

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terdahulu

Pada penelitian yang berhubungan dengan perancangan ini sudah ada dilakukan. Maka dalam penelitian ini memiliki tujuan yaitu membuat sistem monitoring pemupukan kelapa sawit berbasis *Google Sheet* menggunakan QR Code sebagai pengidentifikasi node untuk membantu pemantauan jarak jauh oleh pemilik lahan sawit.

Pada penelitian (Utomo et al., 2021) ini mengembangkan sistem monitoring dan kontrol berbasis *Internet of Things* (IoT) pada proses pembibitan kelapa sawit, dari penelitian ini petani dapat melihat informasi secara real-time seperti kelembaban tanah, pH tanah, dan ketinggian air pupuk. Mengatur jadwal penyiraman (pagi dan sore) dan pemberian pupuk melalui tombol on/off yang ada di halaman web dengan mendapatkan sensor kelembapan tanah rata-rata *Error* 0,9173% dan 0,0296%. Sistem bekerja dengan baik selama pengujian 5 hari, dengan kontrol otomatis yang sesuai berdasarkan kondisi kelembaban tanah dan jadwal yang diatur, dan monitoring keadaan kelembaban tanah tersebut terdapat kekurangan berupa tidak ada data yang menunjukkan dampaknya terhadap produktivitas atau kualitas tanaman kelapa sawit dalam jangka panjang, seperti hasil buah atau tingkat keberhasilan pembibitan.

Pada penelitian (Wahyuni et al., 2023) ini menciptakan sistem pengumpulan data parameter kondisi pohon kelapa sawit berbasis *Internet of Things* (IoT). Sistem ini dirancang untuk mengatasi kelemahan dalam pengelolaan produktivitas lahan sawit, terutama pada lahan yang dikelola tanpa keterlibatan langsung dari pemiliknya. Sistem yang dibangun terdiri dari QR Code *Scanner*, mikrokontroler, modul ESP8266, LCD touch screen, dan database. Penelitian ini yang dimonitor mencakup jumlah tandan buah, jumlah tandan buah matang, jumlah tandan buah segera matang, kondisi daun dan batang, lokasi, serta waktu penginputan data.

Pengiriman data ke database bekerja dengan baik menggunakan modul ESP8266, dengan waktu rata-rata pengiriman data sebesar 0,797 detik. Pengujian dilakukan hanya pada 10 pohon sawit dengan waktu pengujian terbatas. Adapun kekurangan dari penelitian ini yaitu Hal ini belum cukup untuk membuktikan keandalan sistem secara jangka panjang, seperti menghadapi perubahan musim atau pertumbuhan pohon.

Penelitian yang berjudul “Sistem Monitoring Truk Kelapa Sawit Menggunakan GPS Tracking Berbasis Website”(Am et al., 2022). Dengan dukungan website, sistem pemantauan data ini menggunakan perangkat seperti GPS Neo-6M, NodeMCU ESP8266, dan GSM SIM800L. Ini memungkinkan pengguna menemukan lokasi truk secara real-time melalui koordinat GPS yang ditampilkan di website. Data seperti lokasi, waktu, dan rute diambil dari modul GPS dan dikirim ke platform website yang dipantau melalui jaringan GSM. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem dapat menampilkan data lokasi dengan akurat dan beroperasi dengan baik pada tegangan tertentu. Adapun kekurangannya yaitu terbatasnya jaringan internet di area perkebunan dan infrastruktur jalan yang kurang memadai, yang menyebabkan kesulitan dalam memantau lokasi, waktu, dan rute truk secara akurat.

Penelitian bertajuk “Model Monitoring Blok Kebun Kelapa Sawit Menggunakan Web Gis Di Estate Sungai Dua Riau” (Yuniasih et al., 2019). Penelitian ini dilakukan untuk mengembangkan model pemantauan produktivitas kebun kelapa sawit berbasis Web GIS. Penelitian ini dilakukan di perkebunan kelapa sawit Sungai Dua di Riau, yang memiliki luas lahan antara 84.000 dan 84.000 hektar. Data yang digunakan meliputi tahun tanam, luas area, jumlah produksi, dan kondisi topografi, yang dikumpulkan dari tahun 2013 hingga 2017. Penelitian menggunakan ArcGIS untuk membuat peta kebun digital. Selanjutnya, peta ini diintegrasikan ke dalam sistem Web GIS.

Pada penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh (Yudistira., 2024) mengenai Sistem otomatisasi pemupukan pada pohon kelapa sawit berbasis *internet of things(IoT)*, dimana pada penelitian dilakukan sistem pemupukan menggunakan loadcell untuk mengukur massa pupuk digunakan Load Cell 20 Kg

serta LCD display untuk memperlihatkan massa pupuk yang terukur pada gerobak. Massa dari pupuk juga bisa dimonitoring pada smartphone melalui aplikasi. Disini jugadiimplementasikan RFID untuk mengetahui pohon kelapa sawit yang telah dilakukan pemupukan. Ketika sudah selesai melakukan pemupukan setiap 1 baris pohonnya maka RFID Tag pada pohon diarahkan pada RFID Reader, maka RFID Reader akan membaca bahwa pemupukan pada pohon tersebut telah dilakukan.

Berdasarkan hasil penelitian(*The Effect of Different Fertilization Frequency on Some Nutrient Content of Palm Plant Grown in Peat Swamp*, 2023) mengenai frekuensi pemupukan pada tanaman kelapa sawit di lahan gambut, diketahui bahwa frekuensi pemberian pupuk memberikan pengaruh yang signifikan terhadap kandungan unsur hara pada daun tanaman. Penelitian ini menggunakan tiga perlakuan frekuensi pemupukan yaitu 0,6 kg pupuk per pohon setiap bulan, 1,8 kg pupuk per pohon setiap tiga bulan, dan 3,6 kg pupuk per pohon setiap enam bulan. Hasil analisis menunjukkan bahwa pemupukan dengan frekuensi enam bulan memiliki kandungan unsur hara yang paling rendah dibandingkan dengan perlakuan lainnya. Sebaliknya, pemupukan yang dilakukan setiap bulan menunjukkan nilai kandungan unsur hara yang lebih baik pada tanaman kelapa sawit.

Pada Penelitian ini penulis akan membuat sistem pemantauan pemupukan jarak jauh pada pohon kelapa sawit menggunakan Teknologi IoT dan QR Code untuk mengidentifikasi pohon sawitnya. Adapun nantinya setiap pohon akan diberikan QR Code yang mengidentifikasi sebagai nama setiap pohonnya, QR Codenya di Scan menggunakan Scanner QR Code kemudian di kirim ke mikokontroler yaitu ES32 untuk mengkonversi data menjadi label pohon dan umur pohon, kemudian data dikirim ke SD Card untuk menyimpan data, selanjutnya mengirim data pemupukan ke *Google Sheet* dengan melakukan penekanan tombol pusbutton setelah perangkat terhubung ke internet dan data terkirim ke *Google Sheet*.

Tabel 2.1 Penelitian Terdahulu

Penulis dan Tahun	Judul	Metode	Hasil
Utomo et al., (2021)	Sistem Monitoring Dan Kontrol Pembibitan Kelapa Sawit Berbasis Internet of Things	Pada penelitian ini dilakukan pengembangan sebuah sistem monitoring dan berbasis Internet of Things yang dapat dikendalikan melalui website sehingga memudahkan petani dalam memonitoring dan pembibitan sawit dari jarak jauh. ESP32 digunakan sebagai pengatur keseluruhan komponen perangkat keras dan lunak, sensor capacitive soil moisture untuk mengukur kelembaban tanah, sensor pH tanah untuk mengukur keasaman atau basa tanah, dan sensor untuk menghitung sisa air pupuk. Pada sistem, pengguna dapat mengatur jadwal penyiraman air pada pagi dan sore hari serta pemupukan yang dapat dikendalikan dengan menekan tombol on/of.	Hasil pengujian sistem pembacaan sensor menunjukkan tingkat kesalahan sebesar 0,0173% dan rentang 0,0296% untuk sensor kelembaban; untuk sensor pH tanah, tingkat kesalahan mencapai 0,0412% dan 0,0415%; dan untuk sensor pencahayaan, tingkat kesalahan mencapai 0,01068%. Menurut pengujian sistem yang

Penulis dan Tahun	Judul	Metode	Hasil
			dilakukan pada hari ke-12, metode pembibitan manual menghasilkan pertumbuhan daun yang lebih lambat daripada metode pembibitan otomatis.
Wahyuni et al, (2023)	Sistem Pengumpul Data Parameter Kondisi Pohon Sawit Berbasis Internet of Thing (IoT)	Sistem penginput data parameter kondisi pohon sawit berbasis IoT terdiri dari QR code <i>Scanner</i> , mikrokontroler sebagai pengolah data, modul ESP8266 sebagai pengirim data, LCD touch screen sebagai penginput data serta data base sebagai pengumpul data. Pengiriman data ke data base memerlukan waktu pengiriman rata-rata selama 0.797 detik untuk	Alat ini mampu pembacaan QR Code <i>Scanner</i> dengan baik dengan data di input melalui LCD Touch screen untuk menyimpan data dan ditampilkan pada database dengan pengiriman data kedatabase

Penulis dan Tahun	Judul	Metode	Hasil
		10 kali percobaan pengiriman data.	memerlukan waktu rata-rata 0.797 detik untuk 10 kali percobaan pengiriman data.
Am et al., (2022)	Sistem Monitoring Truk Kelapa Sawit Menggunakan Gps Tracking Berbasis Website	Dibuat sistem monitoring truk kelapa sawit menggunakan GPS tracking berbasis website. Komponen alat yang digunakan yaitu GPS Neo-6M, NodeMCU ESP8266, GSM SIM800L.	Berdasarkan hasil penelitian bahwa Alat berhasil bekerja dengan baik dan dapat menemukan lokasi truk kelapa sawit dari jarak jauh, dan data dan informasi ditampilkan sesuai dengan yang diharapkan.
Yuniasih et al., (2019)	Model Monitoring Blok Kebun Kelapa Sawit Menggunakan	Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data sekunder dan primer. Program software yang digunakan dalam	Database untuk setiap blok dapat diakses dan dipantau kapan saja dan

Penulis dan Tahun	Judul	Metode	Hasil
	Web Gis Di Estate Sungai Dua. Riau	penelitian adalah ArcGIS Ver.16.0. Kegiatan memproses data geografi di bagi menjadi 2 sisi yaitu: sisi <i>server</i> dan sisi pengguna. Pengguna adalah web browser.	di mana saja melalui aplikasi WebGIS. Terdapat informasi rinci mengenai setiap blok, termasuk nama, tahun tanam, lokasi geografis, dan kondisi topografi. Selain itu, pengguna dapat memperbesar (zoom in) peta yang tersedia. Hasil keluaran data, yang mencakup cetakan peta dan legendanya, memudahkan manajer kebun dalam berkolaborasi

Penulis dan Tahun	Judul	Metode	Hasil
			dengan mandor di setiap afdeling atau blok.
Yudistira, (2024)	Sistem Otomasi Pemupukan pada Tanaman Kelapa Sawit Berbasis IoT	Pada penelitian ini untuk mengukur massa pupuk digunakan Load Cell 20 Kg serta LCD display untuk memperlihatkan massa pupuk yang terukur pada gerobak. Kapasitas pupuk yang bisa ditampung yaitu sebanyak ± 20 Kg. Massa dari pupuk juga bisa dimonitoring pada smartphone melalui aplikasi. Supaya data yang terukur oleh Load Cell dapat dipantau pada aplikasi, digunakan mikrokontroler ESP32 yang sekaligus dapat mengendalikan motor servo untuk keluaran pupuk. Disini juga diimplementasikan RFID untuk mengetahui pohon kelapa sawit yang telah dilakukan pemupukan. Ketika sudah selesai	Berdasarkan hasil penelitian Pada pembacaan terkait data penimbangan pupuk, persentase akurasi sensor <i>load cell</i> rata-rata adalah 99,37% untuk 10 kali uji dengan beban yang sama dan 98,17% untuk 20 kali pengujian dengan beban yang

Penulis dan Tahun	Judul	Metode	Hasil
		<p>melakukan pemupukan setiap 1 baris pohonnya maka RFID <i>Tag</i> pada pohon diarahkan pada RFID <i>Reader</i>, maka RFID Reader akan membaca bahwa pemupukan pada pohon tersebut telah dilakukan.</p>	<p>berbeda. Pada pembacaan terkait data penimbangan pupuk, persentase akurasi sensor <i>load cell</i> rata-rata adalah 99,37% untuk 10 kali uji dengan beban yang sama dan 98,17% untuk 20 kali pengujian dengan beban yang berbeda. RFID MFRC522 mampu mendeteksi dan mengirimka</p>

Penulis dan Tahun	Judul	Metode	Hasil
			n data jumlah pupuk yang dibutuhkan dengan tepat dengan total pupuk yang digunakan dalam setiap pengujian bervariasi.
Noviana Githa,dkk (2023)	<i>The Effect of Different Fertilization Frequency on Some Nutrient Content of Palm Plant Grown in Peat Swamp</i>	Penelitian dilakukan dengan memberikan perlakuan berupa perbedaan frekuensi pemupukan pada tanaman kelapa sawit yang berumur sekitar 5 tahun. Setiap perlakuan pemupukan diulang sebanyak lima kali untuk memperoleh data yang lebih akurat dan mengurangi kesalahan percobaan.	Berdasarkan hasil penelitian mengenai frekuensi pemupukan pada tanaman kelapa sawit di lahan gambut, diketahui bahwa frekuensi

Penulis dan Tahun	Judul	Metode	Hasil
			<p>pemberian pupuk memberikan pengaruh yang signifikan terhadap kandungan unsur hara pada daun tanaman.</p> <p>Penelitian ini menggunakan an tiga perlakuan frekuensi pemupukan yaitu 0,6 kg pupuk per pohon setiap bulan, 1,8 kg pupuk per pohon setiap tiga bulan, dan 3,6 kg pupuk per pohon setiap enam bulan.</p>

Penulis dan Tahun	Judul	Metode	Hasil
			<p>Hasil analisis menunjukkan bahwa pemupukan dengan frekuensi enam bulan memiliki kandungan unsur hara yang paling rendah dibandingkan dengan perlakuan lainnya. Sebaliknya, pemupukan yang dilakukan setiap bulan menunjukkan nilai kandungan unsur hara yang lebih baik pada tanaman kelapa sawit</p>

Penulis dan Tahun	Judul	Metode	Hasil

2.2 Landasan Teori

2.2.1 Kelapa sawit

Kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jacq) merupakan tanaman tropis yang diperkirakan berasal dari Nigeria, Afrika Barat, tempat tanaman ini pertama kali ditemukan di hutan. Tanaman ini diperkenalkan di Indonesia pada tahun 1848, ketika dibawa oleh seorang warga Belanda dari Mauritius dan Amsterdam. Bibit kelapa sawit yang diimpor dari kedua negara tersebut terdiri dari dua batang masing-masing, yang kemudian ditanam di Kebun Raya Bogor (s' Lands Plantentium Buiten Zorg) pada tahun yang sama. Pohon tersebut masih hidup dan diyakini sebagai asal usul kelapa sawit di Asia Tenggara (Ega Aprilia., 2020).



Gambar 2.1 Kelapa Sawit
Sumber : <https://www.astra-agro.co.id/>

Kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jacq) adalah komoditas yang memiliki bagian yang bernilai ekonomi, yaitu buahnya. Buah kelapa sawit tumbuh dalam tandan buah segar (TBS). Buah kelapa sawit diolah menjadi minyak kelapa sawit mentah (CPO) dan minyak inti sawit (PKO). Kedua jenis minyak ini memiliki berbagai manfaat dan umumnya digunakan sebagai bahan baku untuk industri seperti pembuatan mentega, sabun, kosmetik, tekstil, biodiesel, dan lainnya. Luas areal kelapa sawit di Indonesia pada periode 2019-2021 tercatat secara berurutan sebesar 14.456.600 ha, 14.858.300 ha, dan 14.665.000 ha. Produktivitas CPO di Indonesia adalah 3.732 Kg/Ha. Produktivitas ini 49,76 persen lebih rendah dibandingkan dengan potensi maksimalnya, yang mencapai 7,5 ton per hektar (Siahaan et al., 2023).

Salah satu aspek penting dalam budidaya kelapa sawit adalah pemeliharaan tanaman, dengan pemupukan sebagai faktor utama untuk meningkatkan produktivitas. Kelapa sawit merupakan komoditas perkebunan yang membutuhkan banyak unsur hara dari tanah. Kurang mampunya tanah dalam menyediakan cukup unsur hara bagi tanaman kelapa sawit menyebabkan penyerapan unsur hara yang rendah. Semua unsur hara yang diserap digunakan untuk pertumbuhan vegetatif dan pembentukan buah, sehingga kekurangan unsur hara akan berdampak pada

penurunan pertumbuhan dan produktivitas kelapa sawit (Afifuddin, Hariyadi, 2023).

2.2.2 Pemupukan

Pupuk merupakan sumber utama unsur hara bagi tanaman yang berperan penting dalam menentukan tingkat pertumbuhan dan produksi. Hal ini disebabkan oleh keterbatasan kemampuan lahan untuk secara terus-menerus menyediakan unsur hara yang diperlukan oleh kelapa sawit, yang memiliki umur panjang. Oleh karena itu, untuk mengatasi keterbatasan daya dukung lahan dalam menyediakan unsur hara, penambahan pupuk diperlukan untuk memenuhi kebutuhan hara tanaman (Ega Aprilia., 2020). Pemupukan adalah salah satu kegiatan krusial dalam perkebunan kelapa sawit yang memerlukan biaya besar, sehingga penting untuk mencari cara-cara yang dapat meningkatkan efektivitas dan efisiensi pemupukan (Siahaan et al., 2023).



Gambar 2.2 Pemupukan Kelapa Sawit

Sumber : <https://www.pkt-group.com>

Pemupukan perlu dipelajari karena potensi genetik yang baik tidak akan tereksresi secara optimal jika kondisi tumbuh tidak mendukung. Oleh karena itu, pemupukan menjadi faktor kunci untuk mencapai produktivitas tinggi, terutama dalam memenuhi kebutuhan unsur hara (Mangoensoekarjo,2007). Agar dapat pemupukan yang efisien dan efektif harus mencukupi 4 prinsip tepat :

1. Waktu yang cukup
2. Dosis yang cukup
3. Sesuai dengan kebutuhan

4. Keadaan tempat yang sesuai

Pemupukan adalah salah satu metode untuk meningkatkan pertumbuhan vegetatif, produksi tandan buah segar (TBS), meningkatkan ketahanan tanaman, dan mengatasi persaingan unsur hara dengan gulma. Jenis dan dosis pupuk yang digunakan harus disesuaikan dengan usia tanaman, kondisi fisik tanaman, tanah, dan iklim, serta ketersediaan biaya dan target produksi yang diharapkan (Afifuddin, Hariyadi, 2023). Berdasarkan hasil penelitian (Bag et al., 1977) dan sistem rekomendasi pemupukan kelapa sawit, kebutuhan unsur hara tanaman akan meningkat seiring bertambahnya umur tanaman. Hal ini disebabkan oleh meningkatnya kebutuhan nutrisi untuk mendukung pertumbuhan vegetatif, perkembangan akar, serta pembentukan tandan buah segar. Oleh karena itu, dosis pupuk yang diberikan pada tanaman kelapa sawit perlu disesuaikan dengan umur tanaman agar kebutuhan unsur hara dapat terpenuhi secara optimal.

Berikut dosis pemupukan kelapa sawit berdasarkan yang ada di lapangan :

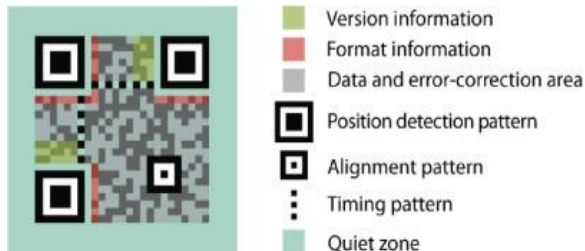
Tabel 2.2 Peningkatan Dosis Pupuk Berdasarkan Umur Kelapa Sawit

Umur Tanaman (Tahun)	Kebutuhan pupuk per pohon	Frekuensi Pemupukan	Keterangan
0-2 Bulan	0.10 kg/pohon	1kali per 3 bulan	Tanaman masih tahap pertumbuhan awal sehingga kebutuhan unsur hara masih relatif kecil
Umur Tanaman (Tahun)	Kebutuhan pupuk per pohon	Frekuensi Pemupukan	Keterangan
3-11 Bulan	0.25 kg/pohon	1kali per 3 bulan	Tanaman masih tahap pertumbuhan awal sehingga kebutuhan unsur hara masih relatif kecil
1-2 Tahun	0.50 kg/pohon	1kali per 3 bulan	Pertumbuhan tajuk dan produksi tandan buah meningkat sehingga kebutuhan pupuk bertambah

3-6 Tahun	1 kg/pohon	1 kali per bulan	Tanaman berada pada fase produksi tinggi sehingga memerlukan unsur hara lebih besar
>6 Tahun	2 kg/pohon	1kali per 3 bulan	Tanaman dewasa dengan produksi stabil membutuhkan nutrisi yang cukup untuk mempertahankan hasil

2.2.3 QR Code

QR Code adalah simbol dua dimensi yang dikembangkan oleh Denso Wave pada tahun 1994. Setiap simbol QR Code berbentuk persegi dan terdiri dari pola fungsi serta area pengkodean. Simbol ini dikelilingi oleh area batas yang disebut *quiet zone* di keempat sisi. Terdapat empat jenis pola fungsi, yaitu *finder pattern*, *separators*, *timing patterns*, dan *alignment patterns*. Area pengkodean berisi data yang mencakup informasi versi, format informasi, data, dan koreksi kesalahan (Priyambodo et al., 2020).



Gambar 2.3 Struktur QR Code
 Sumber : [https:// www.researchgate.net](https://www.researchgate.net)

QR Code adalah teknik yang mengubah data tertulis menjadi kode dua dimensi yang dicetak pada media dengan bentuk yang lebih ringkas. QR Code yang merupakan jenis barcode dua dimensi pertama kali diperkenalkan oleh perusahaan Jepang, *Denso Wave*, pada tahun 1994. Barcode ini awalnya digunakan untuk pendataan inventaris suku cadang kendaraan, dan sekarang telah diterapkan di berbagai bidang. QR sendiri merupakan singkatan dari *Quick Response*, karena

dirancang untuk dapat dibaca dengan cepat. QR-Code adalah salah satu tipe barcode yang dapat dipindai menggunakan kamera ponsel (Irawan & Adriantantri, 2018).

QR Code dapat menyimpan berbagai jenis data, seperti angka, alfanumerik, dan biner. Selain itu, QR Code memiliki ukuran yang lebih kecil dibandingkan barcode, karena dapat menyimpan data secara horizontal dan vertikal. Hal ini memungkinkan ukuran QR Code menjadi hanya sepersepuluh dari ukuran barcode. QR Code juga lebih tahan terhadap kerusakan, karena dapat memperbaiki kesalahan hingga 30% tergantung pada ukuran atau versinya. Oleh karena itu, meskipun sebagian simbol QR Code kotor atau rusak, data tetap dapat disimpan dan dibaca. Tiga tanda persegi di tiga sudut berfungsi untuk memastikan simbol dapat dibaca dengan akurat dari sudut manapun (Mohamad Ali Murtadho, 2016).

2.2.4 Scanner QR Code (GM66)

Scanner QR Code adalah perangkat atau fitur yang digunakan untuk membaca kode QR, yaitu barcode dua dimensi yang menyimpan informasi seperti tautan, teks, atau data lainnya. *Scanner* ini bekerja dengan menangkap gambar kode QR melalui kamera atau sensor, mengkode informasi di dalamnya, lalu menampilkan hasilnya. *Scanner* QR Code dapat berupa fitur bawaan pada smartphone, aplikasi khusus, atau perangkat fisik yang sering digunakan dalam pembayaran digital, kontrol akses, dan sistem pencatatan. Perpustakaan STIE Indonesia berupaya mengurangi penggunaan alat pemindai barcode dan layar sentuh pada monitor kunjungan, perpustakaan merancang sistem pemindaian QR Code yang memungkinkan pemustaka melakukan pemindaian secara personal melalui smartphone mereka (Islam et al., 2021).



Gambar 2.4 *Scanner* QR Code (GM66)
Sumber : <https://www.manualslib.com>

GM66 adalah modul pemindai barcode dan QR Code berbasis kamera yang digunakan untuk membaca QR Code secara otomatis. Dalam sistem monitoring pemupukan kelapa sawit, GM66 berfungsi sebagai alat identifikasi node, yaitu membaca ID pohon dari QR Code dan mengirimkannya ke mikrokontroler (ESP32) melalui komunikasi serial. Penggunaan GM66 membantu mempercepat identifikasi pohon dan mengurangi kesalahan input data saat proses pemupukan. Setiap pemilik usaha diharapkan mampu memanfaatkan Teknologi informasi untuk mendukung kelancaran operasional dan menghasilkan informasi yang cepat serta akurat. Penggunaan sistem manual yang masih mengandalkan buku dan kertas berisiko tinggi terhadap hilangnya data, terutama bagi perusahaan besar dengan banyak karyawan. Pencatatan secara manual menggunakan buku dan pulpen menjadi kurang efisien dan tidak praktis (Equila & Sholihin, 2023).

2.2.5 SD Card

Kartu SD Card (*Secure Digital Card*) adalah jenis kartu memori yang digunakan untuk menyimpan data digital di berbagai perangkat elektronik, seperti ponsel, kamera digital, tablet, dan perangkat lainnya. SD card berfungsi sebagai media penyimpanan eksternal yang memungkinkan pengguna untuk menyimpan berbagai file, seperti foto, video, musik, aplikasi, dokumen, dan data lainnya. *Secure Digital Card* (SD Card) adalah salah satu perangkat yang digunakan untuk memperoleh bukti digital dalam penyelidikan kasus cybercrime (Hasa et al., 2019).



Gambar 2. 5 SD CARD

Sumber : <https://www.Fdoran.id>

2.2.6 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 et al., 2022).



Gambar 2.6 *GoogleSheet*

Sumber : [https:// www.Fimgsrv2.voi.id](https://www.Fimgsrv2.voi.id)

Google Sheets adalah software berbasis web dari Google untuk membuat tabel, perhitungan, dan pengolahan data. Aplikasi ini memanfaatkan cloud sehingga memudahkan pengguna bekerja di mana saja dengan koneksi internet. *GoogleSheets* mendukung kolaborasi, mempermudah presentasi, dan memantau data bisnis. *GoogleSheets* tersedia gratis untuk Android, iOS, dan desktop, *GoogleSheets* terintegrasi dengan Google Drive. Kekurangannya, fitur unggulan seperti kolaborasi dan penyimpanan cloud hanya dapat diakses dengan koneksi internet (Zhilla et al., 2024).

2.2.7 ESP32

ESP32 adalah mikrokontroler serbaguna dengan konsumsi daya rendah, yang dilengkapi dengan Wi-Fi dan Bluetooth Low Energy (BLE). Sebagai penerus ESP8266, ESP32 menawarkan berbagai peningkatan di semua aspek. Selain mendukung konektivitas Wi-Fi, ESP32 juga memiliki kemampuan Bluetooth Low Energy, menjadikannya lebih fleksibel. CPU yang digunakan ESP32 mirip dengan ESP8266, yaitu Xtensa LX6 dengan arsitektur 32-bit, namun kelebihan utamanya adalah adanya inti ganda. Selain itu, ESP32 memiliki ROM 128KB, SRAM 416KB, dan Flash Memory sebesar 64MB untuk menyimpan program dan data (Prafanto et al., 2021). Di bawah ini adalah gambar 2.6 yang menunjukkan dari ESP32.



Gambar 2.7 Mikrokontroler ESP32

Sumber : [https:// www. Fraharja.ac.id](https://www.Fraharja.ac.id)

Mikrokontroler ESP32 adalah mikrokontroler terpadu berbasis chip (SoC) yang memiliki WiFi 802.11 b/g/n, Bluetooth versi 4.2, dan berbagai peripheral. ESP32 adalah chip yang cukup lengkap dengan prosesor, penyimpanan, dan akses

ke GPIO (Input Output Standar). ESP32 berfungsi untuk mengganti rangkaian Arduino dan mendukung koneksi WI-FI langsung (Nizam et al., 2022).

Tabel 2.3 Spesifikasi Mikrokontroler ESP32

No	Atribut	Detail
1	Tegangan	5 Volt
2	Prosesor	Tensilica L108 32 bit
3	Kecepatan prosesor	Dual 160MHz
4	RAM	520K
5	GPIO	34
6	ADC	7
7	Dukungan 802.11	11b/g/n/e/i
No	Atribut	Detail
8	Bluetooth	BLE (Bluetooth Low Energy)
9	SPI	3
10	I2C	2
11	UART	3

2.2.8 Modul HX711

Berdasarkan (Khakim, 2015), HX711 yakni modul timbangan dengan prinsip kerja yang meneruskankan transformasi tegangan sebagaimana terukur melalui load Cell lalu dikonversikan kepada besaran listrik. Modul HX711 adalah modul ADC sebagaimana bisa dilihat melalui Gambar 2.2 dengan fungsi dalam rangka mengendalikan sinyal analog lewat sensor *load cell* dan dikonversi

menjadi bentuk sinyal digital. Pada proyek akhir ini modul HX711 digunakan untuk memberikan hasil pembacaan dari sensor *Load Cell* yang lebih presisi.



Gambar 2.8 Modul HX711

Sumber : <https://gsaelectronicindia.com/>

Spesifikasi dari modul HX711 dapat dilihat pada Tabel 2.3.

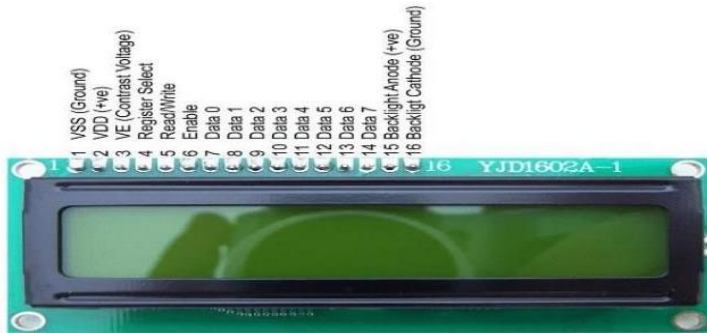
Tabel 2.4 Spesifikasi Modul HX711

NO	Spesifikasi	Penjelasan
1	Vin	5V
2	Akurasi data	24 bit (24 bit A / D converterchip)
3	Dimensi	8 mm x 21 mm
4	Input	Dua <i>channel</i> Analog dari <i>Load Cell</i>
5	Output	Tersinkronisasi (DI & SCK)
6	<i>Frequensi</i> bacaan	80Hz

2.2.9 Liquid Crystal Display (LCD)

LCD ini adalah sebuah media yang menampilkan data dengan efisien maupun efektif pada pemakaiannya dalam rangka menunjukkan suatukarakter, dalam LCD dibutuhkan berbagai rangkaian tambahan dalam rangka mempermudahnya maka sebagian besar perusahaan elektronik atau perusahaan

digital membangun modul LCD yang diklasifikasikan atas dua jenis yakni bagian depan panel mencakup titik LCD atau dot serta mikrokontroler yang tertempel di bagian belakangnya dengan fungsi dalam rangka mengatur titik tersebut hingga bisa menunjukkan angka huruf maupuntanda khusus sehingga bisa terbaca, bentuk LCD ditunjukkan melalui gambar2.3.



Gambar 2.9 *Liquid Crystal Display (LCD) 16x2*

Sumber : www.robotics-university.com

2.2.10 Motor servo

Motor servo yakni motor yang bisa bekerja secara dua arah yakni *clockwise* serta *counter clockwise*. Arah serta sudut pergerakan dari motor servo bisa dikontrol hanya melalui pemberian aturan *duty cycle* sinyal PWMdi bagian pin control sebagaimana ditunjukkan melalui Gambar 2.4.



Gambar 2. 10 Bentuk Fisik Motor servo

Sumber : <https://madengineer.com>

2.2.11 Sensor Berat (*Load Cell*)

Load Cell yakni unsur pokok dalam sistem timbangan digital (Limasari, 2009), 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 controller lalu datanya akan ditunjukkan di layar LCD. Untuk bentuk dari *Load Cell* dapat dilihat pada Gambar 2.6.



Gambar 2. 11 Bentuk Fisik Load Cell

Sumber : www.flyrobo.in

Sensor *Load Cell* digunakan dalam rangka menimbang massa dari pupuk sawit yang akan diberikan sesuai takaran yang telah ditentukan. Spesifikasi kabel pada sensor *Load Cell* seperti dibawah ini.

Tabel 2.5 Spesifikasi Sensor Load Cell

Warna Kabel	Deskripsi
Merah	Input tegangan sensor
Hitam	Input ground sensor
Hijau	Output positif sensor
Putih	Output ground sensor

2.2.12 Sistem Monitoring

Sistem monitoring atau pengawasan adalah upaya terstruktur untuk menetapkan standar kinerja dalam perencanaan, merancang sistem umpan balik informasi, dan membandingkan kinerja aktual dengan standar yang telah ditentukan. Tujuannya adalah untuk mengidentifikasi apakah terdapat penyimpangan, serta mengambil tindakan perbaikan yang diperlukan guna memastikan bahwa semua sumber daya perusahaan atau organisasi digunakan secara efektif dan efisien untuk mencapai tujuan yang diinginkan (Widiastuti & Susanto, 2014).

Sistem monitoring adalah sistem yang digunakan untuk memantau sarana dan prasarana dalam kegiatan belajar mengajar. Sebelumnya, proses monitoring dilakukan dengan memanfaatkan Microsoft Excel untuk membuat formulir, yang kemudian dicetak dan dicatat secara manual di atas kertas untuk setiap kegiatan pemantauan fasilitas kelas, lalu diarsipkan dalam folder (Melani, 2021).

Monitoring adalah proses pengawasan atau pemantauan terhadap suatu kegiatan untuk menghasilkan informasi yang bermanfaat. Informasi tersebut dapat membantu dalam pengambilan keputusan untuk kegiatan di masa depan (Maulana Ibrahim et al., 2023). Dibangun sistem yang melacak parameter produktivitas lahan sawit dari jarak jauh dengan menganalisis kondisi pohon di lahan sawit.

2.2.13 *Internet of Things (IoT)*

Istilah "*Internet of Things*" terdiri dari dua kata utama, yaitu "*Internet*" yang menghubungkan dan mengelola konektivitas, serta "*Things*" yang merujuk pada objek atau perangkat. Secara sederhana, "*Things*" yang ada dapat saling terhubung untuk mengumpulkan data dan mengirimkannya ke Internet. Data ini kemudian dapat diakses oleh "*Things*" lainnya. Setiap "*Thing*" memiliki kemampuan untuk mengirimkan data melalui jaringan dari mana saja, tanpa perlu interaksi langsung antara manusia dengan manusia atau manusia dengan perangkat computer (Selay et al., 2022).

Internet of Things (IoT) merujuk pada konsep di mana berbagai objek di dunia nyata dapat saling berinteraksi dalam suatu sistem terintegrasi, dengan memanfaatkan jaringan internet sebagai media penghubung. Sebagai contoh, kamera CCTV yang dipasang di berbagai lokasi dapat terhubung melalui internet dan dipantau di ruang kontrol meskipun berada pada jarak yang sangat jauh. Atau, sebuah rumah pintar yang dapat dikendalikan melalui smartphone dengan bantuan koneksi internet. Secara umum, perangkat IoT terdiri dari sensor untuk mengumpulkan data, koneksi internet untuk komunikasi, dan *server* yang berfungsi untuk mengolah serta menganalisis data yang diterima dari sensor (Efendi, 2018).

Pada dasarnya, IoT adalah jaringan yang menghubungkan semua objek fisik ke internet melalui perangkat jaringan atau router untuk mentransfer data. IoT memungkinkan objek-objek tersebut dikendalikan dari jarak jauh melalui infrastruktur jaringan yang tersedia. IoT merupakan Teknologi canggih yang dapat mengurangi keterlibatan manusia serta mempermudah akses ke perangkat fisik. Selain itu, IoT juga dilengkapi dengan fitur yang memungkinkan pengendalian perangkat oleh sistem tanpa memerlukan interaksi langsung dengan manusia (Nahdi & Dhika, 2021).

Mesin diciptakan untuk mempermudah pekerjaan manusia. Awalnya, mesin hanya dirancang untuk membantu manusia dan dioperasikan secara manual. Seiring waktu, mesin mulai dapat beroperasi secara otomatis. Namun, seiring berkembangnya Teknologi, pemanfaatan mesin dalam suatu sistem menghadapi kendala terkait jarak dan waktu. Dengan jarak yang sangat jauh, mesin tidak dapat

berinteraksi dengan mesin lainnya. Untuk mengatasi hal ini, diterapkan konsep *Internet of Things* (IoT), di mana semua mesin yang memiliki alamat IP dapat menggunakan jaringan internet sebagai media komunikasi untuk saling bertukar data.