

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 E-Monitoring

E-Monitoring merupakan sistem pemantauan elektronik yang memanfaatkan teknologi digital untuk mengumpulkan, mengirim, dan menampilkan data secara otomatis dan berkelanjutan (Giawa, Siambaton, & Haramaini, 2024). Sistem ini bekerja dengan mengintegrasikan perangkat sensor, jaringan komunikasi, serta platform pemrosesan data sehingga informasi dapat diakses secara *real-time*. *E-Monitoring* banyak digunakan untuk memantau kondisi lingkungan, kinerja sistem, maupun aktivitas tertentu yang membutuhkan pengawasan terus-menerus. Keunggulan utama dari *E-Monitoring* terletak pada kemampuannya memberikan data yang akurat, mengurangi ketergantungan pada pengamatan manual, serta mempercepat pengambilan keputusan berbasis data. Selain itu, sistem ini juga mampu menyimpan data historis yang berguna untuk analisis dan evaluasi dalam jangka panjang.

Penerapan *E-Monitoring* pada sektor pertanian memberikan kemudahan dalam memantau faktor lingkungan seperti cuaca dan kelembaban tanah yang sangat berpengaruh terhadap pertumbuhan tanaman. Dengan dukungan Internet of Things (IoT), data dari sensor dapat dikirim secara *real-time* dan ditampilkan melalui perangkat digital sehingga kondisi lahan dapat dipantau kapan saja. Pemantauan yang berkelanjutan memungkinkan identifikasi perubahan lingkungan secara cepat dan membantu menentukan tindakan yang tepat untuk menjaga kondisi tanaman tetap optimal. Pemanfaatan *E-Monitoring* diharapkan mampu meningkatkan efisiensi pengelolaan pertanian, mengurangi risiko kegagalan panen,

serta mendukung peningkatan hasil dan kualitas produksi tanaman sawi secara berkelanjutan.

2.2 Pendeteksi Cuaca

Pendeteksi cuaca merupakan sistem yang dirancang untuk mengamati dan mengukur kondisi atmosfer seperti suhu udara, kelembaban, curah hujan, dan intensitas cahaya matahari (Kania, Gunawan, Solihati, Hidayanti, & Miftach, 2024). Sistem ini bekerja dengan memanfaatkan sensor yang mampu menangkap perubahan lingkungan secara terus-menerus dan menghasilkan data yang akurat. Informasi cuaca sangat penting karena perubahan kecil pada suhu atau kelembaban dapat berdampak besar terhadap aktivitas manusia, khususnya di bidang pertanian. Dengan adanya pendeteksi cuaca, proses pengamatan tidak lagi bergantung pada perkiraan atau pengalaman semata, melainkan berdasarkan data yang terukur dan dapat dianalisis untuk mendukung pengambilan keputusan yang lebih tepat.

Pendeteksi cuaca memiliki peran penting dalam mendukung pengelolaan tanaman sawi karena kondisi cuaca berpengaruh langsung terhadap pertumbuhan dan hasil panen (Inzagi, Amirudin, Winasis, & Esp, 2025). Data suhu, kelembaban udara, dan curah hujan yang diperoleh secara *real-time* dapat digunakan untuk mengetahui kondisi lingkungan di sekitar tanaman secara akurat. Informasi tersebut memungkinkan penyesuaian pola penyiraman dan perawatan tanaman agar sesuai dengan kebutuhan sawi. Integrasi pendeteksi cuaca dengan teknologi Internet of Things (IoT) menjadikan pemantauan lebih efektif dan efisien, sehingga mendukung upaya peningkatan produktivitas serta kualitas hasil panen sawi.

2.3 Pendeteksi Kelembaban

Pendeteksi kelembaban merupakan perangkat yang digunakan untuk mengukur kadar air di dalam tanah secara akurat. Sensor kelembaban tanah bekerja dengan membaca perubahan sifat fisik tanah, seperti resistansi atau kapasitansi, yang dipengaruhi oleh kandungan air (Akhyar, 2022). Data yang dihasilkan memberikan gambaran kondisi tanah apakah berada dalam keadaan kering, lembap, atau jenuh air. Informasi ini sangat penting dalam bidang pertanian karena kelembaban tanah berperan besar dalam proses penyerapan air dan unsur hara oleh akar tanaman. Kelembaban yang tidak sesuai dapat menghambat pertumbuhan, menurunkan kualitas tanaman, serta meningkatkan risiko penyakit. Oleh karena itu, penggunaan pendeteksi kelembaban menjadi salah satu solusi teknologi untuk mendukung pengelolaan tanah yang lebih efektif dan efisien.

Penerapan pendeteksi kelembaban tanah memungkinkan pemantauan kondisi lahan secara *real-time* dan berkelanjutan. Data kelembaban yang diperoleh dapat digunakan sebagai dasar pengambilan keputusan dalam pengaturan penyiraman agar sesuai dengan kebutuhan tanaman sawi. Dengan informasi yang akurat, petani dapat menghindari penyiraman berlebihan maupun kekurangan air yang dapat menurunkan hasil panen. Integrasi pendeteksi kelembaban dengan sistem berbasis Internet of Things juga memungkinkan pemantauan jarak jauh dan pencatatan data secara otomatis.

2.4 Internet of Things (IoT)

Internet of Things (IoT) merupakan konsep teknologi yang memungkinkan berbagai perangkat fisik saling terhubung melalui jaringan internet untuk mengumpulkan, mengirim, dan mengolah data secara otomatis (Setyawan &

Marjunus, 2024). Perangkat IoT umumnya dilengkapi dengan sensor, mikrokontroler, dan sistem komunikasi yang mampu bekerja secara *real-time* tanpa keterlibatan manusia secara langsung (Nahdi & Dhika, n.d.). Teknologi ini banyak diterapkan pada berbagai bidang seperti industri, kesehatan, transportasi, dan pertanian karena mampu meningkatkan efisiensi, akurasi, serta kecepatan dalam pengambilan keputusan. Dengan kemampuan pemantauan dan pengolahan data secara berkelanjutan, IoT menjadi solusi yang efektif untuk mengatasi permasalahan yang membutuhkan pengawasan lingkungan secara terus-menerus (Pane, Purnama, Dar Hasibuan, & Rasyid Munthe, 2024).

Penerapan IoT pada sektor pertanian memungkinkan pemantauan kondisi lingkungan seperti cuaca dan kelembaban tanah secara *real-time* melalui penggunaan sensor yang terintegrasi (Sandi, Fatma, & Kompuer, 2023). Data yang diperoleh dapat membantu petani memahami kondisi lahan secara lebih akurat sehingga tindakan pengelolaan tanaman dapat dilakukan secara tepat waktu (Sitorus, Karim, & Pane, 2025). Pemanfaatan IoT pada budidaya sawi mendukung pengambilan keputusan yang lebih efektif terkait penyiraman dan perawatan tanaman, sehingga pertumbuhan dapat berlangsung optimal. Integrasi teknologi ini berpotensi meningkatkan produktivitas, efisiensi penggunaan sumber daya, serta kualitas hasil panen secara berkelanjutan (Indrayani, Sitorus, & Pane, 2025).

2.5 Mikrokontroller

Mikrokontroler merupakan sebuah sistem komputer mini yang terintegrasi dalam satu chip dan dirancang untuk menjalankan fungsi pengendalian tertentu. Di dalamnya terdapat prosesor, memori, serta perangkat input dan output yang memungkinkan mikrokontroler menerima, memproses, dan menghasilkan data

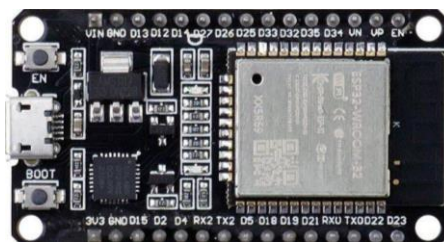
sesuai dengan program yang ditanamkan (Mufti & Reza, 2022). Mikrokontroler banyak digunakan karena ukurannya yang kecil, konsumsi daya yang rendah, serta kemampuannya untuk bekerja secara terus-menerus dengan tingkat keandalan yang tinggi (Aini, Saragih, & Hidayat, n.d.). Perangkat ini mampu mengolah data dari berbagai sensor, melakukan perhitungan, serta mengendalikan komponen lain seperti aktuator, layar, dan modul komunikasi. Fleksibilitas dan efisiensi tersebut menjadikan mikrokontroler sebagai komponen utama dalam pengembangan sistem elektronik modern, terutama pada bidang otomasi dan sistem tertanam.

Penggunaan mikrokontroler memungkinkan pengolahan data cuaca dan kelembaban tanah yang diperoleh dari sensor dilakukan secara *real-time* dan akurat (Ulfada, Nurfiana, & Handayani, 2022). Data yang masuk dapat diproses untuk ditampilkan dalam bentuk informasi yang mudah dipahami serta dikirimkan melalui jaringan internet. Mikrokontroler berperan sebagai pusat kendali yang menghubungkan sensor, modul komunikasi, dan sistem *monitoring* sehingga seluruh proses berjalan secara terintegrasi. Dengan kemampuan pemrograman yang fleksibel, mikrokontroler mendukung pengembangan sistem *e-monitoring* berbasis Internet of Things yang mampu meningkatkan efisiensi pengelolaan lahan sawi dan membantu pengambilan keputusan secara tepat untuk meningkatkan hasil panen.

2.6 ESP32

ESP32 merupakan mikrokontroler yang dikembangkan oleh Espressif Systems dan dikenal memiliki kemampuan pemrosesan yang cukup tinggi dengan konsumsi daya yang rendah (Ramschie et al., 2021). Perangkat ini dilengkapi dengan modul Wi-Fi dan Bluetooth terintegrasi, sehingga sangat mendukung kebutuhan komunikasi data tanpa kabel. ESP32 memiliki banyak pin input dan

output yang dapat digunakan untuk menghubungkan berbagai jenis sensor dan aktuator. Selain itu, mikrokontroler ini mendukung pemrograman menggunakan beberapa platform seperti Arduino IDE, MicroPython, dan ESP-IDF, sehingga fleksibel dan mudah dikembangkan. Keunggulan lain dari ESP32 adalah kemampuannya dalam menangani proses multitasking serta pengolahan data secara *real-time*, menjadikannya banyak digunakan dalam pengembangan sistem tertanam dan aplikasi Internet of Things.



Gambar 2. 1. Esp32

Penggunaan ESP32 memungkinkan integrasi sensor cuaca dan kelembaban tanah dalam satu sistem pemantauan yang terhubung ke jaringan internet. Data yang diperoleh dari sensor dapat diproses dan dikirimkan secara *real-time* ke platform *monitoring*, sehingga kondisi lingkungan dapat dipantau secara berkelanjutan. Kemampuan komunikasi nirkabel yang dimiliki ESP32 mendukung pengiriman data jarak jauh tanpa memerlukan infrastruktur yang rumit. Dengan pemrosesan yang stabil dan responsif, ESP32 mampu menjadi pusat kendali dalam sistem *e-monitoring* untuk mendukung pengambilan keputusan yang lebih cepat dan akurat terkait pengelolaan tanaman sawi.

2.7 Sensor Suhu dan Kelembaban Udara (DHT22)

Sensor DHT22 merupakan sensor digital yang berfungsi untuk mengukur suhu dan kelembaban udara dengan tingkat akurasi yang cukup baik. Sensor ini

mampu membaca suhu pada rentang yang luas serta kelembaban udara dengan resolusi yang tinggi, sehingga banyak digunakan pada sistem pemantauan lingkungan. DHT22 bekerja dengan menggabungkan sensor kelembaban kapasitif dan termistor untuk mengukur perubahan suhu, kemudian mengirimkan data dalam bentuk sinyal digital. Keunggulan sensor ini terletak pada kestabilan pembacaan, konsumsi daya yang rendah, serta kemudahan integrasi dengan mikrokontroler, sehingga cocok digunakan pada berbagai aplikasi *monitoring* berbasis elektronik dan IoT.



Gambar 2. 2. DHT22

Penggunaan sensor DHT22 memungkinkan pemantauan kondisi suhu dan kelembaban udara secara *real-time* pada area pertanian sawi. Data yang dihasilkan dapat membantu mengetahui kondisi lingkungan yang memengaruhi pertumbuhan tanaman, terutama dalam menjaga suhu dan kelembaban udara tetap berada pada kisaran optimal. Informasi tersebut dapat dimanfaatkan sebagai dasar pengambilan keputusan dalam pengelolaan lahan, seperti penyesuaian waktu penyiraman atau perlindungan tanaman dari kondisi cuaca ekstrem, sehingga mendukung peningkatan kualitas dan hasil panen sawi.

2.8 Rain Sensor Module

Rain Sensor Module merupakan perangkat sensor yang digunakan untuk mendeteksi adanya air atau curah hujan melalui perubahan nilai resistansi pada

permukaan sensornya. Sensor ini umumnya terdiri dari papan pendeteksi berbahan konduktor dan modul pengendali yang mengubah sinyal analog menjadi data yang dapat dibaca oleh mikrokontroler. Ketika permukaan sensor terkena air hujan, nilai resistansi akan menurun sehingga menghasilkan perubahan tegangan listrik. Perubahan ini kemudian diolah menjadi informasi mengenai intensitas hujan, mulai dari gerimis hingga hujan lebat. Rain Sensor Module banyak digunakan karena memiliki struktur sederhana, respons cepat, konsumsi daya rendah, serta mudah diintegrasikan dengan berbagai sistem elektronik.

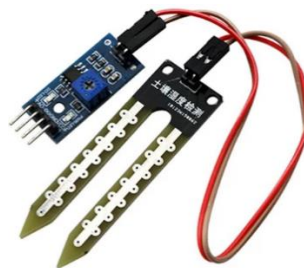


Gambar 2. 3. Rain Sensor Module

Penggunaan Rain Sensor Module memungkinkan pemantauan kondisi hujan secara *real-time* untuk mengetahui perubahan cuaca yang terjadi di area pertanian. Informasi curah hujan yang diperoleh dapat membantu menentukan kondisi lingkungan yang memengaruhi kelembaban tanah dan pertumbuhan tanaman sawi. Data dari sensor hujan yang terhubung dengan sistem *e-monitoring* berbasis Internet of Things (IoT) dapat dikirim dan diakses secara daring, sehingga mendukung pengambilan keputusan yang lebih tepat terkait pengelolaan lahan. Dengan pemantauan hujan yang akurat, risiko kelebihan atau kekurangan air pada tanaman dapat diminimalkan, sehingga potensi peningkatan hasil panen sawi dapat tercapai secara lebih optimal.

2.9 *Soil Moisture Sensor (Capacitive)*

Soil Moisture Sensor tipe kapasitif merupakan perangkat yang digunakan untuk mengukur tingkat kelembaban tanah berdasarkan perubahan nilai kapasitansi. Sensor ini bekerja dengan memanfaatkan sifat dielektrik tanah, di mana kadar air yang berbeda akan memengaruhi kemampuan tanah dalam menyimpan muatan listrik. Dibandingkan sensor resistif, sensor kapasitif memiliki keunggulan karena tidak mudah mengalami korosi, sehingga lebih tahan lama dan stabil saat digunakan dalam jangka waktu panjang. Sensor ini mampu memberikan pembacaan kelembaban tanah secara lebih akurat dan konsisten, terutama pada kondisi lingkungan yang lembap, sehingga banyak digunakan pada sistem pemantauan pertanian modern.



Gambar 2. 4. *Soil Moisture Sensor (Capacitive)*

Penggunaan *Soil Moisture Sensor* kapasitif memungkinkan pemantauan kelembaban tanah secara *real-time* untuk mendukung pengelolaan tanaman sawi. Data kelembaban yang diperoleh dapat digunakan sebagai acuan dalam menentukan kebutuhan penyiraman agar tanaman tidak mengalami kekurangan atau kelebihan air. Dengan informasi yang akurat dan berkelanjutan, petani dapat menjaga kondisi tanah tetap optimal sehingga pertumbuhan tanaman sawi lebih baik dan hasil panen dapat meningkat. Integrasi sensor ini dengan sistem e-

monitoring berbasis Internet of Things juga memungkinkan pengiriman data secara efisien dan mudah diakses melalui perangkat digital.

2.10 Relay Module 1 Channel

Relay Module 1 Channel merupakan perangkat elektronika yang berfungsi sebagai saklar listrik yang dapat dikendalikan secara digital. Modul ini memungkinkan sinyal bertegangan rendah dari mikrokontroler untuk mengontrol beban bertegangan dan berarus lebih tinggi, seperti pompa air, lampu, atau perangkat listrik lainnya. Relay bekerja dengan prinsip elektromagnetik, di mana arus listrik kecil mengaktifkan kumparan untuk mengubah posisi kontak, sehingga arus listrik pada beban dapat terhubung atau terputus. Keunggulan Relay Module 1 Channel terletak pada kemudahan penggunaannya, tingkat keamanan yang baik karena adanya isolasi antara rangkaian kontrol dan beban, serta kompatibilitasnya dengan berbagai platform mikrokontroler.



Gambar 2. 5. Relay 1 Module

Penggunaan Relay Module 1 Channel mendukung sistem *e-monitoring* dengan memungkinkan pengendalian perangkat pendukung pertanian berdasarkan data yang diperoleh dari sensor cuaca dan kelembaban tanah. Modul ini berperan

sebagai penghubung antara sistem pemantauan digital dan perangkat fisik di lapangan, seperti pompa penyiraman atau alat bantu lainnya. Dengan adanya relay, sistem dapat merespons kondisi lingkungan secara cepat dan terukur, sehingga pengelolaan lahan menjadi lebih efisien dan terkontrol. Integrasi relay dalam sistem berbasis Internet of Things membantu menciptakan mekanisme kerja yang lebih otomatis, akurat, dan mendukung peningkatan produktivitas pertanian secara keseluruhan.

2.11 Pompa Air Mini

Pompa air mini merupakan perangkat mekanis berukuran kecil yang berfungsi untuk memindahkan air dari satu tempat ke tempat lain dengan menggunakan tenaga listrik atau sumber daya lainnya. Pompa ini banyak digunakan pada skala kecil karena desainnya yang sederhana, hemat energi, dan mudah dipasang. Pompa air mini mampu mengalirkan air secara stabil sesuai kebutuhan, baik untuk keperluan rumah tangga, akuarium, hidroponik, maupun irigasi sederhana. Kinerja pompa dipengaruhi oleh daya listrik, kapasitas aliran, dan tekanan air yang dihasilkan, sehingga pemilihan pompa harus disesuaikan dengan kebutuhan penggunaan agar efisiensinya tetap optimal.



Gambar 2. 6. Pompa Air Mini

Penggunaan pompa air mini memiliki peran penting dalam mendukung pengelolaan air pada lahan pertanian sawi, terutama untuk menjaga kelembaban tanah tetap sesuai kebutuhan tanaman. Pompa ini dapat membantu menyalurkan air secara terkontrol sehingga penyiraman menjadi lebih merata dan efisien. Ketika dikombinasikan dengan sistem pemantauan cuaca dan kelembaban tanah berbasis Internet of Things (IoT), pompa air mini dapat dioperasikan berdasarkan data lingkungan yang terukur. Hal ini memungkinkan pengelolaan air yang lebih tepat, mengurangi pemborosan, serta mendukung peningkatan pertumbuhan dan hasil panen sawi secara optimal.

2.12 Kabel Jumper

Kabel jumper merupakan kabel penghantar yang digunakan untuk menghubungkan satu komponen elektronik dengan komponen lainnya tanpa proses penyolderan. Kabel ini umumnya digunakan pada rangkaian sementara atau tahap pengujian karena fleksibel dan mudah dipasang maupun dilepas. Kabel jumper terdiri dari beberapa jenis, yaitu male-to-male, male-to-female, dan female-to-female, yang masing-masing disesuaikan dengan jenis pin pada komponen atau papan rangkaian seperti *Breadboard* dan mikrokontroler. Material konduktor di dalam kabel jumper berfungsi menghantarkan arus listrik dan sinyal data, sedangkan lapisan isolator di bagian luar berperan melindungi dari hubungan arus pendek. Kepraktisan dan kemudahan penggunaannya menjadikan kabel jumper sebagai komponen penting dalam perakitan dan pengembangan sistem elektronika.



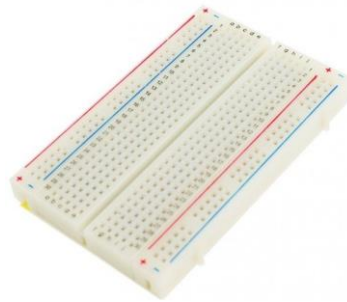
Gambar 2. 7. Kabel Jumper

Kabel jumper berperan penting dalam menghubungkan berbagai komponen seperti sensor cuaca, sensor kelembaban tanah, dan mikrokontroler agar dapat saling berkomunikasi. Aliran data dari sensor menuju mikrokontroler dapat berjalan dengan baik melalui sambungan kabel jumper yang terpasang dengan benar. Kualitas dan kerapian pemasangan kabel jumper turut memengaruhi kestabilan pembacaan data, sehingga sistem pemantauan dapat bekerja secara optimal. Penggunaan kabel jumper juga mempermudah proses perakitan, pengujian, dan perbaikan rangkaian apabila terjadi kesalahan, karena koneksi dapat diubah tanpa merusak komponen. Dengan dukungan kabel jumper, sistem *e-monitoring* berbasis IoT dapat dirangkai secara efisien dan berfungsi sesuai dengan tujuan yang diharapkan.

2.13 Breadboard

Breadboard merupakan papan rangkaian elektronik yang digunakan untuk merakit dan menguji komponen tanpa perlu melakukan penyolderan. *Breadboard* memiliki lubang-lubang yang saling terhubung secara internal sehingga memudahkan pemasangan komponen seperti resistor, sensor, modul, dan mikrokontroler. Penggunaan *Breadboard* memungkinkan proses perakitan rangkaian menjadi lebih fleksibel karena komponen dapat dipasang, dilepas, dan diubah posisinya dengan mudah. Hal ini sangat membantu dalam tahap

perancangan dan pengujian rangkaian elektronik karena kesalahan dapat diperbaiki dengan cepat tanpa merusak komponen. Selain itu, *Breadboard* juga sering digunakan sebagai media pembelajaran dan pengembangan prototipe karena praktis, efisien, dan mendukung eksperimen berulang.



Gambar 2. 8. Breadboard

Breadboard digunakan sebagai media perakitan sementara untuk menghubungkan sensor cuaca, sensor kelembaban tanah, mikrokontroler, serta modul pendukung lainnya dalam sistem *e-monitoring* berbasis Internet of Things. Dengan menggunakan *Breadboard*, proses integrasi antar komponen dapat dilakukan secara lebih mudah dan terstruktur sebelum rangkaian dipasang secara permanen. Pengujian pembacaan sensor dan komunikasi data dapat dilakukan secara langsung sehingga membantu memastikan sistem bekerja sesuai kebutuhan. Pemanfaatan *Breadboard* juga mendukung proses pengembangan sistem yang lebih efisien karena memungkinkan penyesuaian rangkaian dengan cepat apabila terjadi perubahan desain atau konfigurasi perangkat keras.

2.14 Power Supply

Power supply merupakan komponen penting dalam sistem elektronika yang berfungsi menyediakan energi listrik dengan tegangan dan arus yang stabil sesuai

kebutuhan perangkat. Sumber daya listrik ini dapat berasal dari berbagai jenis, seperti adaptor, baterai, atau panel surya, yang kemudian diolah melalui rangkaian penyearah, regulator, dan filter untuk menghasilkan tegangan yang aman dan konsisten. Kestabilan power supply sangat berpengaruh terhadap kinerja dan umur perangkat elektronik, karena fluktuasi tegangan dapat menyebabkan gangguan operasi, kerusakan komponen, atau penurunan akurasi sistem. Oleh karena itu, perancangan power supply harus mempertimbangkan efisiensi, keandalan, serta kemampuan untuk melindungi perangkat dari gangguan listrik seperti lonjakan arus dan tegangan berlebih.



Gambar 2. 9. Power Supply (PowerBank)

Power supply berperan sebagai sumber energi utama bagi sensor, mikrokontroler, dan modul komunikasi yang digunakan dalam sistem *e-monitoring* berbasis Internet of Things. Ketersediaan daya yang stabil memastikan proses pengukuran cuaca dan kelembaban tanah dapat berjalan secara kontinu dan akurat. Selain itu, pemilihan jenis power supply yang sesuai mendukung keberlangsungan sistem dalam jangka panjang, terutama pada area pertanian yang memiliki keterbatasan akses listrik. Dengan dukungan catu daya yang andal, sistem pemantauan mampu bekerja secara optimal dalam mengirimkan data secara *real-time*, sehingga informasi kondisi lingkungan dapat dimanfaatkan secara maksimal untuk mendukung peningkatan hasil panen sawi.

2.15 Aplikasi Arduino IDE

Arduino IDE merupakan perangkat lunak yang digunakan untuk menulis, mengompilasi, dan mengunggah program ke papan mikrokontroler Arduino. Aplikasi ini bersifat open-source dan dirancang dengan antarmuka yang sederhana sehingga mudah digunakan oleh pemula maupun pengembang berpengalaman. Bahasa pemrograman yang digunakan berbasis C/C++ dengan struktur yang ringkas dan mudah dipahami. Arduino IDE juga menyediakan berbagai library bawaan yang mendukung penggunaan sensor, modul komunikasi, dan perangkat tambahan lainnya, sehingga mempercepat proses pengembangan sistem elektronik. Kemudahan dalam proses pemrograman dan fleksibilitas penggunaan menjadikan Arduino IDE banyak dimanfaatkan dalam pengembangan sistem berbasis mikrokontroler.

Arduino IDE digunakan untuk memprogram mikrokontroler yang berfungsi sebagai pusat pengolahan data dari sensor cuaca dan kelembaban tanah. Data yang diperoleh dari sensor diproses dan dikirimkan melalui modul komunikasi agar dapat dipantau secara *real-time*. Pemanfaatan library yang tersedia memudahkan integrasi antara sensor, mikrokontroler, dan sistem Internet of Things. Dengan kemampuan pemrograman yang stabil dan fleksibel, Arduino IDE mendukung pengembangan sistem *e-monitoring* yang mampu memberikan informasi kondisi lingkungan secara akurat dan berkelanjutan untuk mendukung pengelolaan tanaman sawi.

2.16 Aplikasi Telegram

Telegram merupakan aplikasi pesan instan berbasis cloud yang memungkinkan pengiriman pesan teks, gambar, video, dan berbagai jenis file dengan cepat dan aman. Aplikasi ini mendukung fitur grup, kanal, dan bot yang

dapat digunakan untuk menyebarkan informasi secara luas maupun otomatis. Keunggulan Telegram terletak pada kecepatan pengiriman data, kapasitas penyimpanan cloud yang besar, serta kemampuan berjalan di berbagai perangkat secara bersamaan. Selain itu, Telegram memiliki tingkat keamanan yang baik melalui enkripsi data dan stabilitas layanan yang tinggi, sehingga banyak dimanfaatkan tidak hanya untuk komunikasi pribadi, tetapi juga untuk kebutuhan bisnis, edukasi, dan pengembangan sistem berbasis teknologi informasi.

Pemanfaatan Telegram sebagai media penyampaian informasi sangat relevan untuk mendukung sistem *e-monitoring* berbasis Internet of Things. Integrasi Telegram dengan perangkat IoT memungkinkan data cuaca dan kelembaban tanah dikirimkan secara otomatis dan *real-time* kepada pengguna melalui pesan notifikasi. Informasi yang disajikan secara langsung membantu pengguna memantau kondisi lahan tanpa harus berada di lokasi, sehingga pengambilan keputusan dapat dilakukan dengan lebih cepat dan tepat. Penggunaan Telegram juga memberikan kemudahan akses, karena aplikasi ini mudah digunakan, ringan, dan dapat dioperasikan pada berbagai perangkat, sehingga mendukung efektivitas sistem pemantauan dalam meningkatkan pengelolaan pertanian.