

BAB 2

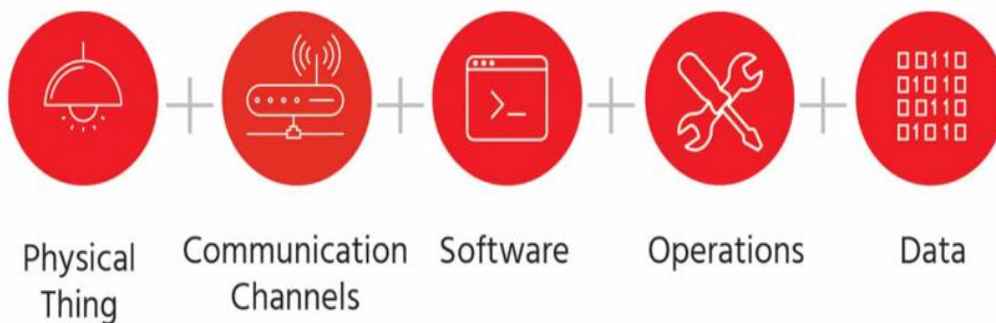
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Landasan Teori

Subbab ini menjelaskan mengenai landasan teori dan konsep dasar yang digunakan dalam perancangan dan pembuatan sistem timbangan otomatis berbasis *Internet of Things* (IoT).

2.1.1 *Internet of Things* (IoT)

Internet of Things merupakan sebuah jaringan antar perangkat yang tersambung dan dapat digunakan untuk mendukung komunikasi antar perangkat (Megawati, 2021). Secara sederhana IoT dapat dipahami melalui sebuah konsep dimana terhubungnya seluruh perangkat satu sama lain melalui internet. IoT merupakan jaringan komunikasi antar perangkat untuk bertukar informasi satu sama lain (Genadiarto et al., 2017). Seperti yang dijelaskan pada gambar 2.1.



Gambar 2. 1 Sistem *Internet of Things* (IoT)
Sumber : (Turyadi, 2021)

2.1.2 ESP-32

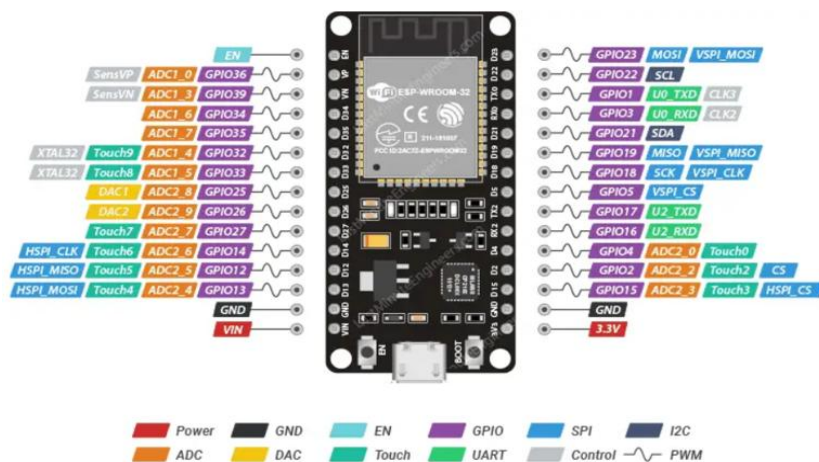
ESP-32 terintegrasi dengan sakelar antena internal, penguat daya, penguat penerima *low noise, filter*, dan modul manajemen daya. ESP-32 mampu berfungsi secara andal di lingkungan industri, dengan suhu pengoperasian mulai dari -40°C hingga 85°C . Didesain untuk perangkat seluler, perangkat elektronik yang dapat dikenakan, dan aplikasi IoT. ESP-32 memiliki konsumsi daya sangat rendah melalui fitur hemat daya dengan penskalaan daya dinamis. Spesifikasi lengkap dari

ESP-32 dilampirkan dalam Tabel 2.1 (Espressif.com).

Tabel 2. 1 Spesifikasi ESP-32

No	Atribut	Detail
1	Prosesor	Dual-core 32-bit, hingga 240 MHz
2	Memori	520 KB SRAM, Hingga 16 MB Flash
3	GPIO	Hingga 34 pin GPIO
4	Wi-Fi	802.11 b/g/n
5	Bluetooth	v4.2 BR/EDR, BLE
6	ADC/DAC	12-bit ADC, 2 kanal 8-bit DAC
7	Tegangan Kerja	3.3 Volt
8	Kecepatan Clock	Hingga 240 MHz
9	Mode Daya	Deep Sleep, Light Sleep, aktif
10	Suhu Kerja	-40°C hingga 85°C

Pada Tabel 2.1 menunjukkan bahwa mikrokontroler ESP-32 memiliki antarmuka yang lengkap dan Wi-Fi internal. Dengan fitur-fitur ini ESP-32 cocok digunakan untuk alat peraga dan pelatihan Internet of Things (IoT). Output dari pin ESP-32 ditunjukkan pada Gambar 2.2

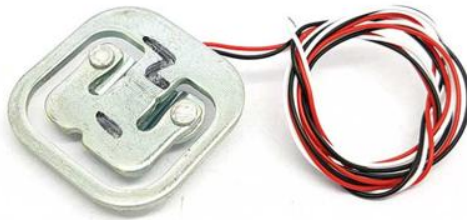


Gambar 2. 2 Pin Out pada ESP-32

Sumber : (<https://lastminuteengineers.com/esp32-pinout-reference/>)

2.1.3 Sensor Load Cell

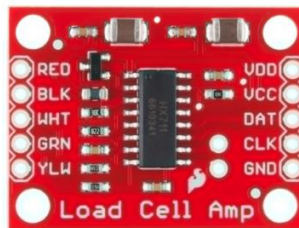
Sensor *load cell* merupakan perangkat *transducer* yang memiliki fungsi untuk mengubah berat atau massa dari sebuah benda menjadi sinyal listrik sehingga menyebabkan perubahan resistansi yang terjadi dalam strain gauge element yang ada dalam sensor *load cell*. Sensor *load cell* juga memiliki prinsip kerja menggunakan *wheatstone bridge* (Nuryanto, 2015).



Gambar 2. 3 Sensor *Load Cell Half Bridge* 50Kg
Sumber : (Maulia Fanny et al., 2020)

2.1.4 Module HX-711

Load cell merupakan *transducer* elektromekanik yang mengkonversi gaya mekanik menjadi sinyal listrik. Prinsip kerjanya didasarkan pada perubahan resistansi suatu bahan akibat deformasi elastis ketika diberi beban. Perubahan resistansi ini dideteksi oleh *strain gauge* yang terpasang pada elemen elastis *load cell*. Sinyal listrik analog yang dihasilkan kemudian dikonversi menjadi data digital oleh *analog-to-digital converter* (ADC) oleh *module* HX711 untuk selanjutnya diproses oleh mikrokontroler. Akurasi pengukuran *load cell* sangat dipengaruhi oleh desain elemen elastis, jenis *strain gauge*, serta karakteristik ADC yang digunakan. Penerapan *load cell* sangat luas, mulai dari industri otomotif, farmasi, hingga penelitian ilmiah, terutama dalam aplikasi yang memerlukan pengukuran gaya dengan presisi tinggi (kitomaindonesia.com, 2022).



Gambar 2. 4 *Module* HX-711
Sumber : (<https://elmwoodelectronics.ca/products/13879>)

2.1.5 Liquid Crystal Display (LCD) 16x2

Liquid Crystal Display (LCD) adalah suatu jenis media tampil yang menggunakan kristal cair sebagai penampil utama. LCD sudah digunakan diberbagai bidang misalnya alal–alat elektronik seperti televisi, kalkulator, atau pun layar komputer. LCD yang diaplikasikan ialah LCD *dot matrix* dengan jumlah karakter 2 x 16, LCD juga berfungsi sebagai penampil yang nantinya akan digunakan untuk menampilkan status kerja alat (Suprianto, 2015).

Fitur – Fitur LCD 16 x 2 adalah:

- a. Mempunyai 192 karakter tersimpan.
- b. Dilengkapi back light.
- c. Dapat diamati dengan mode 4-bit dan 8-bit.
- d. Terdiri dari 16 karakter dengan 2 baris.



Gambar 2. 5 LCD 16 X 2

Sumber : (<https://mr-leong.com/cara-mengetahui-alamat-lcd-serta-i2c-dengan-arduino/>)

2.1.6 Module I2C (Inter – Integrated Circuit)

Inter – Integrated Circuit (I2C) adalah standar komunikasi serial dua arah menggunakan dua saluran yang didesain khusus untuk pengontrolan IC. Sistem I2C terdiri dari saluran SCL (*Serial Clock*) dan SDA (*Serial Data*) yang membawa informasi data antara I2C dengan pengontrolnya. Piranti yang dihubungkan dengan sistem I2C Bus dapat dioperasikan sebagai *Master* dan *Slave*. *Master* adalah perangkat yang memulai transfer data pada I2C Bus dengan membentuk sinyal *Start*, mengakhiri transfer data dengan membentuk sinyal *Stop*, dan membangkitkan sinyal *clock*. *Slave* adalah perangkat pendukung yang dilakukan oleh unit pemrosesan utama (*master*) dan hanya merespons komunikasi berdasarkan *request* dari *master* (Eko, 2014).

Fitur utama I2C adalah sebagai berikut:

1. Hanya melibatkan 2 kabel yaitu *serial data line* (SDA) dan *serial clock line* (SCL).
2. Setiap IC yang terhubung dalam I2C memiliki alamat masing-masing yang dapat diatur secara Software dengan *master/slave protocol* yang sederhana, dan mampu mengakomodasikan *multi master*.
3. I2C merupakan *serial* bus dengan orientasi data 8 bit, komunikasi 2 arah, dengan kecepatan transmisi data sampai 100Kb/s pada mode standar dan 3,4 Mb/s pada mode kecepatan tinggi.



Gambar 2. 6 Module I2C

Sumber : (<https://www.makercreativo.com/store/producto/adaptador-lcd-i2c/>)

2.1.7 Arduino UNO R3

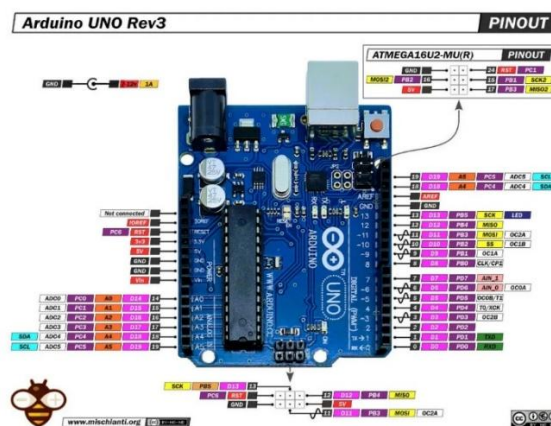
Arduino UNO R3 adalah sebuah mikrokontroler yang berbasis Atmega 328P yang dapat diprogram melalui Arduino IDE melalui IC CH340 yang digunakan sebagai jembatan penghubung antara komputer dan mikrokontroler (Handoko, 2021). Adapun Spesifikasi dari Arduino UNO R3 dijelaskan pada tabel 2.2.

Tabel 2. 2 Spesifikasi Arduino UNO R3

No	Atribut	Detail
1	Prosesor	Atmega 328P 16MHz
2	Memori	2KB SRAM, 32KB Flash
3	GPIO	14 Digital Pin, 6 Analog Pin
4	Tegangan Kerja	5 Volt
5	Kecepatan Clock	Hingga 16 MHz

No	Atribut	Detail
6	Suhu Kerja	-40°C hingga 85°C

Pada Tabel 2.2 menunjukkan bahwa mikrokontroller Arduino UNO R3 memiliki antarmuka dengan GPIO yang lengkap. Dengan fitur-fitur ini Arduino UNO R3 cocok digunakan untuk alat peraga sistem kontrol. Output dari pin Arduino UNO R3 ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. 7 Pinout dari Arduino UNO R3

Sumber : (<https://mischianti.org/arduino-uno-rev-3-high-resolution-pinout-datasheet-and-specs/>)

2.1.8 Module Step Down LM-2596

Module step down LM-2596 adalah konverter DC to DC yang menurunkan tegangan dari *input* 3.2V hingga 46V yang dapat diturunkan dari range 1.25V hingga 35V. *Output* dari *module step down* ini dapat diatur melalui potentiometer yang terdapat pada *module step down* LM2596 (Rahmawati et al., 2021).



Gambar 2. 8 Module Step Down LM2596

Sumber : (<https://jogjarobotika.com/dc-dc-converter/638-lm2596-adjustable-dc-dc-step-down-module.html>)

2.1.9 Push Button

Push button switch adalah sakelar yang menggunakan dua terminal (*input* dan *output*). Hubungan antar-terminal terjadi melalui kontak internal yang menutup rangkaian sewaktu tombol ditekan. Secara umum, sakelar ini berada dalam kondisi terbuka atau mati (*OFF*). Saat ditekan, komponen ini akan menghubungkan rangkaian antar-terminalnya secara sesaat sehingga arus listrik dapat mengalir untuk mengaktifkan beban, seperti LED atau *motor* kecil. Begitu tombol dilepas, mekanisme pegas di dalamnya akan mengembalikan sakelar ke posisi semula (*OFF*) (Kenaida Electric, 2021).



Gambar 2. 9 Push Button Momentary

Sumber : (<https://no.rs-online.com/web/p/push-button-switches/9131706>)

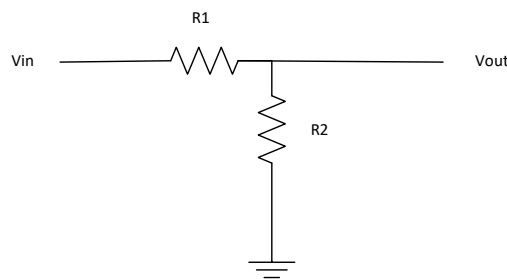
2.1.10 Rangkaian Pembagi Tegangan (Voltage Divider Circuit)

Rangkaian pembagi tegangan (*voltage divider*) merupakan konfigurasi elektronika linier yang berfungsi untuk menurunkan level tegangan input menuju nilai output yang lebih rendah secara proporsional sesuai dengan nilai hambatan yang digunakan (Giyantara et al., 2022). Pada penelitian ini, rangkaian *voltage divider* digunakan sebagai *logic level shifter* pada jalur komunikasi *serial* UART, tepatnya dari pin TX *Secondary Controller* (Arduino Uno - 5V) menuju pin RX *Primary Controller* (ESP32 - 3.3V). Untuk menghitung nilai tegangan output rangkaian *voltage divider* dapat dihitung melalui persamaan berikut :

$$V_{out} = V_{in} \times \frac{R_2}{R_1 + R_2} \quad (2.1)$$

Keterangan :

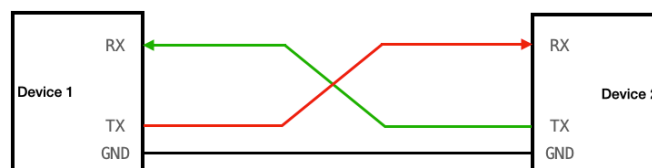
- a. V_{out} = Tegangan output yang diinginkan untuk masuk ke RX ESP32 (3.3V).
- b. V_{in} = Tegangan input sinyal data dari TX Arduino (5V).
- c. R_1 = Resistor pertama yang terhubung ke sumber tegangan input.
- d. R_2 = Resistor kedua yang terhubung ke *ground*.



Gambar 2. 10 Rangkaian *Voltage Divider*

2.1.11 Serial Universal Asynchronous Receiver – Transmitter (UART)

UART (*Universal Asynchronous Receiver Transmitter*) adalah metode komunikasi serial yang memungkinkan dua komponen perangkat yang berbeda untuk berinteraksi satu sama lain tanpa *clock*. UART sebagian besar digunakan dalam keamanan IoT (*IoT security*) dan aplikasi *embedded device* serta perangkat IoT (Sigit Prakosa Adhi Nugraha et al., 2024).



Gambar 2. 11 Komunikasi *Serial* UART

Sumber : (<https://www.seeedstudio.com/blog/2022/09/08/uart-communication-protocol-and-how-it-works/>)

2.2 Penelitian Terdahulu

Dalam proyek akhir ini, penulis memberikan pemaparan beberapa penelitian terdahulu yang berkaitan dengan beberapa permasalahan yang akan diteliti tentang efisiensi dan akurasi pada timbangan digital yang menggunakan mikrokontroler ESP32. Penelitian terdahulu penulis jadikan sebagai referensi dalam mengerjakan proyek akhir ini.

Penelitian pertama oleh (Dhanneswara Yoga & Farida, 2020) dengan judul “Sistem Pencatatan Hasil Timbangan Menggunakan Sensor *Load Cell* Melalui Database Berbasis Arduino UNO”. Penulis memaparkan bahwa sensor *load cell* merupakan bagian utama dari sistem timbangan digital yang bekerja dengan cara mengukur resistansi *strain gauge* yang dipengaruhi oleh beban pada inti besinya. Untuk memvalidasi hal tersebut, menurut penulis pengaplikasian sensor *load cell* pada timbangan digital merupakan pilihan yang baik.

Penelitian kedua oleh (Indani et al., 2022) dengan judul “Timbangan Digital Buah Kelapa Sawit Berbasis *Internet of Things* (IoT)”. Penulis memaparkan bahwa perancangan timbangan digital buah kelapa sawit dapat memudahkan pemilik lahan sawit dalam mengetahui dan memonitoring data berat penimbangan buah kelapa sawit miliknya dari jarak jauh dengan *Internet of Things*. Peneliti menggunakan sensor *load cell* untuk memperoleh data berat buah sawit hingga beban 200kg.

Penelitian ketiga oleh (Hakim et al., 2024a) dengan judul “Pemanfaatan Timbangan Digital dan Sistem Informasi Status Gizi Anak untuk Pendeteksian Stunting di Puskesmas Kabat”. Penulis memaparkan bahwa peneliti memodifikasi timbangan digital biasa menjadi timbangan yang dapat mengirimkan hasilnya ke *database website* dan mengklasifikasikan anak yang ditimbang apakah terdeteksi *stunting* atau tidak.

Penelitian keempat oleh (Dwiyanti et al., 2023a) dengan judul “Rancang Bangun Timbangan Digital dengan Menampilkan Berat dan Harga Menggunakan *Output* Suara Berbasis *Internet of Things*”. Penulis memaparkan bahwa untuk mengatasi sistem takaran penjualan beras pada pasar yang masih dilakukan secara manual, sehingga dapat terjadi kecurangan oleh penjual. Peneliti melakukan otomasi pada sistem takaran beras dengan menambahkan *output* suara untuk memberitahu pelanggan hasil takaran beras yang dibeli secara akurat.

Penelitian kelima oleh (Suwardoyo & Fahriyanto, 2022a) dengan judul “Monitoring Kapasitas Tabung Gas berbasis *Internet of Things*”. Penulis Memaparkan bahwa kapasitas pada tabung gas dapat diukur menggunakan timbangan digital yang hasil penimbangannya akan dilakukan pengukuran nilai gas

yang tersisa dalam bentuk persentase yang dapat menggunakan rumus (berat gas yang dibaca sensor / Berat tabung Gas penuh – Berat tabung Gas kosong) x 100%.

Tabel 2. 3 Metode dan Hasil Penelitian

Judul	Penulis	Metode	Hasil
Sistem Pencatatan Hasil Timbangan Menggunakan Sensor Load Cell Melalui Database Berbasis Arduino UNO	Dhanneswara Yoga Widagdo, Koesmarijanto, Farida Arinie (2020)	Penelitian ini menggunakan mikrokontroller Node MCU ESP 8266, mikrokontroller ATmega 328, dan sensor load cell. Penelitian ini dilakukan dengan studi literatur dan perancangan alat dan sistem.	Hasil penelitian ini mendapat nilai packet loss sebesar 0% yang berarti sangat baik, namun terdapat 1 delay pada pengiriman data dari sensor ke server sebesar 0,197 seconds atau 197ms.
Timbangan Digital Buah Kelapa Sawit Berbasis Internet of Things (IoT)	Wira Indani, Agus Wahyudi, Suci Ramadona (2022)	Dalam penelitian ini, mikrokontroller TTGO T.Call ESP32, sensor load cell, dan modul HX711 digunakan sebagai pengolah data load cell. Penelitian ini dilakukan dengan melakukan perancangan sistem dan alat keseluruhan yang didukung oleh studi literatur.	Hasil penelitian ini mendapatkan akurasi rata-rata sebesar 98.03% dan memiliki error rata-rata sebesar 1.97% yang didapati dari pengujian sebanyak 10 kali. Secara sederhana, sensor load cell dapat membaca data dengan baik dan memiliki tingkat akurasi yang baik pula.
Pemanfaatan Timbangan Digital dan Sistem Informasi Status Gizi Anak untuk Pendeteksian Stunting di Puskesmas Kabat	Lukman Hakim, Indira Nuansa Ratri, Arum Andari Ratry, Xavier is'ad Ariel, Jehan Khairul Anwar (2024)	Penelitian menggunakan Timbangan Digital yang dimodifikasi dengan memanfaatkan IoT agar dapat mengirimkan data ke database agar dapat dilihat pada website.	Hasil penelitian ini melakukan test pengiriman data ke database website yang memiliki tingkat akurasi tinggi yang didapati dari output timbangan digital yang berbasis IoT.

Judul	Penulis	Metode	Hasil
Rancang Bangun Timbangan Digital dengan Menampilkan Berat dan Harga Menggunakan Output Suara Berbasis Internet of Things (IoT)	Martinus Mujur Rose, Suzan Zefi, Rapiko Duri, Vera Dwiyanti (2023)	Penelitian menggunakan Timbangan Digital yang datanya didapatkan dari modul Load Cell dan output dari sensor dibaca oleh mikrokontroller dan outputnya berupa Suara dan ditampilkan pada LCD.	Hasil dari penelitian ini dibuktikan pada pengujian dimana Berat beras 1 Kg hingga 10 Kg dapat ditampilkan pada LCD dan dapat membaca hasil penimbangan dengan suara.
Monitoring Kapasitas Tabung Gas berbasis Internet of Things (IoT).	Untung Suwardoyo, Very Fahrianto (2022)	Penelitian ini menggunakan metode pengukuran berat gas melalui timbangan digital yang dapat dilakukan pengukuran nilai gas yang tersisa dalam bentuk persentase yang dapat menggunakan rumus (berat gas yang dibaca sensor / Berat tabung Gas penuh – Berat tabung Gas kosong) x 100%.	Hasil dari penelitian ini memiliki persentase error rata – rata sebesar 2,83% sehingga alat yang digunakan berfungsi dengan baik, persentase error ini didapati dari hasil pengukuran timbangan digital dengan berat hasil pengukuran menggunakan sensor loadcell yang memiliki error rata – rata sebesar 2,83%.

Berdasarkan kajian terhadap beberapa penelitian terdahulu pada 2.3, diketahui bahwa pengembangan sistem timbangan digital berbasis *Internet of Things* (IoT) sudah banyak dilakukan dengan memanfaatkan sensor *load cell*, mikrokontroler, serta platform *website* untuk pemantauan data timbangan secara *real-time*. Penelitian – penelitian ini menjadi landasan kuat dalam perancangan sistem timbangan digital pada proyek akhir ini, khususnya dalam perancangan tampilan *monitoring real-time* berbasis *website*, dan pemilihan perangkat keras yang digunakan.

Penelitian ini memiliki perbedaan dan pengembangan dari penelitian sebelumnya, yaitu dengan fokus pada perancangan sistem timbangan digital dan implementasi *web server* yang berjalan secara lokal yang disesuaikan dengan kebutuhan pengguna. Sistem yang dikembangkan menggunakan dua mikrokontroler, ESP32 sebagai pengendali utama (*Master*) yang diintegrasikan dengan *web server* berbasis html yang dapat berjalan secara lokal dan Arduino UNO R3 sebagai pengendali pembantu (*Slave*) yang hanya bertugas untuk membaca data sensor *load cell* dan berkomunikasi dengan ESP32 melalui *Serial Universal Asynchronous Receiver – Transmitter* (*Serial UART*), data yang diperoleh kemudian ditampilkan pada *web server* secara *real-time*.

Selain itu proyek akhir ini menekankan pada pengujian kinerja sistem secara nyata, meliputi akurasi hasil penimbangan, *delay* pengiriman data menuju *web server*, akurasi hasil data pada lcd dalam menampilkan informasi penimbangan, dan pengujian pengiriman data dari mikrokontroler menuju ke *web server*. Dengan adanya proses pengujian tersebut, sistem yang dirancang tidak hanya bersifat konseptual, tetapi dapat dibuktikan secara fungsional dan terukur. Dengan mengacu pada penelitian – penelitian terdahulu serta pengembangan yang menyesuaikan dengan kebutuhan pengguna, diharapkan sistem timbangan digital berbasis IoT yang diusulkan dalam proyek akhir ini mampu meningkatkan efektivitas pengelolaan data penimbangan secara cepat dan akurat.