

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Landasan Teori

2.1.1 NodeMCU ESP32

ESP32 merupakan sebuah mikrokontroller yang dirancang oleh Espressif System dan merupakan penerus dari NodeMCU ESP8266. Dimana salah satu kelebihan dari dari ESP32 ini adalah sudah terintegrasinya dengan fitur Wifi dan Bluetooth di dalamnya. ESP32 dapat di program menggunakan beberapa Bahasa pemrograman seperti C++, C, Python, Lua dll. Sehingga alat ini lebih fleksibel dalam melakukan merancang program software pada alat yang akan dirancang seperti alat Internet Of Things (IoT).



Gambar 2. 1 ESP32

Sumber : www.aranacorp.com/en/trashed/

Tabel 2. 1 Spesifikasi NodeMCU ESP32

No.	Nama	Spesifikasi
1	Chip Mikrokontroler	NodeMCU ESP 32 Mikrokontroler
2	Tegangan <i>Input</i>	5V
3	Tegangan Operasi	5V
4	ADC <i>pin</i>	18 buah
5	DAC <i>pin</i>	2 buah
6	Flash memory	128 KB
7	SRAM	320 KB
8	Clock Speed	240 Mhz
10	Berat	25 gram
11	PXL	58,6 x 29 mm
12	Jalur Komunikasi	WiFi,Bluetooth,I2C, SPI, Serial

2.1.2 Linear Actuator

Linear actuator adalah aktuator elektromekanis yang mengubah energi listrik menjadi gerakan linear melalui mekanisme motor DC dan sistem ulir. Berbeda dengan motor DC yang menghasilkan gerak rotasi, linear actuator menghasilkan gerakan maju (*extend*) dan mundur (*retract*) dengan tingkat presisi yang tinggi. Pada penelitian ini, linear actuator digunakan untuk menggerakkan katup pada bak penampung pupuk agar proses pembukaan dan penutupan katup berlangsung secara otomatis sesuai dengan kebutuhan dosis pupuk yang dikendalikan oleh ESP32. Linear actuator yang digunakan pada penelitian ditunjukkan pada Gambar 2.2



Gambar 2. 2 Linear Actuator

Sumber : www.ato.com/linear-actuator

2.1.3 Modul HX711

Modul Hx711 adalah komponen yang berguna untuk mengubah sinyal analog menjadi digital atau disebut juga ADC (Mukhammad et al., n.d.) modul ini juga digunakan sebagai penguat atau amplifier dari sinyal yang didapat modul ini digunakan pada timbangan yang menggunakan sensor load cell dimana sinyal analog yang diperoleh dari load cell akan dikonversi menjadi sinyal digital menggunakan modul ini sehingga pembacaan dari load cell akan lebih presisi.



Gambar 2. 3 Modul HX711

Sumber : ft.unj.ac.id/elektronika/product/hx711

2.1.4 Sensor Load Cell

Sensor load cell merupakan sensor yang dirancang untuk mendeteksi tekanan

atau berat sebuah beban, sensor load cell umumnya digunakan sebagai komponen utama pada sistem timbangan digital dan dapat diaplikasikan pada jembatan timbangan yang berfungsi untuk menimbang berat dari truk pengangkut bahan baku (Rusmiza & Sujono, 2026), pengukuran yang dilakukan oleh Load Cell menggunakan prinsip tekanan. prinsip kerja dari timbangan digital yaitu memberi keluaran berupa tegangan dari transformasi resistansi yang diakibatkan oleh berubahnya keadaan atau kedudukan penyangga beban hingga perubahan itu perlu dimasukkan ke dalam amplifier supaya bisa diperoleh tegangan yang mampu dibaca ADC kontroller lalu datanya akan ditunjukkan di layar LCD.

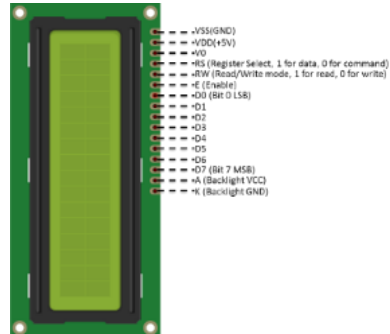


Gambar 2. 4 Sensor Load Cell
Sumber : <https://ecadio.com/jual-sensor-load>

2.1.5 Liquid Crystal Display

LCD (Liquid Crystal Display) merupakan komponen elektronika yang berfungsi sebagai tampilan suatu data, baik karakter, huruf ataupun grafik. LCD adalah salah satu jenis yang di buat dengan teknologi CMOS logic yang bekerja dengan tidak menghasilkan cahaya tetapi memantulkan cahaya yang ada di sekelilingnya terhadap front-lit atau mentransmisikan cahaya dari back-lit (Muda & Yusuf, n.d.). LCD berfungsi sebagai penampil data baik dalam bentuk karakter, huruf, angka ataupun grafik. LCD terdiri dari lapisan-lapisan yang di susun secara berurutan. Lapisan pertama adalah panel belakang yang berfungsi sebagai penahan dan pengatur cahaya. Di atasnya terdapat lapisan pencahayaan (backlight) yang menghasilkan cahaya latar. Panel tengah mengandung cairan kristal yang dapat mengubah polarisasi cahaya. Terakhir, lapisan terluar adalah panel depan yang

melindungi komponen internal LCD.



Gambar 2. 5 LCD

Sumber : www.amebaiot.com/en/amebad-arduino-i2c-lcd

2.1.6 Pushbutton

Push Button merupakan perangkat berupa saklar sederhana yang berfungsi untuk menghubungkan atau memutuskan aliran arus Listrik dengan system kerja tekan unlock (tidak terkunci). Sistem kerja unlock disini berarti saklar akan bekerja sebagai device penghubung atau pemutus aliran arus Listrik saat tombol ditekan. Dan saat tombol tidak ditekan (dilepas). Maka saklar akan Kembali dalam kondisi normal. Dengan kondisi ini push button hanya memiliki 2 kondisi yakni On dan Of



Gambar 2. 6 Pushbutton

Sumber: <https://blog.unnes.ac.id/antosupri/>

2.1.7 Kelapa Sawit

Kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jacq) merupakan komoditas bernilai ekonomi tinggi, terutama pada bagian buahnya yang tumbuh dalam tandan buah segar (TBS) (Pardamean, 2011). Buah kelapa sawit diolah menjadi minyak kelapa sawit mentah (CPO) dan minyak inti sawit (PKO), yang memiliki berbagai kegunaan sebagai bahan baku dalam industri seperti produksi mentega, sabun, kosmetik, tekstil, dan biodiesel. Dalam budidaya kelapa sawit, pemeliharaan tanaman memegang peran penting, terutama dalam hal pemupukan yang berkontribusi besar terhadap peningkatan produktivitas. Tanaman ini memerlukan banyak unsur hara dari tanah, namun keterbatasan ketersediaan hara dapat menghambat penyerapan oleh tanaman. Unsur hara yang terserap digunakan untuk pertumbuhan vegetatif serta pembentukan buah, sehingga kekurangan hara dapat menghambat pertumbuhan dan menurunkan hasil panen kelapa sawit (Estate dan Afifuddin 2023)

Sumber : : <https://suarapekanbaru.com/news/detail/9248/>



Gambar 2. 7 Kelapa Sawit

2.1.8 Pemupukan Kelapa Sawit

Pemupukan kelapa sawit adalah proses pemberian unsur hara penting kepada tanaman untuk memenuhi kebutuhan nutrisinya dan mendukung pertumbuhan menjadi optimal serta peningkatan produktivitas. Jenis dan dosis pupuk disesuaikan dengan kebutuhan tanaman dan kondisi tanah (Putri Nunyai et al., 2016). Pupuk yang sering digunakan meliputi nitrogen (N), fosfor (P), kalium (K), magnesium (Mg), serta mikronutrien lainnya. Pemupukan dilakukan dengan

berbagai metode seperti penaburan di sekitar tanaman, penguburan, atau dengan sistem irigasi yang mengalirkan larutan pupuk ke area tanaman.

Pentingnya pemupukan pada kelapa sawit terletak pada perannya dalam meningkatkan hasil panen tandan buah segar (TBS) dan menjaga kesuburan tanah. Tanah yang masam atau rendah bahan organik memerlukan asupan nutrisi tambahan agar dapat mendukung pertumbuhan tanaman secara efisien. Pemupukan juga dapat meningkatkan produktivitas tanaman secara signifikan jika dilakukan dengan manajemen yang baik. Selain itu, pemupukan yang dilakukan pada waktu yang tepat, seperti saat curah hujan rendah, mengurangi risiko pencucian hara oleh air hujan, sehingga tanaman dapat menyerap nutrisi dengan lebih maksimal. yang tepat, seperti saat curah hujan rendah, mengurangi risiko pencucian hara oleh air hujan, sehingga tanaman dapat menyerap nutrisi dengan lebih maksimal.



Gambar 2. 8 Pemupukan Kelapa Sawit
Sumber : <https://www.elaeis.co/berita/baca/>

Tabel 2. 2 Standar Dosis Pemupukan Pohon Kelapa Sawit

Umur (Bulan)	Dosis Pupuk (gram/pohon)	Kategori
Lubang Tanaman	-	Muda
1	100	Muda
3	250	Muda
5	250	Muda
8	250	Muda
12	500	Dewasa
16	500	Dewasa
20	500	Dewasa
24	500	Dewasa
28	750	Dewasa
32	750	Dewasa

2.1.9 Googlesheets

GoogleSheets adalah aplikasi web untuk membuat, mengedit, dan berbagi spreadsheet secara online. Mendukung file Excel, CSV, dan dapat disimpan sebagai HTML. Google Sheets juga menyediakan Google Apps Script (GAS), sebuah bahasa pemrograman berbasis JavaScript untuk mengotomatiskan tugas di layanan Google dan pihak ketiga, yang dijalankan di cloud Google (Nurlaily dkk. 2022)



Gambar 2. 9 Google Sheets
Sumber : (Hizrian M.F., 2020)

2.1.10 Baterai LifePO4

Baterai Lithium Iron Phosphate (LiFePO_4) merupakan salah satu jenis baterai isi ulang berbasis teknologi lithium-ion yang menggunakan senyawa lithium besi fosfat sebagai material katoda. Baterai ini memiliki keunggulan berupa umur pakai yang panjang, tingkat keamanan yang tinggi, efisiensi pengisian dan pengosongan daya yang baik, serta stabilitas termal yang lebih baik dibandingkan jenis baterai lithium lainnya (Agustira, n.d.). Selain itu, baterai LiFePO_4 memiliki tegangan nominal sekitar 3,2 V per sel dan mampu mempertahankan tegangan keluaran yang relatif stabil selama proses penggunaan. Oleh karena itu, baterai ini banyak dimanfaatkan sebagai sumber catu daya pada sistem elektronik, kendaraan listrik, sistem tenaga surya, serta berbagai perangkat berbasis Internet of Things (IoT). Pada penelitian ini, baterai LiFePO_4 digunakan sebagai sumber catu daya utama untuk menyuplai kebutuhan energi seluruh komponen sistem, sehingga alat dapat beroperasi secara portabel tanpa bergantung pada sumber listrik eksternal. Baterai LiFePO_4 yang digunakan pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 2.10

Sumber : <https://indonesian.lifepo4battery.com>



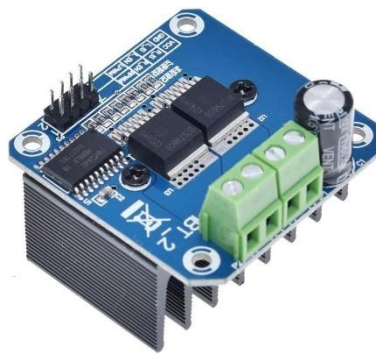
Gambar 2. 10 Baterai LifePO4

2.1.11 Motor Driver BTS7960

BTS7960 merupakan modul driver motor DC berarus tinggi yang digunakan untuk mengendalikan arah putaran dan kecepatan motor DC melalui teknik Pulse Width Modulation (PWM) (Halisyah et al., 2024). Modul ini menggunakan dua buah IC BTS7960 yang membentuk rangkaian H-Bridge, sehingga motor dapat berputar searah (*clockwise*) maupun berlawanan arah (*counterclockwise*).

Dibandingkan dengan driver motor konvensional seperti L298N, BTS7960 memiliki kemampuan mengalirkan arus yang lebih besar, yaitu hingga 43 A, sehingga sesuai digunakan untuk mengendalikan motor DC dengan daya tinggi maupun linear actuator.

Selain itu, modul ini telah dilengkapi dengan fitur proteksi terhadap arus lebih (*overcurrent protection*), tegangan rendah (*undervoltage protection*), serta suhu berlebih (*overtemperature protection*), sehingga lebih aman dan andal dalam pengoperasian. Pada penelitian ini, modul BTS7960 digunakan sebagai driver untuk mengendalikan linear actuator yang berfungsi membuka dan menutup katup pada bak penampung pupuk sesuai perintah dari mikrokontroler ESP32. Modul BTS7960 yang digunakan pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 2.11



Gambar 2. 11 Motor Driver BTS7960

Sumber : <https://www.ovaga.com/blog/transistor/bts7960>

2.1.12 Modul Daya

Modul Catu Daya DC-DC Glod-B036 merupakan modul konverter daya yang berfungsi untuk menurunkan dan menstabilkan tegangan DC dari sumber tegangan 6–24 V menjadi tegangan keluaran 5 V dan 3,3 V yang stabil. Modul ini dilengkapi dengan jack DC, terminal sekrup untuk masukan dan keluaran, sakelar ON/OFF, serta pin header yang memudahkan distribusi daya ke berbagai perangkat elektronika. Tegangan keluaran dihasilkan melalui rangkaian regulator switching (buck converter) sehingga memiliki efisiensi yang lebih tinggi dibandingkan regulator linear serta menghasilkan panas yang lebih rendah selama proses konversi daya. Dalam penelitian ini, modul catu daya DC-DC Glod-B036 digunakan sebagai

sumber tegangan untuk menyuplai sistem kendali berbasis ESP32 beserta perangkat pendukungnya, seperti sensor HX711, load cell, modul komunikasi, dan LCD/OLED. Penggunaan modul ini bertujuan untuk memastikan setiap komponen memperoleh tegangan kerja yang stabil sehingga sistem dapat beroperasi dengan baik, meningkatkan efisiensi penggunaan daya dari baterai 12 V, serta mengurangi risiko gangguan akibat fluktuasi tegangan. Selain itu, adanya terminal keluaran 5 V dan 3,3 V pada modul memungkinkan beberapa perangkat memperoleh suplai daya secara bersamaan tanpa memerlukan rangkaian regulator tambahan.

Sumber : <https://indonesian.alibaba.com/product-detail/DC-DC>

2.1.13 Limit Swicth



Gambar 2. 12 Modul Catu Daya

Limit switch merupakan komponen elektromekanis yang berfungsi sebagai sensor posisi untuk mendeteksi batas akhir pergerakan suatu mekanisme. Komponen ini bekerja berdasarkan kontak mekanis, yaitu ketika tuas atau tombol pada limit switch tertekan oleh suatu objek, kondisi kontak listrik akan berubah dari Normally Open (NO) menjadi Closed (NC) atau sebaliknya (Prihanto & Prapanca, n.d.). Perubahan kondisi tersebut menghasilkan sinyal digital yang dapat dibaca oleh mikrokontroler sebagai indikator bahwa suatu mekanisme telah mencapai posisi tertentu.



Gambar 2. 13 Limit Swicth
Sumber : <https://dv-electric.id/produk/limit-switch>

2.1.14 Komunikasi ESP-NOW

ESP-NOW merupakan protokol komunikasi nirkabel yang dikembangkan oleh Espressif Systems untuk perangkat berbasis ESP32 dan ESP8266. Protokol ini memungkinkan komunikasi secara langsung (peer-to-peer) antarperangkat tanpa memerlukan access point (AP) atau jaringan internet. ESP-NOW bekerja dengan memanfaatkan teknologi Wi-Fi pada frekuensi 2,4 GHz, namun menggunakan mekanisme komunikasi yang lebih sederhana sehingga mampu menghasilkan waktu respons yang cepat dengan konsumsi daya yang relatif rendah.

Pada sistem yang dirancang, ESP-NOW digunakan sebagai media komunikasi antara ESP32 Master dan ESP32 Slave. ESP32 Master berfungsi mengirimkan data hasil identifikasi QR Code yang telah diproses menjadi target dosis pupuk kepada ESP32 Slave. Selanjutnya, ESP32 Slave menerima data tersebut dan menggunakannya sebagai acuan untuk menjalankan proses penebaran pupuk secara otomatis menggunakan linear actuator dan load cell. Setelah proses penebaran selesai, ESP32 Slave mengirimkan data hasil penebaran kembali kepada ESP32 Master sebagai informasi bahwa proses telah selesai dilaksanakan.

Komunikasi ESP-NOW dilakukan dengan metode pengiriman paket data yang telah didaftarkan berdasarkan alamat MAC (Media Access Control) masing-masing perangkat ESP32. Dengan metode ini, proses pertukaran data dapat berlangsung secara langsung tanpa melalui infrastruktur jaringan tambahan, sehingga waktu pengiriman data menjadi lebih singkat dan risiko kehilangan koneksi akibat gangguan jaringan internet dapat diminimalkan.

Penggunaan ESP-NOW pada penelitian ini dipilih karena memiliki beberapa keunggulan, yaitu proses komunikasi yang cepat, latensi rendah, konsumsi daya yang efisien, konfigurasi yang sederhana, serta mampu beroperasi tanpa memerlukan router maupun akses internet. Selain itu, ESP-NOW memiliki tingkat keandalan yang baik dalam mengirimkan data antarperangkat ESP32 sehingga sesuai untuk aplikasi sistem kendali dan otomatisasi yang membutuhkan respons secara real-time, seperti pada sistem pennebaran pupuk otomatis yang dikembangkan dalam penelitian ini.

Sumber : <https://www.donskytech.com/exploring-esp-now>



Gambar 2. 14 ESP-NOW

2.2 Penelitian Terdahulu

Beberapa penelitian telah membahas mengenai sebuah alat maupun sistem yang dapat melakukan fungsi seperti menimbang , menakar dan memberi pupuk pada tanaman seperti tanaman kelapa sawit. Alat yang ada ini akan menjadi referensi untuk penulis, guna membantu dalam merancang alat yang penulis buat yakni Rancang Bangun Alat Penakar Pupuk Otomatis pada Tanaman Kelapa Sawit.

Pada penelitian yang dilakukan oleh(Firli, Wahjudi, dan Yulianto 2021) dengan judul Perancangan Sistem Penyiraman dan Pemupukan Otomatis (*Smart Garden*) Berbasis IoT menggunakan NodeMCU ESP8266. Pada penelitian ini, alat yang dibangun dirancang untuk dapat menyiram dan memupuk tanaman secara otomatis berdasarkan kelembapan tanah dan waktu alat ini juga dapat dipantau oleh pemiliknya menggunakan aplikasi Blynk, karena menggunakan sensor kelembapan tanah sehingga alat ini dapat menyesuaikan kebutuhan tanaman dan mengatur mengendalikan pompa air dan memberi pupuk. Namun kekurangan alat ini yakni hanya dapat digunakan pada tanaman kecil seperti cabai,selain itu alat ini juga memiliki kekurangan berupa ketergantungan pada koneksi internet dan tidak dapat bekerja jika tidak terkoneksi internet.

Pada penelitian terdahulu lainnya (Supriyanto dkk. 2024) dengan judul Rancang Bangun Timbangan Menggunakan Sensor Load Cell dan Mikrokontroler Berbasis Internet of Things (IoT) alat ini merupakan alat yang dirancang sebagai timbangan dengan menggunakan sensor *load cell* dan mikrokontroler ESP32 dengan kapasitas maksimal penimbangan yakni 100 Kg alat ini dapat menampilkan hasil penimbangan pada layar LCD serta terintegrasi dengan aplikasi pada *smartphone*, selain itu alat ini memiliki akurasi sensor load cell mencapai 98.97%. dan juga rancangan dari alat membuat ia dapat digunakan untuk menimbang berbagai benda. Kekurangan alat ini adalah ia tidak dapat digunakan tanpa adanya arus listrik langsung sehingga alat ini tidak dapat digunakan tanpa adanya suplai arus listrik.

Selanjutnya Pada Penelitian lainnya yang dilakukannya oleh (Babelia, Suliatno, dan Shevandy 2018) dengan judul Rancang Bangun Mesin Penabur Pupuk Sawit Kapasitas 30 Kg, alat ini dirancang untuk melakukan pemupukan pada tanaman kelapa sawit agar lebih efisien , alat ini bekerja menggunakan system semi-

otomatis dengan *compressor* angin sebagai alat bantu untuk menyebarkan pupuk , alat ini mampu menbur pupuk dengan kapasitas 30 Kg dengan output 1 Kg per menit sehingga proses pemupukan yang awalnya dilakukan secara manual sekarang dapat dilakukan secara semi-otomatis dan menjadi lebih efisien , akan tetapi alat ini akan membutuhkan investasi awal yang sangat besar dalam merangnya dan juga alat ini juga memerlukan perawatan rutin pada bagian komponen seperti *bearing,compressor* angin dan transmisinya.

Lalu pada penelitian terdahulu oleh (Dhimas Sigit Budoyo dan Dara Andriana 2019) dengan judul Sistem IoT Timbangan Digital Menggunakan Sensor Load Cell di UD. Pangkrukti Tani, Alat ini hampir serupa pada penelitian sebelumnya yang dibahas, yakni alat yang dirancang berupa timbangan digital menggunakan sensor load cell dengan kapasitas maksimal 5 Kg yang dilengkapi juga dengan layar LCD untuk menampilkan berat yang diukur pada timbangan secara langsung. Alat ini menggunakan mikrokontroler Atmega 2560 dengan modul wifi ESP8226 untuk mengolah dan mengirim data hasil penimbangan ke server web, kekurangan alat ini terdapat pada kapasitas timbangan yang hanya mampu menampung dengan berat maksimal 5 Kg lalu, pada alat ini mengalami delay saat mengirimkan data yang kemungkinan besar disebabkan oleh modul wifi ESP8266 dan terakhir kekurangan alat ini adalah material yang digunakan masih kurang kokoh sehingga bila kapasitas timbangan dinaikkan akan maka alat cenderung lebih cepat rusak karena material yang kurang memadai.

Terakhir pada penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh (Yudistira 2024) dengan judul Sistem Otomasi Pemupukan pada Tanaman Kelapa Sawit Berbasis IoT. Pada alat ini yang telah dirancang telah berhasil melakukan pemupukan secara otomatis dan juga sudah terintegrasi dengan sebuah aplikasi sehingga memudahkan pemilik lahan memonitoring proses pemupukan yang dilakukan, namun kekurangan alat ini terletak pada pengoperasiannya yang masih harus menekan banyak *pushbutton* seperti untuk memulai proses pemupukan, menyimpan data dan mengirimkan data ke aplikasi sehingga dirasa masih kurang efektif apabila jumlah tanaman yang dipupuk dengan jumlah yang banyak selain itu alat ini juga tidak memiliki penyimpanan internal apabila kondisi Perkebunan tidak dapat dijangkau oleh akses internet sehingga menyebabkan data pemupukan tidak dapat disimpan

dan diteruskan ke aplikasi.

Tabel 2. 3 Penelitian Terdahulu

No	Penelitian	Judul	Komponen	Hasil
1.	(Firli, Wahjudi, dan Yulianto 2021)	Perancangan Sistem Penyiraman dan Pemupukan Otomatis (Smart Garden) Berbasis IoT	• NodeMCU ESP8266 • RTC DS3231 • Pompa Air • Sensor Ultrasonik HC SR04 • Modul Relay • LCD • Sensor Capacitive Soil Moisture	Alat dapat menyiram dan memupuk tanaman secara otomatis berdasarkan kelembapan tanah dan waktu alat ini juga dapat dipantau oleh pemiliknya menggunakan aplikasi Blynk, karena menggunakan sensor kelembapan tanah sehingga alat ini dapat menyesuaikan kebutuhan tanaman dan mengatur mengendalikan pompa air dan memberi pupuk. Namun kekurangan alat ini yakni hanya dapat digunakan pada tanaman kecil seperti cabai atau sayuran.
2.	(Supriyanto dkk. 2024)	Rancang Bangun Timbangan Menggunakan Sensor Load Cell dan Mikrokontroler Berbasis IoT	• Sensor Load Cell • LCD • NodeMCU ESP32 • Push Button • Modul XFW-HX711 • Load Cell	Alat yang dirancang sebagai timbangan dengan menggunakan sensor load cell dan mikrokontroler ESP32 dengan kapasitas maksimal penimbangan yakni 100 Kg alat ini dapat menampilkan hasil penimbangan pada layar LCD, serta terintegrasi dengan aplikasi pada smartphone, selain itu alat ini memiliki akurasi sensor load cell mencapai 98.97%. dan juga rancangan dari alat membuat ia dapat digunakan untuk menimbang berbagai benda. Kekurangan alat ini Alat yang dirancang sebagai timbangan dengan menggunakan sensor load cell dan mikrokontroler ESP32 dengan kapasitas maksimal

No	Penelitian	Judul	Komponen	Hasil
				penimbangan yakni 100 Kg alat ini dapat menampilkan hasil penimbangan pada layar LCD, serta terintegrasi dengan aplikasi pada smartphone, selain itu alat ini memiliki akurasi sensor load cell mencapai 98.97%. dan juga rancangan dari alat membuat ia dapat digunakan untuk menimbang berbagai benda. Kekurangan alat ini adalah ia tidak dapat digunakan tanpa adanya arus listrik langsung sehingga alat ini tidak dapat digunakan tanpa adanya suplai arus listrik. serta terintegrasi dengan aplikasi pada smartphone, selain itu alat ini memiliki akurasi sensor load cell mencapai 98.97%. dan juga rancangan dari alat membuat ia dapat digunakan untuk menimbang berbagai benda. Kekurangan alat ini adalah ia tidak dapat digunakan tanpa adanya arus listrik langsung sehingga alat ini tidak dapat digunakan tanpa adanya suplai listrik
3.	(Babelia, Suliatno, dan Shevandy 2018)	Rancang Bangun Mesin Penabur Pupuk Sawit Kapasitas 30 Kg	• Kompresor Angin • Bearing • Poros • Rangka Besi Transmisi	Alat ini bekerja menggunakan system semi-otomatis dengan compressor angin sebagai alat bantu untuk menyebarkan pupuk , alat ini mampu menbur pupuk dengan kapasitas 30 Kg dengan

No	Penelitian	Judul	Komponen	Hasil
				output 1 Kg per menit sehingga proses pemupukan yang awalnya dilakukan secara manual sekarang dapat dilakukan secara semi-otomatis dan menjadi lebih efisien akan tetapi alat ini akan membutuhkan investasi awal yang sangat besar
4.	(Dhimas Sigit Budoyo dan Dara Andriana 2019)	Sistem IoT Timbangan Digital Menggunakan Sensor Load Cell di UD.Pangkruti Tani	• ESP8266 • LCD • Sensor Load Cell • Mikrokontroler Atmega 2560	ESP8226 untuk mengolah dan mengirim data hasil penimbangan ke server web, kekurangan alat ini terdapat pada kapasitas timbangan yang hanya mampu menampung dengan berat maksimal 5 Kg lalu, pada alat ini mengalami delay saat mengirimkan data yang kemungkinan besar disebabkan oleh modul wifi ESP8266 dan terakhir kekurangan alat ini adalah material yang digunakan masih kurang kokoh sehingga bila kapasitas timbangan dinaikkan akan maka alat cenderung lebih cepat rusak karena material yang kurang memadai.
5.	(Yudistira 2024)	Sistem Otomasi Pemupukan pada Tanaman Kelapa Sawit Berbasis IoT	• ESP32 • Modul HX711 • LCD • Motor Servo • Sensor Load Cell	Alat ini telah berhasil melakukan pemupukan secara otomatis dan juga sudah terintegrasi dengan sebuah aplikasi sehingga memudahkan pemilik lahan memonitoring proses pemupukan yang dilakukan namun kekurangan alat ini terletak pada pengoperasiannya

No	Penelitian	Judul	Komponen	Hasil
			• ESP32 • Modul HX711 • LCD • Motor Servo • Sensor Load Cell • RFID • Power Bank	yang masih harus menekan banyak pushbutton seperti untuk memulai proses pemupukan, menyimpan data dan mengirimkan data ke aplikasi sehingga dirasa masih kurang efektif apabila jumlah tanaman yang dipupuk dengan jumlah yang banyak selain itu alat ini juga tidak memiliki penyimpanan internal apabila kondisi perkebunan tidak dapat dijangkau oleh akses internet sehingga menyebabkan data pemupukan tidak dapat disimpan dan diteruskan ke aplikasi
6.	(Dhimas Sigit Budoyo dan Dara Andriana 2019)	Sistem IoT Timbangan Digital Menggunakan Sensor Load Cell di UD.Pangkruti Tani	• ESP8266 • LCD • Sensor Load Cell • Mikrokontroler Atmega 2560 • Web Server	ESP8226 untuk mengolah dan mengirim data hasil penimbangan ke server web, kekurangan alat ini terdapat pada kapasitas timbangan yang hanya mampu menampung dengan berat maksimal 5 Kg lalu, pada alat ini mengalami delay saat mengirimkan data yang kemungkinan besar disebabkan oleh modul wifi ESP8266 dan terakhir kekurangan alat ini adalah material yang digunakan masih kurang kokoh sehingga bila kapasitas timbangan dinaikkan akan maka alat cenderung lebih cepat rusak karena material yang kurang memadai.
7.	(Zidan , 2024)	Rancang Bangun Alat Penakar Pupuk Otomatis pada Tanaman Kelapa	• ESP32 • Sensor Load Cell	Alat ini dibangun dengan dua bak penampung. Proses kerja dimulai saat ESP32 memproses data berupa pembacaan

No	Penelitian	Judul	Komponen	Hasil
		Sawit	• ESP32 • Sensor Load Cell • Modul HX711 • LCD • Pushbutton • Motor Servo	yang mengalirkan pupuk ke bak penampung kedua yang sudah tergabung dengan sensor load cell. Di bak ini, sensor load cell mengukur berat pupuk sesuai kebutuhan yang telah ditentukan berdasarkan hasil pembacaan ESP32. Setelah berat pupuk sesuai, katup pertama akan tertutup, dan pupuk akan disebar secara merata ke sekitar tanaman melalui katup kedua. Setelah proses pemupukan selesai, data terkait distribusi pupuk akan disimpan di SD card. Jika koneksi internet tersedia, Data ini akan dikirimkan ke Google Sheets untuk mempermudah pemilik kebun dalam memantau penggunaan pupuk sehingga dapat membantu meminimalkan potensi kecurangan oleh pekerja dan mengoptimalkan efisiensi pemupukan