L01+*. Karakterisasi sensor dilakukan dengan memvariasikan jumlah gerigi pada bending untuk melihat pengaruhnya terhadap tegangan output sensor. Hasil optimal diperoleh pada konfigurasi lima gerigi dengan tegangan keluaran sebesar 1,121 V. Sensor mampu mendeteksi beban maksimum hingga 6400 kg dengan tegangan keluaran minimum sebesar 0,215 V. Jarak maksimal transmisi data oleh modul nRF24L01+ adalah 450 meter tanpa penghalang dan 230 meter jika terdapat penghalang. Akurasi alat dibandingkan dengan jembatan timbang menunjukkan rata-rata kesalahan pengukuran sebesar 9,2%.

Penelitian yang dilakukan oleh [7] penelitian ini membuat sistem menggunakan mikrokontroler ESP32 sebagai unit pengendali utama yang mengatur seluruh komponen. Sensor berat (*load cell*) digunakan untuk mendeteksi bobot muatan, di mana sinyal analog dari sensor tersebut dikonversi menjadi data digital melalui modul HX711. Hasil pengukuran kemudian dikirim oleh ESP32 untuk ditampilkan pada layar LCD (*Liquid Crystal Display*), sekaligus dikirim ke website milik pabrik kelapa sawit sebagai sistem monitoring. Selain itu, sistem juga dilengkapi dengan *motor servo* yang berfungsi sebagai penggerak palang dalam sistem antrian truk bermuatan kelapa sawit, sehingga dapat mendukung proses operasional dan

mempermudah pengelolaan antara perusahaan dan supplier.

Penelitian yang dilakukan oleh [8] penelitian ini membuat sistem menggunakan NodeMCU sebagai mikrokontroler, yang dilengkapi dengan berbagai sensor, seperti sensor *loadcell* dan kamera, untuk mencegah pencurian dan kelebihan muatan. Ketika pencurian terjadi, kamera akan secara otomatis mengambil gambar pencuri secara *real-time*, dan jika muatan truk melebihi kapasitas yang diizinkan, sensor *loadcell* akan mendeteksi dan mengirimkan notifikasi secara langsung. Kedua notifikasi tersebut akan dikirimkan ke aplikasi Telegram sebagai output, sehingga sistem ini dapat dikategorikan sebagai sistem berbasis IoT. Diharapkan dengan adanya sistem ini, pencurian dan kelebihan muatan pada truk dapat diminimalisir di masa depan.

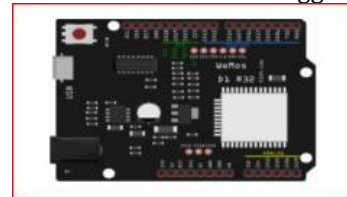
Penelitian yang dilakukan oleh [9] penelitian ini membuat sistem menggunakan RFID sebagai alat pengumpul data. Alat ini akan mempermudah perusahaan dalam mengontrol muatan yang akan dikirim, sehingga dapat mengurangi risiko kelebihan muatan. Metode penelitian ini dilakukan dengan pengujian pada objek berupa kotak untuk mengukur volume dan berat muatan. Cara kerja prototipe ini adalah sensor ultrasonik yang mengukur panjang, lebar, dan tinggi untuk menentukan volume muatan, sensor *loadcell* untuk mengukur berat muatan truk, serta sensor RFID untuk mendeteksi kartu identitas pengemudi truk. Data yang diperoleh kemudian diolah oleh mikrokontroler ESP82266 dan dikirimkan serta disimpan di aplikasi *Google Sheets*. Hasil pengukuran sensor *loadcell* menunjukkan tingkat ketepatan sebesar 87,4% untuk pengukuran berat, sementara sensor SRF04 memiliki tingkat ketepatan sebesar 98,5%.

Penelitian yang dilakukan oleh [10] penelitian ini bertujuan untuk mengetahui berat muatan kayu pada kendaraan milik perusahaan Starindo Prima dengan cara menimbang kendaraan menggunakan sensor *loadcell*. Hasil pengukuran dari timbangan tersebut kemudian dikirim ke website, sehingga perusahaan dapat memantau data timbangan secara *real-time* melalui penerapan teknologi *Internet of Things* (IoT).

### 2.1. Wemos D1 R32

ESP32 merupakan mikrokontroler yang dikembangkan oleh perusahaan Espressif Systems yang berbasis di Shanghai, Tiongkok, dengan proses produksi microchip menggunakan teknologi 40nm oleh TSMC. Mikrokontroler ini merupakan generasi

penerus dari ESP8266, yang hadir dengan peningkatan performa pada inti CPU dan konektivitas WiFi yang lebih cepat, jumlah GPIO (*General Purpose Input Output*) yang lebih banyak, serta mendukung fitur dual-mode *Bluetooth Low Energy* (BLE). Salah satu varian dari seri ESP32 adalah *Wemos D1 R32*, yang memiliki dimensi fisik sebesar 70 x 55 x 13 mm (2,7 x 2,1 x 0,5 inci). Mikrokontroler ini bekerja pada tegangan 3,3V DC, namun dapat menerima tegangan masukan antara 5V hingga 12V [11].



Gambar 1. Wemos D1 R32

### 2.2. Load Cell HX711

*Load cell* merupakan komponen yang digunakan dalam timbangan digital untuk mengukur massa suatu benda. Dalam penelitian ini, penulis menggunakan *load cell* dengan kapasitas maksimum sebesar 5 kg. Prinsip kerja sensor ini adalah dengan memberikan beban pada permukaannya, sehingga elemen logam di dalam *load cell* mengalami deformasi elastis. Regangan yang terjadi akibat beban tersebut kemudian diubah menjadi sinyal listrik oleh strain gauge. Berikut adalah tampilan dari sensor *load cell* [12].



Gambar 2. Load Cell

### 2.3. Radio Frequency Identification (RFID)

*Radio Frequency Identification* (RFID) adalah teknologi identifikasi otomatis yang menggunakan gelombang radio untuk membaca dan menulis data pada sebuah perangkat yang disebut *tag* RFID tanpa memerlukan kontak fisik langsung antara perangkat pembaca (*reader*) dan objek yang diidentifikasi. RFID terdiri dari tiga komponen utama, yaitu *tag* (*transponder*), *reader* (*transceiver*), dan sistem pengolahan data. *Tag* RFID mengandung antena dan chip mikro yang menyimpan informasi identitas yang dapat dipancarkan ketika berada dalam jangkauan gelombang radio dari *reader*. Teknologi ini

bekerja pada berbagai frekuensi, antara lain *Low Frequency* (LF), *High Frequency* (HF), dan *Ultra High Frequency* (UHF), dengan jangkauan baca dan kecepatan transmisi data yang bervariasi tergantung pada jenis dan konfigurasi sistem [13].

Dalam aplikasinya, RFID digunakan secara luas dalam berbagai bidang, seperti logistik, manajemen rantai pasok, sistem pembayaran elektronik, pelacakan hewan, serta keamanan dan kontrol akses. Keunggulan utama dari RFID dibandingkan teknologi identifikasi lainnya, seperti *barcode*, terletak pada kemampuannya untuk membaca data tanpa hambatan visual dan kemampuan membaca banyak *tag* secara simultan (*bulk reading*). Selain itu, RFID juga dapat menyimpan lebih banyak data dan memiliki daya tahan yang lebih tinggi terhadap kondisi lingkungan yang ekstrem. Namun, tantangan dalam implementasi RFID mencakup biaya perangkat, isu privasi dan keamanan data, serta interferensi sinyal, yang perlu dipertimbangkan dalam perancangan dan penerapannya secara luas [14].



Gambar 3. RFID

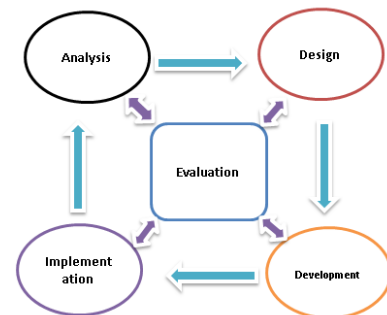
#### 2.4 Arduino IDE

Arduino IDE merupakan singkatan dari *Integrated Development Environment*, yaitu sebuah perangkat lunak yang digunakan untuk melakukan pengembangan. Disebut sebagai lingkungan pengembangan karena melalui software ini, perangkat seperti Arduino dan mikrokontroler lainnya dapat diprogram agar menjalankan fungsi-fungsi tertanam menggunakan sintaks pemrograman. Bahasa pemrograman yang digunakan oleh Arduino menyerupai bahasa C [15]. NodeMCU memiliki bootloader yang sama seperti Arduino, yang berfungsi sebagai compiler sehingga memungkinkan pembuatan dan pengunggahan program ke NodeMCU secara kompatibel.

### 3. METODOLOGI PENELITIAN

Metode yang diterapkan dalam penelitian ini adalah model ADDIE (*Analysis, Design, Development, Implementation, Evaluation*) [16]. Model ini telah terbukti efektif

dalam perancangan dan monitoring alat pengukur beban muatan pada truk berbasis *Internet of Things* (IoT) Menggunakan Wemos D1 R32.



Gambar 4. Tahapan Penelitian

#### 3.1. Analysis ( Analisis )

Tahap analisis merupakan langkah awal yang melibatkan pengkajian menyeluruh terhadap rencana penelitian yang akan dilaksanakan. Pada tahap ini ditetapkan tujuan dari penelitian, yaitu merancang dan membangun alat pengukur beban muatan pada truk berbasis *Internet of Things* (IoT). Selain itu, dilakukan identifikasi kebutuhan pengguna terhadap sistem yang dapat melakukan penimbangan secara otomatis, menyimpan data secara digital, dan meminimalkan kesalahan pencatatan. Metode penelitian yang digunakan disesuaikan dengan pendekatan pengembangan sistem berbasis teknologi, dan objek pengujian dalam penelitian ini difokuskan pada proses penimbangan muatan truk secara *real-time* dan terintegrasi.

#### 3.2. Design ( Desain )

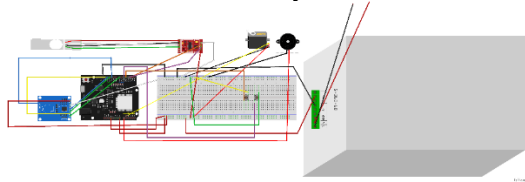
Tahap Perancangan merupakan proses penting dalam pengembangan sistem, yang mencakup perancangan fisik dan logika kerja alat secara keseluruhan. Pada tahap ini, dirancang sistem rangkaian elektronik dengan mempertimbangkan integrasi antara komponen utama seperti Wemos D1 R32, *load cell* (dengan modul HX711), modul RFID, motor servo, *buzzer*, serta komponen pendukung lainnya.

Selain perancangan perangkat keras, tahap ini juga mencakup perancangan antarmuka pengguna berbasis cloud, yaitu *Google Spreadsheet*, yang berfungsi sebagai media monitoring data berat kendaraan secara *real-time*. Sistem dirancang agar mampu mengirimkan data secara otomatis setelah proses penimbangan selesai dilakukan.

Berikut ini ditampilkan diagram garis perangkaian alat pada Gambar 2, yang



menggambarkan hubungan antar komponen dalam sistem secara menyeluruh.



Gambar 5. Diagram Garis Perangkaian Alat

### 3.3. Development ( Pengembangan )

Pada tahap Pengembangan, dilakukan tiga langkah utama yang berperan penting dalam membentuk sistem pengukur beban muatan truk berbasis IoT. Langkah pertama adalah pembuatan perangkat keras, yang mencakup perancangan dan perakitan komponen fisik sistem. Komponen utama yang digunakan antara lain Wemos D1 R32 sebagai mikrokontroler, sensor *load cell* beserta modul HX711 sebagai penguat sinyal, modul RFID untuk identifikasi kendaraan, motor servo sebagai aktuator mekanik, dan *buzzer* sebagai indikator suara. Seluruh komponen dirakit dengan memperhatikan efisiensi rangkaian dan kestabilan kerja sistem secara keseluruhan.

Langkah kedua adalah pengembangan perangkat lunak. Pemrograman mikrokontroler dilakukan menggunakan *Arduino IDE* dengan bahasa pemrograman *C++*, yang memungkinkan Wemos D1 R32 untuk membaca data dari sensor, mengendalikan aktuator, serta mengirim data ke *Google Spreadsheet* melalui koneksi WiFi. Pada tahap ini, juga dilakukan integrasi dengan layanan *Google Apps Script* untuk mengatur format dan penyimpanan data secara otomatis di *Spreadsheet*.

Langkah ketiga adalah pengujian awal (*initial testing*), yang dilakukan untuk memverifikasi fungsionalitas dasar dari seluruh sistem. Pengujian ini mencakup kemampuan sistem dalam melakukan identifikasi kendaraan menggunakan RFID, pengukuran beban menggunakan sensor *load cell*, kontrol aktuator melalui motor servo dan *buzzer*, serta pengiriman data secara otomatis dan *real-time* ke *Google Spreadsheet*. Pengujian ini bertujuan untuk memastikan bahwa komunikasi antar komponen dan antara perangkat dengan layanan *cloud* berjalan dengan baik, serta sistem dapat beroperasi secara efektif dan aplikatif dalam satu perangkat terpadu.

Dengan demikian, tahap pengembangan ini menjadi langkah krusial dalam memastikan sistem dapat bekerja secara optimal sebagai

alat pengendali dan pemantau beban muatan truk berbasis *Internet of Things* (IoT).

### 3.4. Implementation ( Implementasi )

Langkah implementasi dalam pengembangan sistem pengukur dan pemantauan beban muatan truk berbasis *Internet of Things* (IoT) menggunakan Wemos D1 R32 merupakan tahapan penting dalam merealisasikan sistem yang telah dirancang. Pada tahap ini, dilakukan penggabungan antara perangkat keras dan perangkat lunak yang sebelumnya telah dikembangkan.

Wemos D1 R32 sebagai mikrokontroler utama diintegrasikan dengan berbagai komponen seperti *load cell* untuk pengukuran berat, modul RFID untuk identifikasi kendaraan, motor servo untuk kontrol mekanik, dan *buzzer* sebagai indikator suara. Sistem ini kemudian dikonfigurasi agar dapat terhubung dengan jaringan WiFi untuk mengirimkan data ke *Google Spreadsheet* secara otomatis dan *real-time*.

Proses implementasi dimulai ketika sebuah kendaraan berhenti di atas platform penimbangan. Pengemudi akan menempelkan kartu RFID pada *reader*, dan sistem akan mengenali identitas kendaraan. Jika identitas valid, sistem akan mengaktifkan *load cell* untuk mengukur berat kendaraan. Hasil pembacaan berat kemudian diproses oleh mikrokontroler dan dikirim ke *Google Spreadsheet* untuk didokumentasikan secara digital. Jika muatan melebihi batas tertentu, *buzzer* akan berbunyi sebagai peringatan, dan motor servo akan menahan akses kendaraan sebagai kontrol otomatis.

Setelah tahap pengujian awal dan perancangan selesai, perangkat kemudian dipasang pada area penimbangan truk yang telah ditentukan. *Load cell* diletakkan di bawah platform penimbangan untuk mendapatkan data beban secara akurat. RFID reader diposisikan pada area yang mudah dijangkau pengemudi. Perangkat akan aktif dan mulai bekerja begitu sistem dihubungkan ke daya dan jaringan WiFi.

Dengan implementasi ini, pengguna atau operator dapat memantau data beban truk secara langsung melalui *Google Spreadsheet* tanpa harus mencatat secara manual. Hal ini tidak hanya meningkatkan efisiensi waktu, tetapi juga mengurangi potensi kesalahan manusia dalam pencatatan data. Seluruh sistem dirancang untuk berjalan secara otomatis, dengan sedikit intervensi dari pengguna, menjadikan alat ini praktis dan efisien dalam

mendukung pengawasan distribusi dan keamanan muatan kendaraan berat.

### 3.5. Evaluation (Evaluasi)

Tahap Evaluasi dalam model ADDIE merupakan fase krusial dalam pengembangan sistem pengukur beban muatan truk berbasis *Internet of Things* (IoT). Pada tahap ini, ditetapkan sejumlah kriteria evaluasi untuk mengukur performa sistem, meliputi keakuratan pembacaan berat oleh sensor *load cell*, keandalan sistem identifikasi kendaraan melalui RFID, serta kestabilan dan kecepatan pengiriman data ke *Google Spreadsheet*. Data yang diperoleh selama proses pengujian sistem dikumpulkan secara *real-time*, mencakup hasil pengukuran berat, waktu respon sistem, serta keakuratan data yang terekam di *spreadsheet*.

Evaluasi dilakukan secara menyeluruh untuk memastikan bahwa semua komponen sistem berfungsi sesuai dengan spesifikasi. Hal ini termasuk pengujian respons motor servo dalam memberikan kontrol akses fisik terhadap kendaraan, serta *buzzer* sebagai indikator peringatan ketika muatan melebihi batas yang telah ditentukan. Jika ditemukan ketidaksesuaian atau gangguan dalam sistem, maka dilakukan identifikasi penyebab dan penyesuaian ulang pada perangkat keras maupun perangkat lunak.

Tahap evaluasi ini juga mencakup analisis terhadap hasil pengujian lapangan, di mana sistem diterapkan secara langsung untuk menimbang kendaraan dalam kondisi nyata. Umpan balik dari pengguna dan operator juga dikumpulkan guna menilai kemudahan penggunaan serta keandalan sistem dalam praktik. Hasil evaluasi ini menjadi dasar penting untuk pengembangan sistem lebih lanjut, baik dalam bentuk peningkatan akurasi, efisiensi pengolahan data, maupun penyesuaian antarmuka monitoring berbasis *cloud*. Dengan demikian, tahap ini memastikan bahwa sistem bekerja secara optimal dan mampu memenuhi kebutuhan pengguna dalam memantau serta mengendalikan beban muatan kendaraan secara efektif dan efisien.

### 3.6. Pengumpulan Data

Alat dan bahan yang digunakan dalam perancangan dan monitoring alat pengukur beban muatan pada truk berbasis IoT adalah sebagai berikut :

TABEL I. ALAT YANG DIGUNAKAN

No	Nama Alat	Jumlah
1	Laptop	1 pcs

2	Bor	1 pcs
3	Obeng	1 pcs
4	Gunting	1 pcs

TABEL II. BAHAN YANG DIGUNAKAN

No	Nama Bahan	Jumlah
1	Wemos D1 R32	1 pcs
2	Loadcell HX711	1 pcs
3	Power Supply 5V/5A	1 pcs
4	RFID	1 pcs
5	Motor servo	1 pcs
6	Buzzer	2 pcs
7	Kabel Jumper	20 pcs
8	Papan	2 pcs
9	Stop Kontak	1 pcs
10	Kabel Micro USB	1 pcs
11	Bredboard	1 pcs
12	Push Button	1 pcs
13	LCD I2C	1 pcs

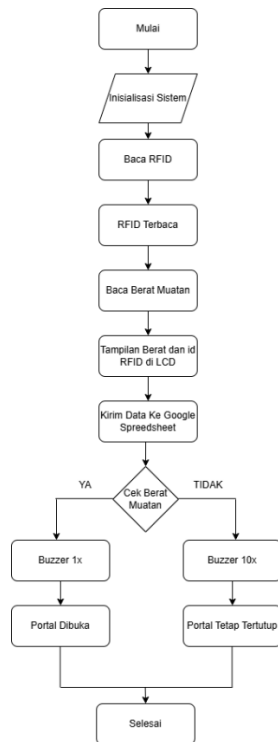
Sistem pengukur beban muatan truk berbasis *Internet of Things* (IoT) ini menggunakan berbagai komponen elektronik yang saling terintegrasi untuk mendukung proses kerja otomatis dalam penimbangan dan pencatatan data. Mikrokontroler yang digunakan adalah Wemos D1 R32, yang berperan sebagai pusat kendali sistem. Setelah alat diaktifkan, Wemos D1 R32 akan secara otomatis mencari jaringan WiFi yang telah dikonfigurasi sebelumnya. Jika berhasil terhubung, perangkat ini akan mengelola seluruh proses mulai dari membaca data sensor hingga mengirimkan hasil ke *Google Spreadsheet* secara *real-time*.

Sensor utama dalam sistem ini adalah *load cell* yang dikombinasikan dengan modul HX711 untuk membaca beban atau berat muatan yang diletakkan di atas alat. HX711 berfungsi mengubah sinyal analog dari load cell menjadi sinyal digital agar dapat diproses oleh mikrokontroler. Selain itu, sistem juga dilengkapi dengan modul RFID yang berfungsi untuk membaca identitas kendaraan menggunakan tag RFID. Ketika RFID dikenali, sistem akan memulai proses penimbangan dan mencatat ID kendaraan bersamaan dengan berat muatan ke dalam spreadsheet.

Untuk kontrol fisik, digunakan motor servo sebagai aktuator pembuka atau pengatur posisi kendaraan berdasarkan hasil penimbangan, serta buzzer sebagai penanda jika terjadi kondisi tertentu, seperti melebihi batas berat maksimum. Sistem ini juga dilengkapi dengan power supply 5V/5A sebagai

sumber daya utama, memastikan seluruh komponen mendapatkan suplai tegangan yang stabil. Untuk menyambungkan komponen, digunakan kabel jumper, sedangkan papan berfungsi sebagai dasar rangkaian dan tempat penimbangan. Selain itu, terdapat stop kontak sebagai bagian dari pengujian simulasi sistem kelistrikan tambahan, serta kabel micro USB untuk pemrograman dan suplai daya alternatif.

Seluruh komponen dirakit dan diprogram untuk bekerja secara otomatis dengan prinsip kerja yang efisien dan praktis. Setelah sistem aktif dan kendaraan dikenali melalui RFID, proses penimbangan akan berjalan otomatis, dan hasilnya langsung tersimpan secara digital di spreadsheet. Dengan sistem ini, proses pengukuran beban muatan truk menjadi lebih cepat, akurat, dan terdokumentasi dengan baik tanpa perlu pencatatan manual.



Gambar 6. Flowchart Sistem Kerja

Flowchart pada Gambar 3 menggambarkan alur kerja sistem otomatisasi pengecekan muatan kendaraan yang menggunakan teknologi RFID dan sensor berat serta terintegrasi dengan pencatatan data ke *Google Spreadsheet*. Proses dimulai ketika sistem diaktifkan dan melakukan inisialisasi terhadap seluruh komponen perangkat keras dan lunak, seperti pembaca RFID, sensor berat (*load cell*), modul LCD, serta koneksi internet untuk mengakses *Google Spreadsheet*. Setelah

sistem berhasil melakukan inisialisasi, langkah berikutnya adalah proses pembacaan RFID yang ditempel pada kendaraan. RFID ini berfungsi sebagai identitas unik untuk masing-masing kendaraan yang akan melalui sistem pengecekan.

Apabila RFID berhasil terbaca, sistem akan melanjutkan ke tahap pembacaan berat muatan kendaraan menggunakan sensor berat. Hasil pembacaan berupa nilai berat muatan dan ID RFID kendaraan kemudian ditampilkan pada layar LCD sebagai informasi bagi operator atau pengguna. Selanjutnya, data tersebut secara otomatis dikirim dan disimpan ke dalam *Google Spreadsheet* sebagai bagian dari proses pencatatan dan monitoring data kendaraan yang melintas.

Setelah data berhasil dikirim, sistem akan melakukan verifikasi terhadap berat muatan kendaraan dengan cara memeriksa apakah berat tersebut sesuai dengan batas yang telah ditentukan. Jika berat kendaraan dinyatakan sesuai, buzzer akan aktif satu kali sebagai tanda bahwa kendaraan diizinkan untuk melintas, dan portal akan terbuka secara otomatis. Sebaliknya, jika berat kendaraan melebihi batas yang telah ditetapkan, buzzer akan berbunyi sepuluh kali sebagai peringatan, dan portal tetap tertutup. Setelah seluruh proses selesai, sistem akan kembali ke kondisi awal dan siap untuk memproses kendaraan selanjutnya.

#### 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini bertujuan untuk merancang sistem penimbangan muatan truk berbasis *Internet of Things* (IoT) yang mengintegrasikan berbagai komponen seperti RFID, sensor *load cell*, buzzer, motor servo sebagai portal otomatis, serta pengiriman data ke *Google Spreadsheet*. Sistem dirancang untuk bekerja secara otomatis dimulai dari proses pemindaian RFID oleh kendaraan yang masuk. Ketika RFID discan, buzzer akan berbunyi sebanyak dua kali sebagai notifikasi awal bahwa kendaraan telah teridentifikasi. Setelah itu, sistem secara otomatis mengukur berat muatan menggunakan sensor *load cell*, kemudian hasilnya ditampilkan pada layar LCD dan dikirim ke *Google Spreadsheet* untuk keperluan pencatatan dan monitoring berbasis cloud.

Logika pengambilan keputusan dalam sistem ini didasarkan pada ambang batas berat yang telah ditentukan sesuai dengan jenis kendaraan. Jika berat muatan berada di bawah batas maksimal yang diperbolehkan, buzzer

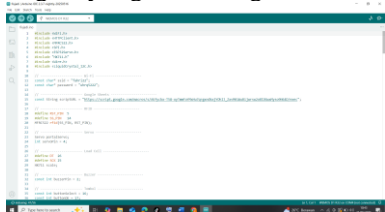
akan berbunyi satu kali dan portal otomatis akan terbuka sebagai tanda bahwa kendaraan dapat melanjutkan perjalanan. Sebaliknya, jika berat muatan melebihi batas yang telah ditentukan, *buzzer* akan berbunyi sebanyak sepuluh kali sebagai tanda peringatan, dan portal akan tetap tertutup untuk mencegah kendaraan dengan muatan berlebih melintas. Sistem ini secara keseluruhan dirancang untuk memberikan solusi otomatis, efisien, dan terintegrasi untuk memantau beban kendaraan dalam waktu nyata.

Desain awal instalasi sistem kontrol ini berupa gambar simulasi yang mewakili rancangan sistem pengukuran berat muatan pada truk, pemasangan sistem otomatis ini tidak memerlukan instalasi yang terpisah, melainkan hanya mengubah instalasi rangkaian dasar yang sudah ada pada gambar 8.

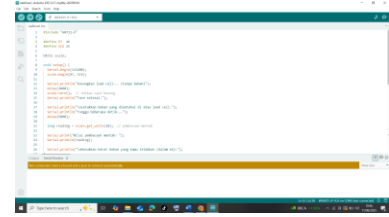


Gambar 7. Rangkaian Alat

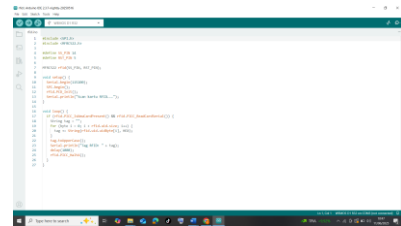
Setelah semua komponen dirakit, pada gambar 9, 10, dan 11 dilakukan proses pemrograman dan kalibrasi. Load cell dikalibrasi menggunakan beban standar untuk meningkatkan akurasi pembacaan berat. Sistem RFID diatur agar hanya mengenali kartu tertentu sesuai dengan jenis kendaraan yang telah didaftarkan. Motor servo juga disesuaikan agar dapat membuka dan menutup portal dengan tepat waktu. Setelah itu dilakukan pengujian bertahap mulai dari membaca RFID, menimbang muatan, hingga pengiriman data dan aksi otomatis. Dari seluruh proses pengembangan, diperoleh sistem yang mampu berjalan stabil dan memberikan keluaran sesuai logika yang dirancang.



Gambar 8. Proses Pemrograman Keseluruhan



Gambar 9. Proses Pemograman Kalibrasi Load Cell



Gambar 10. Proses Pemograman Pembacaan Unik ID RFID

Setelah semua alat siap, kemudian pada gambar 11 tahap implementasi, yaitu berupa penggabungan dan pengujian awal untuk perangkat yang telah di design sebelumnya. Berikut gambar rangkaian yang sudah dibuat.



Gambar 11. Rangkaian Utuh

Hasil dari perancangan sistem pengukur beban muatan truk berbasis *Internet of Things* (IoT) ini bekerja dengan logika pemrograman yang telah dibuat sebelumnya menggunakan bahasa pemrograman C++ melalui aplikasi *Arduino IDE*. Logika pemrograman yang diterapkan pada alat ini mencakup sistem pembacaan RFID sebagai identifikasi kendaraan, pembacaan berat muatan melalui sensor load cell yang terhubung dengan modul *HX711*, serta sistem pengambilan keputusan otomatis berdasarkan batas berat yang telah ditentukan sesuai jenis kendaraan.

Sistem ini juga mengontrol *buzzer* sebagai penanda kondisi awal dan status muatan, serta motor servo yang berfungsi membuka atau menutup portal secara otomatis. Data hasil penimbangan tidak hanya ditampilkan pada layar LCD, tetapi juga dikirimkan ke *Google Spreadsheet* melalui



koneksi internet menggunakan fitur *HTTP Request*. Keseluruhan sistem dirancang untuk berjalan secara otomatis dan real-time, mulai dari proses identifikasi kendaraan, pembacaan berat, hingga pengambilan keputusan yang dikendalikan penuh oleh mikrokontroler Wemos D1 R32.

Evaluasi dilakukan untuk mengetahui efektivitas dan efisiensi sistem dalam praktik nyata. Berdasarkan hasil pengujian, sistem mampu bekerja sesuai dengan alur yang telah dirancang, yaitu kendaraan melakukan scan RFID, *buzzer* berbunyi dua kali sebagai notifikasi awal, kemudian sistem menimbang beban dan menampilkan hasil ke LCD serta mengirimkannya ke *Google Sheets*. Respons terhadap beban berjalan baik; sistem secara akurat membedakan kondisi "aman" dan "overload" berdasarkan batas berat yang ditentukan sesuai jenis kendaraan. *Buzzer* memberikan sinyal sesuai ketentuan dan portal terbuka hanya jika muatan masih dalam batas aman. Sistem juga dinilai *user-friendly* karena dapat dioperasikan oleh pengguna tanpa memerlukan keahlian teknis. Rincian hasil pengujian respon RFID dan bunyi awal dapat dilihat pada Tabel III.

TABEL III. PENGUJIAN RESPON RFID DAN BUNYI BUZZER

No	RFID Terbaca	Buzzer bunyi 2x	Waktu Respon (detik)
1	Ya	Ya	1.52
2	Ya	Ya	1.41
3	Ya	Ya	1.48
4	Ya	Ya	1.50
5	Ya	Ya	1.47
6	Ya	Ya	1.44
7	Ya	Ya	1.49
8	Ya	Ya	1.46
9	Ya	Ya	1.45
10	Ya	Ya	1.43
<b>Rata-rata</b>		<b>1.46</b>	

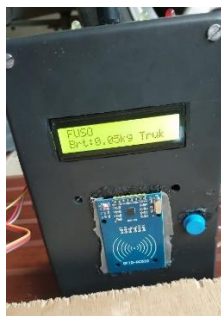


Gambar 12. Hasil RFID Terbaca

Pengujian pertama dilakukan sebanyak 10 kali untuk mengevaluasi waktu respon sistem terhadap pembacaan RFID dan bunyi *buzzer* sebagai tanda identifikasi kendaraan. Tujuan dari pengujian ini adalah untuk mengukur kecepatan sistem dalam mengenali kendaraan dan memberi notifikasi awal. Hasil pengujian menunjukkan bahwa waktu rata-rata respon sistem terhadap RFID dan *buzzer* adalah 1,46 detik. Rincian pengujian pembacaan berat muatan dan tampilan dapat dilihat pada Tabel IV.

TABEL IV. PENGUJIAN PEMBACAAN BERAT MUATAN

No	Jenis Mobil	Berat Terbaca	Tampilan LCD	Terkirim ke Spreads heet	Waktu Tampilan (detik)
1	Truk	1240	Ya	Ya	2.15
2	Pick Up	450	Ya	Ya	2.00
3	Mobil Pribadi	230	Ya	Ya	1.90
4	Truk	980	Ya	Ya	2.25
5	Pick Up	510	Ya	Ya	2.10
6	Truk	1120	Ya	Ya	2.40
7	Mobil Pribadi	260	Ya	Ya	1.85
8	Pick Up	480	Ya	Ya	2.05
9	Truk	1000	Ya	Ya	2.20
10	Mobil Pribadi	245	Ya	Ya	1.95
<b>Rata-rata</b>				<b>2.09</b>	



Gambar 13. Pembacaan Berat Muatan

Pengujian kedua dilakukan untuk mengevaluasi kemampuan sistem dalam membaca berat muatan kendaraan dan menampilkannya di LCD serta mengirimkannya ke *Google Spreadsheet*. Pengujian dilakukan sebanyak 10 kali terhadap berbagai jenis kendaraan. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem memiliki waktu rata-rata 2,09 detik untuk menampilkan dan mengirim data berat muatan secara akurat. Rincian pengujian logika *overload* dan portal otomatis dapat dilihat pada Tabel V.

TABEL V. PENGUJIAN LOGIKA DAN PORTAL OTOMATIS

No	Jenis Kendaraan	Berat Muatan	Batas Berat	Status Buzzer	Portal Terbuka	Keterangan
1	Truk	1240g	1000g	10x Bip	Tidak	Overload
2	Truk	980g	1000g	1x Bip	Ya	Aman
3	Pick Up	600g	500g	10x Bip	Tidak	Overload
4	Pick Up	480g	500g	1x Bip	Ya	Aman
5	Mobil Pribadi	230g	250g	1x Bip	Ya	Aman

No	Jenis Kendaraan	Berat Muatan	Batas Berat	Status Buzzer	Portal Terbuka	Keterangan
6	Mobil Pribadi	280g	250g	10x Bip	Tidak	Overload
7	Truk	1120g	1000g	10x Bip	Tidak	Overload
8	Pick Up	495g	500g	1x Bip	Ya	Aman
9	Truk	1000g	1000g	1x Bip	Ya	Aman
10	Mobil Pribadi	245g	250g	1x Bip	Ya	Aman



Gambar 14. Pembacaan Overload Berat Muatan

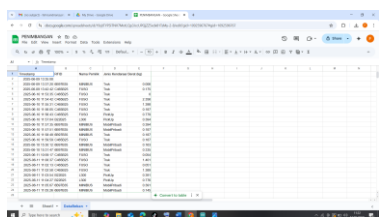


Gambar 15. Pembacaan Berat Muatan Aman

Pengujian ketiga dilakukan sebanyak 10 kali untuk menguji keakuratan sistem dalam membedakan kondisi muatan kendaraan, apakah aman atau *overload*. Setiap pengujian melibatkan perbandingan antara berat aktual kendaraan dan ambang batas jenis kendaraan yang telah ditentukan. Hasil menunjukkan bahwa sistem mampu memberikan respon *buzzer* dan kontrol portal secara tepat berdasarkan status beban, dengan akurasi yang konsisten untuk semua jenis kendaraan. Rincian pengujian pengiriman data ke *Google Sheets* dapat dilihat pada Tabel VI.

TABEL VI. PENGUJIAN PENGIRIMAN DATA KE GOOGLE SHEET

No	Berat Muatan (gram)	Data Terkirim	Waktu Pengiriman (detik)	Keterangan
1	1240	Ya	2.95	Sukses
2	450	Ya	2.70	Sukses
3	230	Ya	2.55	Sukses
4	980	Ya	2.90	Sukses
5	510	Ya	2.75	Sukses
6	1120	Ya	2.85	Sukses
7	260	Ya	2.50	Sukses
8	480	Ya	2.60	Sukses
9	1000	Ya	2.80	Sukses
10	245	Ya	2.65	Sukses
<b>Rata-rata</b>			<b>2.73</b>	



Gambar 16. Hasil Data Terkirim Ke Google Sheet

Pengujian keempat dilakukan sebanyak 10 kali untuk mengevaluasi kemampuan sistem dalam mengirimkan data berat muatan ke *Google Spreadsheet* secara otomatis. Pengujian ini penting untuk memastikan integrasi IoT berfungsi dengan baik. Hasil menunjukkan bahwa seluruh data berhasil terkirim tanpa gangguan, dengan rata-rata waktu pengiriman sebesar 2,73 detik. Rangkuman hasil rata-rata waktu respon keseluruhan disajikan pada Tabel VII.

TABEL VII. RATA - RATA WAKTU RESPON SISTEM

No	Jenis Pengujian	Rata-rata Waktu (detik)
1	Waktu respon RFID & buzzer awal	1.46
2	Waktu tampil berat di LCD	2.09
3	Waktu pengiriman ke Spreadsheet	2.73
4	Waktu aktivasi portal	1.20
5	Waktu keseluruhan sistem	2.37

Berdasarkan hasil beberapa pengujian. Nilai rata-rata diperoleh dari masing-masing tahapan mulai dari identifikasi RFID hingga aktivasi portal. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem memiliki waktu respon keseluruhan sebesar 2,37 detik, yang menandakan bahwa sistem mampu bekerja secara cepat dan efisien.

Jika dibandingkan dengan beberapa penelitian sebelumnya, sistem yang dikembangkan dalam penelitian ini memiliki beberapa keunggulan signifikan. Penelitian oleh Sianipar [3] dan Saragi [7] hanya menampilkan data penimbangan melalui LCD tanpa adanya integrasi penyimpanan berbasis cloud, sehingga monitoring masih bersifat lokal dan manual. Sementara itu, sistem pada penelitian ini menggabungkan teknologi RFID, load cell, mikrokontroler Wemos D1 R32, serta layanan cloud (*Google Spreadsheet*) dalam satu perangkat yang bekerja secara otomatis dan real-time. Selain itu, penelitian oleh Kampai [6] menggunakan sensor serat optik dan transmisi data nRF24L01+ namun dengan tingkat kesalahan pengukuran 9,2% dan tanpa fitur kontrol portal otomatis. Sistem dalam penelitian ini tidak hanya memberikan akurasi yang stabil, tetapi juga dilengkapi dengan mekanisme pengambilan keputusan otomatis yang mengontrol portal dan peringatan buzzer berdasarkan ambang batas berat kendaraan, menjadikannya lebih responsif dan aplikatif untuk implementasi di lapangan.

Selama proses implementasi sistem, beberapa kendala teknis ditemukan dan harus diselesaikan melalui pengujian dan kalibrasi berulang. Salah satu kendala utama adalah kestabilan koneksi internet yang

mempengaruhi kecepatan pengiriman data ke Google Spreadsheet, terutama ketika sinyal WiFi tidak stabil. Selain itu, proses kalibrasi sensor load cell memerlukan ketelitian tinggi karena perbedaan kecil pada nilai beban dapat menyebabkan kesalahan pembacaan. Pengaturan motor servo juga menjadi tantangan tersendiri, karena perangkat ini memiliki keterbatasan torsi untuk menggerakkan portal pada kondisi beban yang lebih berat, sehingga penyesuaian mekanik diperlukan. Terakhir, pembacaan RFID terkadang gagal jika kartu terlalu cepat ditempelkan atau berada di luar jangkauan ideal, yang mengharuskan pengguna untuk melakukan penempelan ulang. Kendala-kendala ini menjadi bagian penting dari evaluasi sistem untuk peningkatan lebih lanjut ke depan.

## 5. Kesimpulan dan Saran

Berdasarkan hasil perancangan, implementasi, dan pengujian sistem pengukur beban muatan truk berbasis *Internet of Things* (IoT) dengan menggunakan Wemos D1 R32, diperoleh bahwa sistem ini mampu menggantikan metode manual dengan proses otomatis yang lebih cepat dan efisien, ditandai dengan rata-rata waktu respon sebesar 2,37 detik sejak identifikasi hingga aktivasi portal. Sistem ini berhasil mengintegrasikan sensor load cell dan RFID dengan mikrokontroler yang terhubung ke internet, memungkinkan data pengukuran dikirim dan tersimpan secara otomatis di *Google Spreadsheet*. Dengan demikian, pihak terkait dapat memantau data penimbangan secara real-time dan dari jarak jauh. Teknologi RFID yang digunakan juga mendukung pencatatan identitas kendaraan secara otomatis, sehingga meningkatkan akurasi dalam pengawasan distribusi muatan. Secara keseluruhan, sistem ini mampu menggabungkan seluruh proses mulai dari identifikasi kendaraan, penimbangan, penyimpanan data, hingga pengambilan keputusan dalam satu perangkat terintegrasi yang mudah dioperasikan.

Penelitian ini memiliki potensi untuk dikembangkan lebih lanjut guna meningkatkan performa dan cakupan alat, dengan mempertimbangkan beberapa saran pengembangan. Pertama, disarankan penggunaan sensor load cell dengan kapasitas dan sensitivitas yang lebih tinggi agar pembacaan berat lebih akurat, terutama untuk kendaraan bermuatan besar. Kedua, pemilihan motor servo bertenaga lebih besar atau

penggantian dengan aktuator listrik hidrolik atau mekanik yang lebih kuat perlu dipertimbangkan agar sistem portal lebih sesuai untuk implementasi skala nyata. Ketiga, penambahan fitur validasi keamanan RFID, seperti identifikasi ID pengemudi atau integrasi dengan database kendaraan, penting untuk mencegah akses tidak sah. Keempat, pengembangan antarmuka monitoring berbasis dashboard web atau aplikasi mobile dapat menjadi pelengkap yang lebih interaktif dan informatif dibandingkan hanya menggunakan *Google Spreadsheet*. Terakhir, untuk mendukung operasional di lokasi dengan keterbatasan pasokan listrik, integrasi sistem dengan sumber energi alternatif seperti panel surya sangat dianjurkan guna meningkatkan efisiensi dan keberlanjutan alat di lapangan.

## 6. UCAPAN TERIMAKASIH

Segala puji dan syukur penulis panjatkan atas selesainya penelitian ini. Terima kasih sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah memberikan dukungan, baik secara moral, intelektual, maupun material selama proses penyusunan hingga selesainya karya ini. Semua bantuan, semangat, dan doa yang diberikan sangat berarti dalam setiap langkah yang ditempuh.

Penulis menyadari bahwa pencapaian ini tidak lepas dari bantuan banyak pihak, baik yang terlibat secara langsung maupun tidak langsung. Semoga segala kebaikan yang diberikan menjadi amal yang bermanfaat. Penulis juga berharap karya ini dapat memberikan kontribusi positif dan menjadi referensi yang berguna bagi pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi ke depannya.

## Daftar Pustaka

- [1] N. P. D. Arwini and I. M. Juniastra, "Peran Transportasi Dalam Dunia Industri," *Jurnal Ilmiah Vastuwidya*, vol. 6, no. 1, pp. 70–77, 2023.
- [2] B. M. F. Sihombing and A. B. Primawan, "Sistem Monitoring Berat Muatan Truk Berbasis IoT (Internet of Things)," in *Prosiding Seminar Nasional Teknik Elektro UIN Sunan Gunung Djati Bandung*, 2022, pp. 140–150.
- [3] A. Sianipar, "Analisis Distribusi Beban pada Kendaraan Angkutan Barang Sesuai dengan Konfigurasi Axle," *Warta Penelitian Perhubungan*, vol. 32, no. 1, pp. 11–20, 2020.
- [4] S. F. Arianti, A. Silaen, A. Sitinjak, and C. Sitompul, "Rancang Bangun Alat



- Pengukur Berat Muatan Truk dengan Strain gauge,” *Jurnal Nasional Teknik Informatika dan Elektro (JURNALTIO)*, vol. 2, no. 01, pp. 24–29, 2021.
- [5] A. Wisaksono, Y. Purwanti, N. Ariyanti, and M. Masruchin, “Design of Monitoring and Control of Energy Use in Multi-storey Buildings based on IoT,” *JEEE-U (Journal of Electrical and Electronic Engineering-UMSIDA)*, vol. 4, no. 2, pp. 128–135, 2020.
- [6] G. Kampai and H. Harmadi, “Rancang Bangun Alat Pendeteksi Kelebihan Beban Kendaraan Menggunakan Sensor Serat Optik dan Transceiver nRF24L01+,” *Jurnal Fisika Unand*, vol. 9, no. 1, pp. 1–8, 2020.
- [7] M. A. Saragi and W. Sutrisno, “Rancang Bangun Sistem Penimbangan Muatan Truk pada Pabrik Kelapa Sawit Berbasis IoT,” *Teknologi Rekayasa Jaringan Telekomunikasi*, vol. 2, no. 2, pp. 39–47, 2022.
- [8] M. A. Syahputra, “Rancang Bangun Monitoring Keamanan dan Berat Muatan pada Truk Berbasis IoT,” 2023.
- [9] A. R. Yunanto, A. Wisaksono, and I. Anshory, “Prototype Alat Monitoring Mengukur Volume dan Berat Muatan pada Truk Berbasis IoT,” in *Prosiding Seminar Nasional Teknik Elektro, Sistem Informasi, dan Teknik Informatika (SNESTIK)*, 2023, pp. 387–392.
- [10] A. R. Parapat, “Rancang Bangun Alat Timbang Mobil Bermuatan Kayu Berbasis Node Mcu Terhubung Ke Iot,” *Jurnal Sistem Komputer Triguna Dharma (JURSIK TGD)*, vol. 3, no. 1, pp. 39–46, 2024.
- [11] M. A. Satryawan and E. Susanti, “Perancangan Alat Pendeteksi Kualitas Udara Dengan IoT (Internet of Things) Menggunakan Wemos Esp32 D1 R32,” *Sigma Teknika*, vol. 6, no. 2, pp. 410–419, 2023.
- [12] D. Y. Widagdo, “Sistem pencatatan hasil timbangan menggunakan sensor load cell melalui database berbasis arduino uno,” *Journal of Telecommunication Network (Jurnal Jaringan Telekomunikasi)*, vol. 10, no. 1, pp. 13–19, 2020.
- [13] G. Casella, B. Bigliardi, and E. Bottani, “The evolution of RFID technology in the logistics field: a review,” *Procedia Comput Sci*, vol. 200, pp. 1582–1592, 2022.
- [14] K.-K. Duan and S.-Y. Cao, “Emerging RFID technology in structural engineering—A review,” in *Structures*, Elsevier, 2020, pp. 2404–2414.
- [15] A. B. P. Manullang, Y. Saragih, and R. Hidayat, “Implementasi Nodemcu Esp8266 Dalam Rancang Bangun Sistem Keamanan Sepeda Motor Berbasis Iot,” *Jurnal Informatika dan Rekayasa Elektronik*, vol. 4, no. 2, pp. 163–170, 2021.
- [16] M. Safitri and M. R. Aziz, “ADDIE, sebuah model untuk pengembangan multimedia learning,” *Jurnal Pendidikan Dasar*, vol. 3, no. 2, pp. 51–59, 2022.