

BAB II

LANDASAN TEORI

Bab ini membahas landasan teori dan penelitian terdahulu yang relevan dengan penelitian berjudul *Rancang Bangun Sistem Kontrol Otomatis pH dan Nutrisi (PPM) pada Larutan Hidroponik Deep Flow Technique (DFT) Berbasis Internet of Things (IoT)*. Tinjauan pustaka ini bertujuan untuk memperkuat dasar ilmiah penelitian serta menunjukkan posisi penelitian terhadap penelitian sebelumnya.

2.1 Sistem Kontrol Otomatis



Gambar 2. 1 Kontrol Otomatis

Sistem kontrol otomatis merupakan suatu sistem yang dirancang untuk mengendalikan suatu proses atau variabel tertentu secara mandiri tanpa memerlukan intervensi manusia secara langsung (Pramudito & Rusimamto, 2025). Sistem ini bekerja dengan memanfaatkan sensor sebagai alat masukan untuk membaca kondisi aktual, pengendali (*controller*) sebagai pemroses data dan pengambil keputusan serta aktuator sebagai komponen keluaran yang melakukan tindakan koreksi. Dengan adanya sistem kontrol otomatis, suatu proses dapat

dijaga agar tetap berada pada kondisi yang diinginkan secara konsisten dan berkelanjutan.

Dalam konteks pertanian modern, sistem kontrol otomatis banyak diterapkan untuk menjaga kestabilan parameter lingkungan seperti suhu, kelembapan, pH dan nutrisi. Penerapan sistem kontrol otomatis pada hidroponik bertujuan untuk mengurangi ketergantungan pada pengukuran dan penyesuaian manual yang bersifat subjektif dan berisiko terjadi kesalahan. Selain itu, sistem kontrol otomatis mampu meningkatkan efisiensi waktu, ketepatan pengendalian serta konsistensi kondisi larutan nutrisi sehingga mendukung pertumbuhan tanaman yang lebih optimal.

2.2 pH dan Nutrisi (PPM)

pH dan nutrisi merupakan parameter utama yang menentukan keberhasilan budidaya tanaman pada sistem hidroponik. pH menunjukkan tingkat keasaman atau kebasaan larutan nutrisi, yang sangat berpengaruh terhadap ketersediaan dan penyerapan unsur hara oleh akar tanaman (Huda et al., 2023). Pada umumnya, tanaman hidroponik, khususnya tanaman selada, tumbuh optimal pada kisaran pH 6-7. Apabila nilai pH berada di luar kisaran tersebut, penyerapan unsur hara makro dan mikro dapat terganggu sehingga berdampak pada pertumbuhan tanaman (Lestari et al., 2022).

Selain pH, konsentrasi nutrisi yang dinyatakan dalam satuan PPM (*Parts Per Million*) juga berperan penting dalam mendukung pertumbuhan tanaman hidroponik (Wati & Sholihah, 2021). PPM menunjukkan jumlah zat terlarut dalam larutan nutrisi yang dapat diserap oleh tanaman. Konsentrasi nutrisi yang terlalu

rendah dapat menyebabkan kekurangan unsur hara, sedangkan konsentrasi yang terlalu tinggi dapat menimbulkan stres fisiologis dan menghambat pertumbuhan tanaman. Oleh karena itu, pengendalian pH dan PPM secara bersamaan menjadi hal yang sangat penting dalam sistem hidroponik agar larutan nutrisi selalu berada pada kondisi yang sesuai dengan kebutuhan tanaman.

2.2.1 Jenis Nutrisi

Dalam sistem hidroponik, nutrisi yang digunakan umumnya berupa nutrisi AB Mix, yaitu larutan nutrisi yang terdiri dari larutan A dan larutan B. Nutrisi AB Mix mengandung unsur hara makro seperti nitrogen (N), fosfor (P), kalium (K), kalsium (Ca) dan magnesium (Mg), serta unsur hara mikro seperti besi (Fe), mangan (Mn) dan seng (Zn) yang dibutuhkan tanaman untuk proses pertumbuhan dan perkembangan (Sulistyowati & Nurhasanah, 2021). Nutrisi ini banyak digunakan pada sistem hidroponik karena memiliki komposisi yang telah disesuaikan dengan kebutuhan tanaman.

Pada penelitian ini, nutrisi AB Mix digunakan sebagai sumber unsur hara pada tanaman selada dalam sistem hidroponik *Deep Flow Technique* (DFT). Konsentrasi nutrisi diukur menggunakan sensor TDS dalam satuan PPM (*Parts Per Million*) untuk memastikan larutan nutrisi tetap berada pada kondisi yang sesuai dengan kebutuhan tanaman. Dengan pengukuran dan pengendalian nutrisi yang tepat, pertumbuhan tanaman diharapkan dapat berlangsung secara optimal.

2.2.2 Larutan Pengatur pH

Larutan pengatur pH merupakan larutan yang digunakan untuk menjaga tingkat keasaman larutan nutrisi agar tetap berada pada kisaran yang sesuai dengan kebutuhan tanaman (Furoidah et al., 2026). Dalam sistem hidroponik,

kestabilan pH sangat penting karena memengaruhi proses penyerapan unsur hara oleh akar tanaman. Tanaman selada umumnya tumbuh optimal pada kisaran pH 6 - 7 sehingga diperlukan larutan khusus untuk menaikkan maupun menurunkan nilai pH larutan nutrisi.

Pada penelitian ini, larutan yang digunakan terdiri dari *pH up* dan *pH down*. Larutan *pH up* digunakan untuk meningkatkan nilai pH ketika kondisi larutan terlalu asam, sedangkan *pH down* digunakan untuk menurunkan nilai pH apabila larutan terlalu basa. Penggunaan larutan pengatur pH ini bertujuan untuk menjaga kestabilan kondisi larutan nutrisi sehingga tanaman dapat tumbuh dengan baik pada sistem hidroponik *Deep Flow Technique* (DFT).

2.3 Larutan Nutrisi pada Sistem Hidroponik

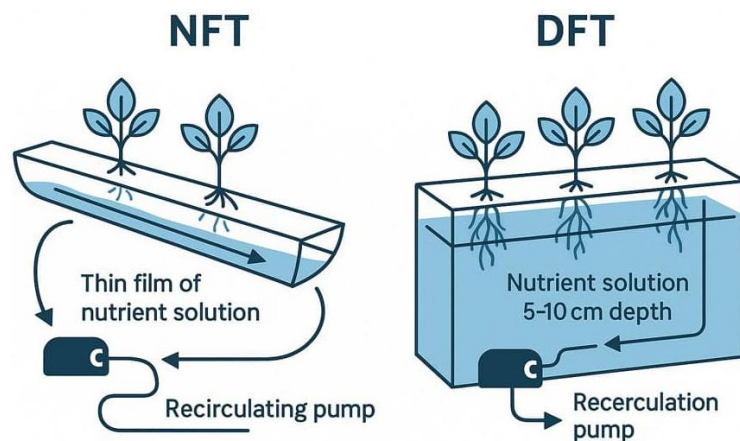
Larutan nutrisi pada sistem hidroponik merupakan media utama yang menyediakan unsur hara yang dibutuhkan tanaman untuk tumbuh dan berkembang. Larutan ini terdiri dari campuran air dan unsur hara makro seperti nitrogen, fosfor, kalium, kalsium, magnesium serta unsur hara mikro seperti besi, mangan dan seng dalam konsentrasi tertentu (Suharjo et al., 2023). Pada sistem hidroponik, seluruh kebutuhan nutrisi tanaman bergantung pada larutan ini sehingga komposisi dan kestabilannya harus dijaga dengan baik.

Kestabilan larutan nutrisi sangat dipengaruhi oleh perubahan pH dan konsentrasi nutrisi selama proses penyerapan oleh tanaman. Seiring pertumbuhan tanaman, unsur hara dalam larutan akan terus berkurang dan dapat menyebabkan ketidakseimbangan nutrisi apabila tidak dikendalikan dengan baik. Oleh karena itu, pengelolaan larutan nutrisi yang tepat, termasuk pengukuran dan penyesuaian

pH serta PPM secara berkala, menjadi faktor penting dalam menjaga kualitas larutan nutrisi pada sistem hidroponik.

2.4 Sistem Hidroponik *Deep Flow Technique* (DFT)

Deep Flow Technique (DFT) merupakan salah satu metode hidroponik yang bekerja dengan cara mengalirkan larutan nutrisi secara terus-menerus dengan kedalaman tertentu pada saluran tanam (Afriyanti et al., 2024). Pada sistem ini, akar tanaman berada di dalam larutan nutrisi sehingga memperoleh suplai air dan unsur hara secara stabil. Aliran larutan nutrisi biasanya disirkulasikan dari tandon menggunakan pompa dan dikembalikan kembali ke tandon, sehingga membentuk sistem sirkulasi tertutup.



Gambar 2. 2 Perbedaan Hidroponik NFT dan DFT

Keunggulan utama sistem DFT dibandingkan metode hidroponik lainnya adalah kestabilan suplai nutrisi dan ketahanannya terhadap gangguan aliran air atau listrik dalam waktu singkat. Kedalaman larutan yang lebih tinggi memungkinkan akar tanaman tetap terendam nutrisi meskipun pompa tidak bekerja sementara waktu. Sistem DFT sangat cocok digunakan untuk budidaya tanaman daun seperti selada karena mampu menjaga kelembapan akar dan

ketersediaan nutrisi secara konsisten, sehingga mendukung pertumbuhan tanaman yang optimal.

2.5 Tanaman Selada (*Lactuca sativa* L.)

Berdasarkan Penelitian yang dilakukan oleh (Fauzi et al., 2025) Selada (*Lactuca sativa* L.) merupakan salah satu tanaman hortikultura yang banyak dibudidayakan menggunakan sistem hidroponik, khususnya pada skala rumah tangga maupun komersial. Pada Penelitian (Sabrina, 2022), Tanaman ini memiliki siklus pertumbuhan yang relatif singkat, yaitu 40 hari setelah tanam, sehingga sangat sesuai dijadikan objek penelitian dalam pengujian kinerja suatu sistem hidroponik. Selain itu, selada memiliki nilai ekonomi yang cukup tinggi dan permintaan pasar yang stabil.



Gambar 2. 3 Selada (*Lactuca sativa* L.)

Dalam sistem hidroponik, selada memerlukan kondisi lingkungan yang relatif stabil, terutama terkait pH dan konsentrasi nutrisi larutan. Selada tumbuh optimal pada kisaran pH 6,0 – 7,0 dengan konsentrasi nutrisi (PPM) yang disesuaikan dengan fase pertumbuhan tanaman (Dina, 2025). Ketidakstabilan pH dan PPM dapat menyebabkan gangguan penyerapan unsur hara yang berdampak pada pertumbuhan daun, warna daun, serta kualitas hasil panen. Oleh karena itu,

selada sangat cocok digunakan sebagai tanaman uji dalam penelitian sistem kontrol otomatis pH dan nutrisi.

2.6 *Internet of Things (IoT)*

Internet of Things (IoT) merupakan konsep teknologi yang memungkinkan berbagai perangkat fisik untuk saling terhubung dan bertukar data melalui jaringan internet (Indrayani et al., 2025). Dalam sistem IoT, perangkat seperti sensor dan aktuator dapat mengirimkan data secara *real-time* ke sistem pengendali atau *platform monitoring* sehingga kondisi suatu sistem dapat dipantau dari jarak jauh.



Gambar 2. 4 Internet of Things

Penerapan IoT dalam bidang pertanian, khususnya pada sistem hidroponik, memungkinkan proses *monitoring* dan pengendalian parameter penting seperti pH dan konsentrasi nutrisi dilakukan secara otomatis dan berkelanjutan. Dengan integrasi IoT, data hasil pembacaan sensor dapat ditampilkan melalui *dashboard digital* atau aplikasi serta digunakan sebagai dasar pengambilan keputusan oleh sistem kontrol otomatis. Hal ini mendukung efisiensi pengelolaan sistem hidroponik dan penerapan konsep pertanian modern berbasis teknologi.

2.7 Blynk

Blynk merupakan *platform Internet of Things (IoT)* yang digunakan sebagai antarmuka *monitoring* dan kontrol pada sistem hidroponik berbasis mikrokontroler. *Platform* ini memungkinkan pengguna untuk memantau kondisi sistem secara *real-time* melalui aplikasi pada perangkat *smartphone*. Dalam penelitian ini, Blynk digunakan untuk menampilkan data hasil pembacaan sensor, seperti nilai pH dan nutrisi (PPM) larutan hidroponik, sehingga pengguna dapat mengetahui kondisi larutan tanpa harus melakukan pengukuran secara langsung di lokasi (Marpaung et al., 2025).



Gambar 2. 5 Blynk

Selain fungsi *monitoring*, Blynk juga mendukung pengendalian sistem secara jarak jauh melalui *widget* yang tersedia pada aplikasi. Dengan memanfaatkan konektivitas internet, data dari sistem dapat dikirim dan diakses secara terus-menerus, sehingga proses pemantauan menjadi lebih praktis dan efisien. Penggunaan Blynk dalam sistem ini mendukung penerapan konsep pertanian cerdas (*smart agriculture*) karena memungkinkan pengawasan sistem hidroponik dilakukan secara mudah, fleksibel dan *real-time*.

2.8 ESP32

ESP32 merupakan mikrokontroler yang digunakan sebagai pusat kendali pada sistem kontrol otomatis pH dan nutrisi (PPM) larutan hidroponik *Deep Flow Technique* (DFT). ESP32 dipilih karena memiliki kemampuan pemrosesan yang baik, konsumsi daya yang relatif rendah, serta telah dilengkapi dengan modul WiFi dan Bluetooth terintegrasi (Aulia et al., 2025). Fitur konektivitas ini memungkinkan ESP32 untuk terhubung langsung ke jaringan internet tanpa memerlukan perangkat tambahan, sehingga sangat mendukung penerapan sistem berbasis *Internet of Things* (IoT).

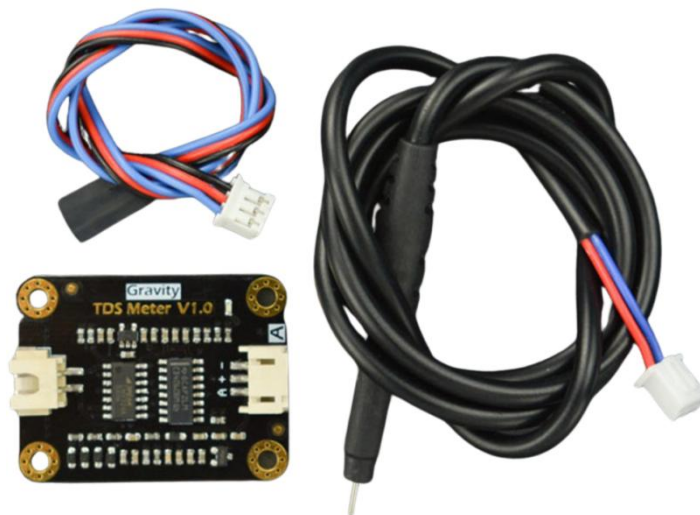


Gambar 2. 6 ESP32

Selain itu, ESP32 memiliki jumlah pin input/output yang cukup untuk menghubungkan berbagai sensor dan aktuator dalam sistem hidroponik. Mikrokontroler ini berfungsi untuk menerima data dari sensor pH dan sensor nutrisi (PPM), mengolah data tersebut berdasarkan logika yang telah diprogram, serta mengendalikan aktuator melalui modul relay. Dengan kemampuan tersebut, ESP32 menjadi komponen utama yang memastikan sistem dapat melakukan *monitoring* dan kontrol larutan nutrisi secara otomatis dan *real-time*.

2.9 Sensor TDS

Sensor TDS (*Total Dissolved Solids*) digunakan untuk mengukur konsentrasi nutrisi terlarut dalam larutan hidroponik yang dinyatakan dalam satuan PPM (*Parts Per Million*) (Maulana, 2024). Nilai PPM menunjukkan jumlah total zat terlarut yang tersedia bagi tanaman, sehingga parameter ini sangat penting dalam menentukan kecukupan nutrisi pada sistem hidroponik. Pada tanaman daun seperti selada, nilai PPM harus dijaga pada rentang tertentu agar pertumbuhan tanaman berlangsung optimal dan tidak mengalami kelebihan maupun kekurangan nutrisi.



Gambar 2. 7 Sensor TDS

Dalam sistem kontrol otomatis hidroponik DFT, sensor TDS berfungsi sebagai alat pengambilan data konsentrasi nutrisi secara *real-time*. Data yang dihasilkan oleh sensor TDS dikirimkan ke mikrokontroler untuk diproses dan dijadikan dasar pengambilan keputusan dalam pengendalian sistem. Dengan adanya sensor TDS, sistem mampu memantau kondisi nutrisi larutan secara berkelanjutan sehingga kestabilan PPM dapat terjaga sesuai dengan kebutuhan tanaman.

Nilai TDS pada setiap jenis tanaman hidroponik memiliki rentang yang berbeda-beda sesuai dengan kebutuhan nutrisi masing-masing tanaman. Tanaman daun seperti selada umumnya memerlukan konsentrasi nutrisi yang lebih rendah dibandingkan tanaman buah seperti tomat. Perbedaan rentang nilai tersebut menjadi acuan dalam menentukan batas minimum dan maksimum nutrisi yang harus dipertahankan selama proses budidaya. Oleh karena itu, pemantauan nilai TDS secara berkala sangat diperlukan untuk memastikan larutan nutrisi tetap berada pada kisaran optimal. Adapun rentang nilai TDS untuk beberapa jenis tanaman hidroponik dapat dilihat pada Gambar 2.8 sebagai referensi dalam menentukan parameter pengukuran pada penelitian ini.

Jenis tanaman	pH	ppm
Selada	6.0 - 7.0	560 - 840
Pak choy / sawi	7.0	1050 - 1400
Bayam	6.0 - 7.0	1260 - 1610
Kobis	6.5 - 7.0	1750 - 2100
Brokoli	6.0 - 6.8	1960 - 2450
Kembang kol	6.5 - 7.0	1050 - 1400
Seledri	6.5	1260 - 1680
Mentimun	5.5	1190 - 1750
Terong	6.0	1750 - 2450
Tomat	6.0 - 6.5	1400 - 3500
Kemangi/Basil	5.5 - 6.5	700 - 1120
Daun bawang	6.0 - 6.5	1260 - 1540

Gambar 2. 8 Nilai pH dan TDS Optimal Beberapa Tanaman Hidroponik

Berdasarkan Gambar 2.8, dapat diketahui bahwa setiap tanaman memiliki kebutuhan nilai pH dan TDS yang berbeda. Pada penelitian ini, rentang nilai tersebut digunakan sebagai dasar acuan dalam menentukan batas parameter sistem monitoring kualitas air berbasis IoT yang dirancang.

2.10 Sensor pH

Sensor pH digunakan untuk mengukur tingkat keasaman atau kebasaan suatu media, yang pada prinsipnya juga dapat diterapkan untuk membaca nilai pH

larutan nutrisi pada sistem hidroponik. Nilai pH merupakan parameter penting karena memengaruhi kemampuan tanaman dalam menyerap unsur hara. Pada tanaman selada, pH larutan nutrisi umumnya berada pada kisaran 6,0 – 7,0 agar penyerapan nutrisi berlangsung secara optimal (Mardika, 2021).



Gambar 2. 9 Soil pH Sensor

Dalam sistem ini, sensor pH berfungsi untuk memantau perubahan nilai pH larutan nutrisi secara terus-menerus. Data hasil pembacaan sensor pH dikirimkan ke mikrokontroler sebagai *input* untuk menentukan tindakan pengendalian yang diperlukan. Dengan pemantauan pH yang berkelanjutan, sistem dapat mendeteksi kondisi larutan yang tidak sesuai dan menjadi dasar dalam menjaga kestabilan lingkungan tumbuh tanaman hidroponik.

2.11 Pompa Air

Pompa air merupakan komponen yang berfungsi untuk mengalirkan larutan nutrisi dalam sistem hidroponik *Deep Flow Technique* (DFT). Pompa air memastikan sirkulasi larutan nutrisi berlangsung secara kontinu sehingga akar tanaman selalu mendapatkan suplai air dan unsur hara yang cukup. Sirkulasi yang baik sangat penting untuk menjaga kestabilan larutan nutrisi serta mencegah terjadinya pengendapan yang dapat memengaruhi kualitas nutrisi.



Gambar 2. 10 Pompa Air 12V

Dalam sistem kontrol otomatis, pompa air juga berperan dalam proses penyesuaian kondisi larutan nutrisi. Pompa digunakan untuk mengalirkan larutan nutrisi, larutan penambah nutrisi maupun larutan pengatur pH sesuai dengan perintah yang diberikan oleh sistem. Dengan adanya pompa air, sistem hidroponik DFT dapat bekerja secara lebih efisien dan mendukung pertumbuhan tanaman selada secara optimal.

2.12 Relay

Relay merupakan komponen elektronik yang berfungsi sebagai saklar otomatis untuk menghubungkan dan memutuskan arus listrik pada perangkat berdaya lebih besar (Pratika et al., 2021). Dalam sistem hidroponik berbasis mikrokontroler, relay digunakan sebagai penghubung antara ESP32 dengan perangkat seperti pompa air dan pompa larutan. Relay memungkinkan mikrokontroler yang bekerja pada tegangan rendah untuk mengendalikan perangkat listrik dengan aman.



Gambar 2. 11 Relay

Penggunaan relay dalam sistem kontrol otomatis memungkinkan proses pengendalian pompa dilakukan secara terprogram. Berdasarkan hasil pembacaan sensor dan logika sistem, relay akan aktif atau nonaktif untuk mengendalikan kerja pompa sesuai kebutuhan. Dengan demikian, relay berperan penting dalam mewujudkan sistem hidroponik yang bekerja secara otomatis, terintegrasi, dan responsif terhadap perubahan kondisi larutan nutrisi.

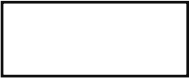
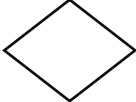
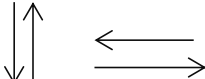
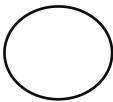
2.13 Flowchart

Flowchart adalah penggambaran secara grafik dari langkah-langkah dan urutanurutan prosedur dari suatu program. *Flowchart* menolong analis dan programmer untuk memecahkan masalah kedalam segmen-segmen yang lebih kecil dan menolong dalam menganalisis alternative-alternatif lain dalam pengoperasian. *Flowchart* biasanya mempermudah penyelesaian suatu masalah khususnya masalah yang perlu dipelajari dan di evaluasi lebih lanjut. Perangkat lunak pembelajaran implementasi *flowchart* ini dapat membantu dalam memahami algoritma-algoritma yang ada dalam menampilkan proses dan tahapan-tahapan dalam pembuatan *flowchart*. Perangkat lunak pembelajaran implementasi *flowchart* ini mampu merancang suatu *flowchart* berbasis objek

tanpa perlu mengisi kode program isi instruksi dari masing-masing objek *flowchart*. Perangkat lunak pembelajaran implementasi *flowchart* ini juga menyediakan objek-objek yang dibutuhkan dalam pembuatan suatu algoritma *flowchart* sehingga mempermudah pengguna dalam pembuatan suatu *flowchart* (Daulay et al., 2025).

Setiap langkah digambarkan dalam bentuk diagram dan dihubungkan dengan garis atau arah panah Flowchart sendiri terdiri dari beberapa symbol di antaranya sebagai berikut :

Tabel 2. 1 simbol-simbol Flowchart

Simbol	Nama Simbol	Fungsi
	Terminal	Untuk permulaan atau akhir dari suatu program
	Input-Output	Simbol yang menyatakan proses input atau output terlepas dari jenis perangkat.
	csProcess	Proses operasional computer.
	Decision	Untuk menunjukkan bahwa suatu kondisi tertentu mengarah pada dua kemungkinan, ya atau tidak.
	Arus/Flow	Menyatakan jalannya arus suatu proses
	Connector	Koneksi penghubung proses ke proses lain pada halaman yang Connector sama.

Dari Tabel di atas menjelaskan simbol bagian-bagian diantaranya ada *terminal*, *output* atau *input*, *process*, *decision*, *connector* dan *flow* memiliki berbagai bentuk dan fungsi kegunaan yang berbeda.