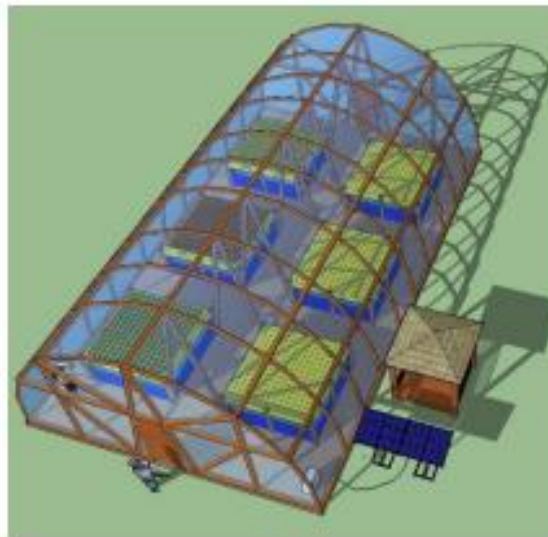


BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Greenhouse

Greenhouse atau yang lebih dikenal sebagai rumah kaca di Indonesia adalah bangunan yang dirancang untuk menghindari dan memanipulasi kondisi lingkungan demi menciptakan iklim ideal untuk pertumbuhan tanaman. Dengan menggunakan *greenhouse*, pertumbuhan tanaman menjadi lebih maksimal dan terkontrol dibandingkan dengan budidaya di luar ruangan. Untuk mencapai kondisi ideal tersebut, berbagai aspek iklim harus dikendalikan atau dimanipulasi dengan tepat. [6]. Manipulasi lingkungan terjadi dengan dua cara yaitu menghindari kondisi lingkungan yang tidak diinginkan dan menciptakan kondisi lingkungan yang diinginkan [16]. Gambar *greenhouse* dapat dilihat pada Gambar 2.1 berikut.



Gambar 2. 1 Ilustrasi Greenhouse [17]

Pada Gambar 2.1 dapat dilihat ilustrasi *greenhouse* atau yang biasa dikenal dengan rumah kaca. Membangun rumah kaca tropis sangat mungkin dan menawarkan banyak manfaat untuk tanaman dan budidaya. Produksi dapat dilakukan sepanjang tahun apabila produksi di lapangan terbuka tidak memungkinkan karena sering turun hujan dan angin kencang. Struktur rumah kaca di daerah tropis sering menggunakan sisinya untuk perlindungan dan pengaturan suhu melalui ventilasi alami atau terkontrol dengan sekat yang dapat mengurangi

serangga dan hama. Penggunaan rumah kaca dalam budidaya merupakan salah satu cara untuk menciptakan lingkungan yang mendekati kondisi optimal bagi pertumbuhan tanaman. Rumah kaca pertama kali dikembangkan dan banyak digunakan di iklim subtropis. Penggunaan rumah kaca terutama ditujukan untuk melindungi tanaman terhadap suhu udara yang terlalu rendah di musim dingin [16].

2.2. Aklimatisasi

Aklimatisasi adalah tahap terakhir dalam perbanyakan tanaman menggunakan teknik kultur jaringan. Proses ini melibatkan pemindahan planlet ke media aklimatisasi dengan cahaya rendah dan kelembapan relatif tinggi. Secara bertahap, kelembapan diturunkan dan intensitas cahaya ditingkatkan. Tujuan aklimatisasi adalah untuk menyesuaikan bibit yang baru tumbuh melalui kultur *in vitro* atau kultur jaringan agar dapat beradaptasi dengan lingkungan luar [18].

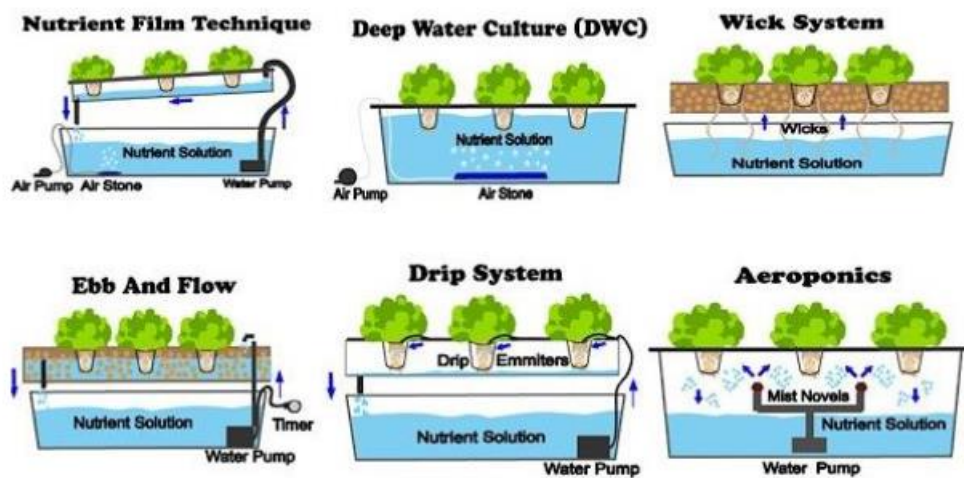
Aklimatisasi adalah fase adaptasi bagi tanaman hasil kultur jaringan yang awalnya tumbuh dalam kondisi terkendali dan kemudian harus beralih ke kondisi lapangan yang tidak terkendali. Selain itu, tanaman harus mengubah pola hidupnya dari *heterotrof* menjadi *autotrof*. Tahap aklimatisasi ini sangat penting dalam proses perbanyakan *in vitro*. Perbedaan besar, terutama dalam kelembapan dan intensitas cahaya antara lingkungan dalam botol dan luar botol, membuat aklimatisasi menjadi tahap yang sangat kritis [19].

2.3. Hidroponik

Konversi lahan pertanian menjadi kawasan industri mengurangi lahan subur untuk bertani. Hidroponik, metode bercocok tanam tanpa tanah yang menggunakan air dan nutrisi, menjadi solusi karena bisa memanfaatkan lahan terbatas [20]. Hidroponik adalah metode budidaya tanaman dalam lingkungan terkendali tanpa menggunakan tanah, di mana nutrisi tanaman diberikan secara terkontrol. Teknik ini dapat dilakukan dengan atau tanpa substrat. Awalnya, hidroponik dikenal sebagai penanaman tanpa tanah, namun seiring perkembangan teknologi, hidroponik digunakan untuk menumbuhkan tanaman dengan mengatur nutrisi sesuai kebutuhannya. Larutan unsur hara atau nutrisi yang berfungsi sebagai sumber air dan mineral sangat penting bagi pertumbuhan dan kualitas tanaman

dalam sistem hidroponik. Namun, jenis dan kadar larutan nutrisi harus diperhatikan dan dikontrol dengan tepat. Ketidakseimbangan nutrisi dapat menyebabkan tanaman menjadi kerdil, daun menguning dan gugur, serta rendahnya luas daun, sehingga tanaman tidak saling menaungi [21].

Metode Hidroponik sendiri memiliki beberapa jenis, diantaranya; aeropoinik, sistem tetes, sistem *Nutrient Film Technique* (NFT), sistem *water culture*, dan sistem pasang surut (*EBB and flow*) [22]. Gambar jenis-jenis sistem hidroponik dapat dilihat pada Gambar 2.2.



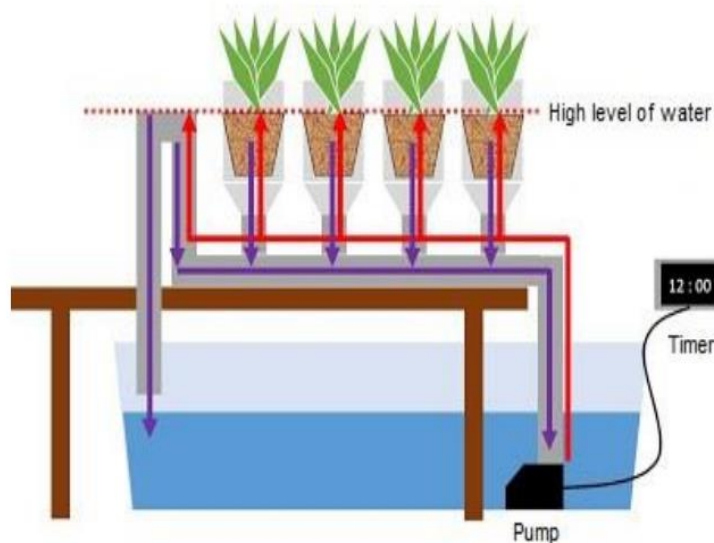
Gambar 2. 2 Jenis-jenis Sistem Hidroponik [23]

Pada Gambar 2.2 dapat dilihat beberapa jenis sistem hidroponik. Dr. William Frederick Gericke, ahli fisiologi tanaman dari Nebrasaka, membuat istilah "hidroponik" pada tahun 1936. Hidroponik adalah proses budidaya tanaman hias yang dapat dikonsumsi dengan memasukkannya ke dalam larutan air atau larutan nutrisi. Salah satu metode budidaya tanaman bersama dengan media tanah adalah hidroponik. Sebagai sumber makanan dan pertumbuhan tanaman, tanaman yang ditanam diberikan nutrisi yang kaya akan unsur-unsur penting dalam bentuk cairan atau larutan. Beberapa sistem memperlakukan akar untuk memberikan suplai makanan dengan memandikan akarnya, tetapi larutan ini disuplai di sekitar akar tanaman. Tanaman yang ditanam melalui hidroponik biasanya lebih sehat daripada menanam di tanah. Banyak keuntungan membudidayakan tanaman melalui hidroponik, salah satunya adalah bahwa tanaman tidak bersentuhan dengan tanah, menjaga kondisi tanaman dari hama dan penyakit yang datang dari atas maupun

dalam tanah, dan juga dapat memberikan nutrisi yang seimbang untuk tanaman [24].

2.4. Ebb and Flow System

Ebb and Flow System atau teknik pasang surut merupakan salah satu teknik hidroponik yang memanfaatkan prinsip pasang surut. Pemberian nutrisi pada akar tanaman dilakukan dengan cara menggenang (pasang dan surut secara bergantian) [25]. Metode *EBB and Flow* (Pasang Surut) merupakan teknik hidroponik yang umum digunakan di mana media pertumbuhan diisi dengan larutan nutrisi, dan larutan yang tidak diserap akan kembali ke bak penampung. Pengaturan waktu pasang surut dapat dilakukan menggunakan timer. Namun, penggunaan timer memiliki kekurangan, seperti konsumsi listrik yang tinggi dan penggunaan nutrisi yang tidak efisien [26]. Gambar sistem hidroponik *ebb and flow* dapat dilihat pada Gambar 2.3.



Gambar 2. 3 Sistem Hidroponik EBB and Flow [20]

Pada Gambar 2.3 Ini adalah representasi sistem hidroponik *Ebb and Flow*. Sistem ini berfungsi dengan cara menyediakan tanaman dengan air, oksigen, dan nutrisi dari wadah penyimpanan, kemudian mengalirkannya ke media yang menopang akar tanaman, biasanya dalam pasangan. Seiring waktu berjalan, air bersama dengan nutrisi akan kembali mengalir ke wadah penyimpanan di bagian bawah sistem. Penggunaan timer memungkinkan pengaturan waktu untuk tinggi

dan rendahnya air sesuai kebutuhan tanaman, sehingga tanaman tidak kebanjiran atau terendam terlalu dalam oleh air. Sistem ini bekerja dalam dua tahap: fase air tinggi, di mana tanaman disiram dengan larutan nutrisi, dan fase air rendah, di mana tanaman tidak menerima nutrisi [27].

2.5. IoT pada Sistem *Smart Farming*

Menurut IEEE (*Institute of Electrical and Electronics Engineers*), *Internet of Things* (IoT) didefinisikan sebagai suatu jaringan di mana setiap objek dilengkapi dengan sensor yang terkoneksi ke internet. IoT, atau sering disingkat sebagai IoT, adalah serangkaian perangkat pintar yang mampu memonitor, berkomunikasi, dan menginterpretasi informasi dari sekitar mereka secara *real-time*. IoT yang dihasilkan mampu mengumpulkan data yang berharga serta mengoptimalkan sistem. IoT menggunakan pemrograman untuk memungkinkan interaksi antar mesin tanpa campur tangan manusia. Interaksi ini terus-menerus memanfaatkan konektivitas internet yang terhubung secara terus-menerus [28]. Konsep *internet of things* dapat dilihat pada Gambar 2.4.



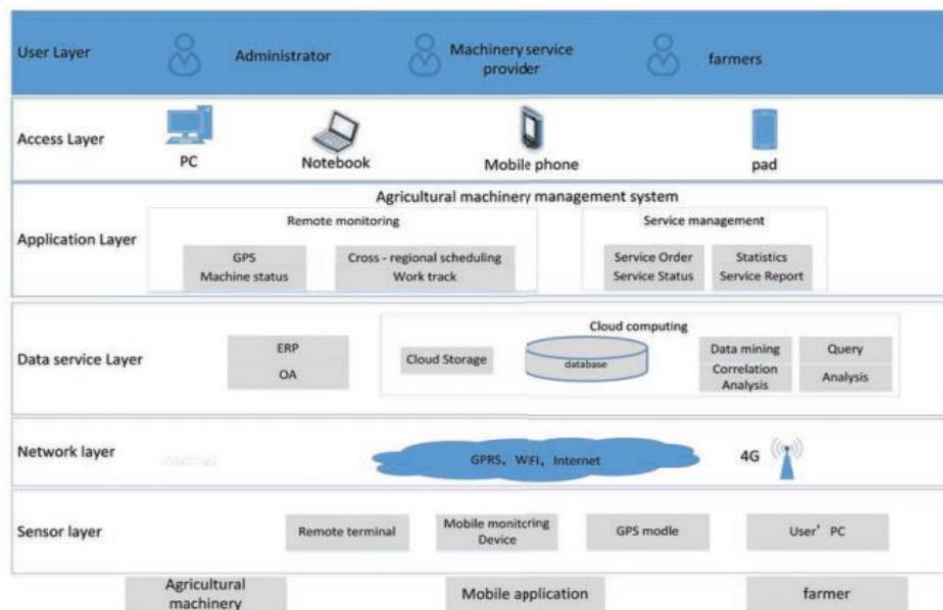
Gambar 2. 4 Konsep Internet of Things [29]

Pada Gambar 2.4 dapat dilihat gambar konsep *internet of things*. Dengan keberadaan teknologi seperti ini, kita dapat mengontrol perangkat-perangkat di sekitar kita, baik yang berada dekat maupun yang jauh. Prinsip kerja IoT adalah dengan menerjemahkan bahasa pemrograman yang telah dimasukkan ke dalam perangkat IoT itu sendiri. Perangkat tersebut umumnya disebut sebagai mikrokontroler. Setelah di-program, mikrokontroler tersebut harus terhubung dengan modul Wi-Fi sebagai akses ke jaringan internet, yang memungkinkan mikrokontroler terkoneksi dengan internet [29].

Penerapan *Internet of Things* (IoT) juga semakin luas di sektor pertanian. Ini memberikan banyak manfaat dalam mencatat atau memantau iklim mikro pertanian, baik itu secara langsung di lapangan (*on site*) maupun dari jarak jauh (*off site*). Konsep teknologi IoT diimplementasikan dengan penggunaan sensor dan aktuator, yang saling berinteraksi dan terhubung ke internet. Hal ini memungkinkan untuk pemantauan dan pengendalian dari jarak jauh. [30].

2.6. Sistem Komunikasi Data

Penggunaan *Internet of Things* (IoT) dalam pertanian melibatkan berbagai komponen, termasuk arsitektur, sensor, pengkodean, dan jaringan. Sistem IoT dalam pertanian umumnya terdiri dari 6 lapisan. Lapisan pertama adalah lapisan sensor yang bertugas untuk mengumpulkan informasi tentang lokasi, kondisi, dan kinerja mesin. Lapisan kedua adalah lapisan jaringan yang bertanggung jawab atas pengiriman informasi dari sensor ke layanan data menggunakan GPRS, Wi-Fi, Intranet, dan sistem komunikasi mobile. Lapisan ketiga adalah lapisan layanan data, di mana informasi yang terkumpul diolah dan disimpan dalam *cloud computing*. Lapisan keempat adalah lapisan aplikasi yang mengatur informasi yang tersimpan dalam layanan data. Lapisan kelima adalah lapisan akses, yang terdiri dari perangkat seperti PC, *notebook*, telepon genggam, dan perangkat sari pintar lainnya yang dapat menjalankan perangkat lunak aplikasi. Terakhir, lapisan *user* berfungsi sebagai pengguna yang mengakses dan menggunakan sistem ini [31]. Gambar arsitektur sistem IoT dapat dilihat pada Gambar 2.5.



Gambar 2. 5 Arsitektur Sistem IoT [32]

2.7. Sistem Keamanan

Sistem keamanan jaringan adalah proses yang bertujuan untuk mengidentifikasi dan mencegah akses pengguna yang tidak sah ke suatu jaringan komputer. Tujuan dari pengamanan sistem jaringan ini adalah untuk mengantisipasi risiko ancaman yang mencakup kerusakan bagian fisik komputer dan pencurian data [32]. Ancaman fisik mengacu pada tindakan yang merusak bagian fisik komputer atau hardware-nya, sedangkan ancaman logis adalah ancaman yang berupa pencurian data atau upaya penyusupan yang bertujuan untuk membobol akun seseorang.

Keamanan jaringan sangat bergantung pada kecepatan sistem jaringan dalam menanggapi gangguan yang terjadi. Untuk memperkuat keamanan jaringan komputer, penerapan sistem pendeteksi serangan dalam jaringan komputer dapat menjadi solusi. *Server*, sebagai elemen penting yang menyimpan *database*, aplikasi, dan layanan vital, memerlukan perlindungan yang kuat baik dari segi infrastruktur maupun aplikasi pendukungnya. Dengan demikian, diharapkan *server* terhindar dari gangguan yang dapat mengganggu kinerjanya sehingga pelayanan kepada klien dapat berfungsi secara optimal.

Keamanan jaringan komputer, sebagai bagian tak terpisahkan dari suatu sistem, memiliki peran yang sangat penting dalam memastikan kebenaran dan

keselamatan data, serta memastikan layanan tetap tersedia bagi pengguna. Serangan terhadap server jaringan komputer bisa terjadi tanpa memandang waktu, baik saat administrator sedang aktif maupun tidak. Oleh karena itu, keberadaan sistem keamanan di dalam server itu sendiri sangatlah krusial, dimana sistem tersebut mampu mendeteksi serangan dengan cepat dan langsung [33].

2.8. Metode *Waterfall*

Metode *Waterfall*, sering digambarkan seperti air terjun yang mengalir dari atas ke bawah, adalah model pengembangan perangkat lunak yang paling tradisional dan mudah dipahami. Metode ini membagi proses pengembangan menjadi beberapa tahapan yang berurutan dan terdefinisi dengan jelas, dengan satu tahap harus diselesaikan sebelum melanjutkan ke tahap berikutnya. Berikut ini merupakan tahapan-tahapan dalam Metode *Waterfall*:

1. Analisis Kebutuhan (*Requirement Analysis*)

Pada fase ini, pengembang perangkat lunak harus memahami seluruh informasi terkait kebutuhan perangkat lunak, seperti tujuan penggunaan perangkat lunak yang diinginkan dan batasan-batasan perangkat lunak. Informasi tersebut biasanya diperoleh melalui wawancara, survei, atau diskusi. Kemudian, informasi tersebut dianalisis untuk mendapatkan data yang lengkap mengenai kebutuhan pengguna terhadap perangkat lunak yang akan dikembangkan.

2. Desain (*Design*)

Langkah berikutnya adalah tahap Desain. Desain dilakukan sebelum proses pengkodean dimulai. Hal ini bertujuan untuk memberikan gambaran menyeluruh tentang apa yang perlu dilakukan dan bagaimana tampilan dari sistem yang diinginkan. Dengan demikian, tahap ini membantu dalam menentukan kebutuhan perangkat keras dan sistem, serta merumuskan arsitektur keseluruhan dari sistem yang akan dibuat.

3. Implementasi (*Implementation*)

Pada tahap ini, proses penulisan kode dilakukan. Pembuatan perangkat lunak akan dibagi menjadi modul-modul kecil yang nantinya akan digabungkan pada tahap selanjutnya. Selama tahap ini, pemeriksaan lebih lanjut terhadap

modul yang sudah dibuat juga dilakukan untuk memastikan apakah sudah memenuhi fungsi yang diinginkan atau belum.

4. Integrasi & Pengujian (*Integration & Testing*)

Pada tahap keempat ini, modul-modul yang sudah dibuat sebelumnya akan digabungkan. Selanjutnya, dilakukan pengujian untuk mengevaluasi apakah perangkat lunak sudah sesuai dengan desain yang diinginkan dan untuk mendeteksi kemungkinan kesalahan.

5. Pemeliharaan (*Maintenance*)

Maintenance merupakan tahapan terakhir dalam metode pengembangan *waterfall*. Pada tahapan ini, perangkat lunak yang sudah selesai dikembangkan akan dijalankan atau dioperasikan oleh pengguna [34].

2.9. Kajian Pustaka

Kajian pustaka merupakan sumber informasi hasil penelitian yang telah dilakukan yang berkaitan dengan topik “Rancang Bangun Aplikasi Sistem Monitoring Pada *Rooftop Greenhouse* Berbasis Web”. Berikut beberapa kajian pustaka yang menjadi acuan dalam penelitian yang akan dilakukan. Penelitian pertama membahas mengenai sistem digitalisasi *monitoring* dan *controlling* pada pertanian hidroponik menggunakan IoT MQTT Panel berbasis android. Pembuatan *software* dilakukan menggunakan aplikasi IoT MQTT Panel yang di-*download* melalui *google playstore*. Hasil pengujian aplikasi IoT MQTT Panel tidak terdapat *delay* saat menerima perintah menuju alat penyiram, data yang didapat secara *realtime*, dan sistem *monitoring* dan *controlling* tanaman hidroponik menggunakan aplikasi android berjalan dengan baik [35].

Penelitian kedua membahas mengenai rancang bangun sistem untuk pemantauan kondisi tanah, kontrol penyiraman, dan pemberian pupuk otomatis. Sistem *smart farming* berbasis IoT menggunakan aplikasi android pada halaman *home* dirancang untuk *monitoring* data, halaman aksi untuk *trigger* seperti penyiraman, pemberian pupuk, dan pengisian air tandon, halaman notifikasi untuk pemberitahuan pembaharuan data yang diterima. Hasil penelitian sesuai proses pembuatan sistem *smart farming*, dan aplikasi android bekerja dengan baik dalam *monitoring*, kontrol penyiraman, dan pemberian pupuk [36].

Penelitian ketiga membahas mengenai sistem untuk mengendalikan dan memonitor kondisi *greenhouse* dari jarak jauh. Pengujian *web server* dengan menjalankan SSH raspberry dan aplikasi yang telah dibuat. *Monitoring* dilakukan dengan membuka *browser* pada komputer atau ponsel dengan mengetik IP *address* Raspberry pada URL ditambahkan *port* 8080, setelah situs terbuka maka aplikasi akan menampilkan data sensor. Hasil penelitian bekerja sesuai perancangan, dan sistem *smart greenhouse* dapat mengirimkan data dengan benar ke sistem *interface* halaman situs untuk proses *monitoring* dari jarak jauh selama terhubung dengan *network* yang sama. Kekurangan penelitian ini yaitu akses halaman situs hanya melalui *network* yang sama sehingga belum terpasang IP *Address Public* dan *Dynamic DNS* (DDNS) pada router [6].

Penelitian keempat membahas mengenai penggunaan IoT pada *smart farming* untuk *me-monitoring* tanaman hidroponik. Penelitian ini menggunakan aplikasi *blynk* untuk *monitoring* tanaman. Aplikasi *blynk* menampilkan data *monitoring* keadaan alat dari jarak jauh, *blynk app* dapat di-*download* di *play store* dan terhubung dengan *database* untuk menyimpan data. Hasil penelitian seluruh kerja alat berjalan dengan baik dan aplikasi *blynk* menampilkan hasil *monitoring* dan kondisi relay dengan baik [37].

Penelitian kelima membahas mengenai perancangan sistem pemeliharaan tanaman aeroponik otomatis berbasis web. *Software* yang digunakan dalam penelitian ini yaitu sistem operasi windows 7 (64-bit), php strom, XAMPP for windows, PHP, MySql, Framework CodeIgniter, dan Google chrome. Hasil penelitian ini yaitu aplikasi sistem *monitoring* nutrisi berbasis web menggunakan IoT pada otomatisasi aeroponik, sistem dapat membantu dan mempermudah petani untuk *monitoring* nutrisi tanaman menggunakan *smartphone* dan akses halaman menggunakan web *browser* dengan informasi yang otomatis tersedia pada *dashboard website* dan data tersimpan dalam *database* [38].

Beberapa penelitian terdahulu yang sudah di jelaskan di atas , dapat dilihat juga pada Tabel 2.1 berikut.

Tabel 2.1 Kajian Pustaka

No	Judul	Penulis	Metode	Objek Penelitian	Hasil Penelitian
1	Smart Farming: Sistem Tanaman Hidroponik Terintegrasi IoT MQTT Panel Berbasis Android	I. Z. T. Dewi, M. F. Ulinuha, W. A. Mustofa, A. Kurniawan, and F. A. Rakhmadi	Pengembangan sistem hidroponik terintegrasi IoT MQTT Panel berbasis Android untuk memantau dan mengendalikan tanaman hidroponik secara real-time dan terkoneksi dengan internet.	Sistem hidroponik terintegrasi IoT MQTT Panel berbasis Android	Sistem hidroponik terintegrasi IoT MQTT Panel terbukti efektif dalam memantau dan mengendalikan tanaman hidroponik secara real-time dan terkoneksi dengan internet.
2	Rancang Bangun Sistem Smart Farming Berbasis IoT Studi Kasus Kebun Nyoman Gunitir	I. P. G. E. E. Kurnia and A. A. G. Ekayana	Pengembangan sistem smart farming berbasis IoT untuk memantau dan mengendalikan kondisi kebun Nyoman Gunitir secara real-time dan terkoneksi dengan internet.	Kebun Nyoman Gunitir	Sistem smart farming berbasis IoT terbukti efektif dalam memantau dan mengendalikan kondisi kebun Nyoman Gunitir secara real-time dan terkoneksi dengan internet.
3	Rancang Bangun Smart Greenhouse Berbasis Raspberry Pi dengan Web Framework Flask untuk Pertanian Perkotaan	Y. B. W. Yohanes Bowo Widodo, S. S. Sondang Sibuea, T. S. Tata Sutabri, and I. A. Ibrahim Aziz	Pengembangan sistem smart greenhouse berbasis Raspberry Pi dengan web framework Flask untuk memantau dan mengendalikan kondisi greenhouse secara real-time dan terkoneksi dengan internet.	Sistem smart greenhouse berbasis Raspberry Pi dengan web framework Flask	Sistem smart greenhouse berbasis Raspberry Pi dengan web framework Flask terbukti efektif dalam memantau dan mengendalikan kondisi greenhouse secara real-time dan terkoneksi dengan internet.
4	Implementasi Teknologi IoT pada Smart Farming dalam Memonitoring Tanaman Hidroponik Berbasis Android	R. S. Anwar, N. Agustina, and E. Sutinah	Implementasi teknologi IoT pada sistem smart farming untuk memantau kondisi tanaman hidroponik secara real-time dan terkoneksi dengan internet.	Sistem smart farming berbasis IoT dan aplikasi Android	Sistem smart farming berbasis IoT dan aplikasi Android terbukti efektif dalam memantau kondisi tanaman hidroponik secara real-time dan terkoneksi dengan internet.
5	Perancangan Aplikasi Berbasis Web Pada System	R. Y. Endra, A. Cucus, S. Wulandana,	Pengembangan aplikasi berbasis web pada sistem aeroponik untuk memantau dan	Sistem aeroponik dan	Aplikasi web berbasis framework CodeIgniter terbukti efektif dalam

No	Judul	Penulis	Metode	Objek Penelitian	Hasil Penelitian
	Aeroponik untuk Monitoring Nutrisi Menggunakan Framework CodeIgniter	and M. Aditya	mengendalikan nutrisi tanaman secara real-time dan terkoneksi dengan internet.	aplikasi web	memantau dan mengendalikan nutrisi tanaman aeroponik secara real-time dan terkoneksi dengan internet.