© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 *Internet of Things (IoT)*

Internet of Things (IoT) merupakan suatu konsep teknologi yang menggambarkan jaringan perangkat fisik yang saling terhubung dan mampu bertukar data melalui koneksi *internet*. Perangkat yang tergolong dalam *IoT* mencakup berbagai jenis benda, seperti *smartphone*, perangkat rumah tangga (misalnya mesin cuci atau AC), kendaraan, sistem keamanan, hingga alat kesehatan. Setiap perangkat tersebut dibekali dengan sensor, perangkat lunak, dan teknologi lainnya yang memungkinkan mereka mengumpulkan, mengirimkan, dan menerima data, baik dari perangkat lain maupun dari sistem berbasis *cloud*. Melalui konektivitas ini, perangkat *IoT* dapat melakukan tindakan atau respon otomatis berdasarkan data yang diterima, yang pada akhirnya meningkatkan efisiensi dan kenyamanan bagi penggunanya.

Secara sederhana, *IoT* dapat diartikan sebagai jaringan perangkat pintar yang saling terkoneksi dan mampu beroperasi secara otomatis dengan memanfaatkan pertukaran data. Tujuan utama dari pengembangan dan penerapan *IoT* adalah menciptakan pengalaman yang lebih baik bagi pengguna, sekaligus mendukung peningkatan efisiensi operasional di berbagai sektor, termasuk industri, transportasi, kesehatan, dan rumah tangga (Prasetyo, 2024).

2.1.1 Aplikasi *IoT* dalam *Greenhouse*

IoT memiliki aplikasi yang sangat relevan dalam pengelolaan *greenhouse*. Dengan menggunakan *IoT*, kondisi lingkungan dalam *greenhouse* dapat dipantau dan dikendalikan secara otomatis, seperti suhu udara, kelembapan tanah, serta pemberian nutrisi otomatis. Sistem *IoT* ini mengurangi ketergantungan pada kontrol manual, yang meningkatkan efisiensi dan produktivitas pertanian (Rahman, 2023).

© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

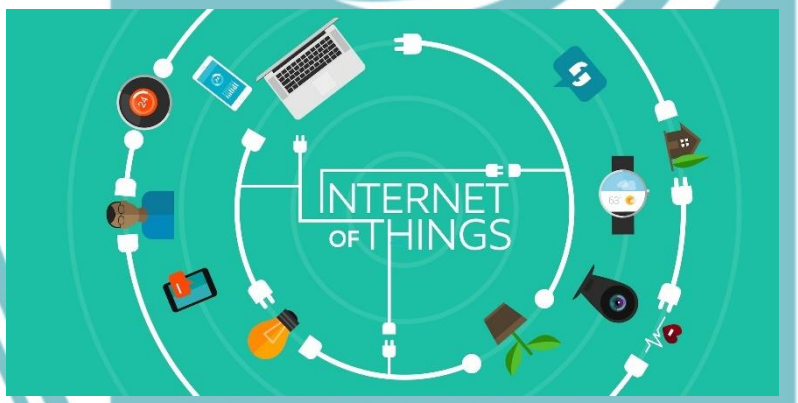
Hak Cipta :
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

2.1.2 Peran *IoT* dalam *Greenhouse*

IoT di *greenhouse* memungkinkan pengelolaan yang lebih efisien dan pengambilan keputusan yang lebih cepat dalam merawat tanaman. Misalnya, sensor kelembapan tanah dapat mendeteksi kapan tanaman membutuhkan air, sementara sensor suhu dan kelembapan udara memastikan kondisi yang optimal bagi tanaman. Penggunaan *IoT* ini mengurangi ketergantungan pada pengelolaan manual dan meningkatkan hasil pertanian (Salwa, 2024).

2.1.3 Keuntungan dan Tantangan Implementasi *IoT*

Penerapan *IoT* dalam kehidupan sehari-hari menawarkan banyak keuntungan, seperti efisiensi waktu, penghematan energi, dan kemudahan kontrol jarak jauh. Namun, tantangan yang dihadapi meliputi masalah keamanan data, keterbatasan jaringan. Keamanan dalam sistem *IoT* adalah isu yang krusial, karena banyaknya perangkat yang terhubung dapat membuka celah untuk potensi serangan siber (Sundararajan, 2023).



Gambar 2. 1 *internet of things*
https://images.app.goo.gl/sVbuxio1CurTTUJk6

2.2 Mikrokontroler *ESP32*

ESP32 adalah mikrokontroler yang dikembangkan oleh *Espressif Systems*, yang mengintegrasikan konektivitas *WiFi* 2.4 *GHz* dan *Bluetooth* dalam satu chip dengan teknologi 40 nm. *ESP32* memiliki desain *dual-core* 32-*bit LX6* yang berjalan pada kecepatan hingga 240 *MHz*, menyediakan kinerja tinggi dengan konsumsi daya rendah, sangat cocok untuk aplikasi *Internet of Things (IoT).* Selain itu, *ESP32* dilengkapi dengan berbagai *peripheral I/O* seperti *ADC, DAC, UART, SPI, I2C,* dan sensor sentuh, serta mendukung mode koneksi *WiFi* dan *Bluetooth*

© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

yang lengkap. Keunggulan ESP32 dibanding pendahulunya, ESP8266, termasuk prosesor dual-core, lebih banyak GPIO, dukungan Bluetooth, dan kemampuan pengukuran analog lebih banyak. ESP32 juga kompatibel dengan berbagai platform pemrograman seperti *Arduino IDE* dan *ESP-IDF*, menjadikannya pilihan populer di kalangan pengembang *IoT* (MK Internet of Things-Prodi TRI PENS | 1, n.d.)

2.2.1 Kemampuan dan Keunggulan *ESP32* dalam *IoT*

Mikrokontroler ini dilengkapi dengan berbagai *peripheral* seperti *ADC* (*Analog to Digital Converter*), *DAC* (*Digital to Analog Converter*), *I2C*, *SPI*, dan banyak lagi, yang memungkinkan *ESP32* untuk mengelola berbagai sensor dan aktuator secara bersamaan. Kemampuan *low power consumption* menjadikannya ideal untuk aplikasi yang membutuhkan perangkat selalu aktif namun hemat energi, seperti perangkat *IoT* yang terhubung terus-menerus (Salwa, 2024).

2.2.2 Penggunaan *ESP32* dalam *IoT*

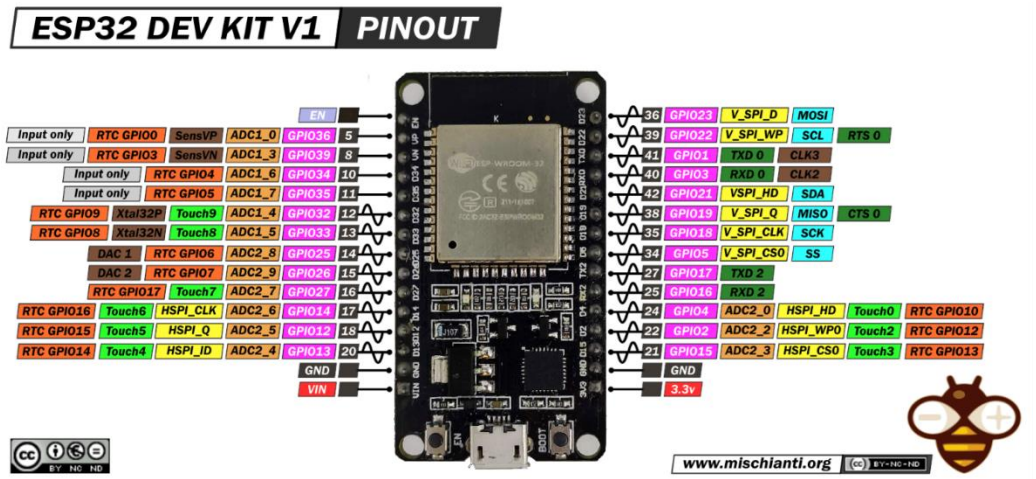
ESP32 banyak digunakan dalam berbagai aplikasi *IoT* berkat kemampuannya dalam konektivitas nirkabel dan pengolahan data secara efisien. Dalam sistem *greenhouse*, *ESP32* digunakan untuk menghubungkan berbagai sensor dan aktuator dengan aplikasi *monitoring* seperti *Blynk*. Penggunaan mikrokontroler ini memungkinkan sistem untuk memantau suhu, kelembapan tanah, dan *pH* secara *real-time*, serta mengontrol perangkat seperti pompa air dan *motor servo* untuk irigasi otomatis (Prasetyo, 2024).

2.2.3 Aplikasi *ESP32* dalam *Greenhouse*

Dalam sistem pengelolaan *greenhouse* berbasis *IoT*, *ESP32* bertindak sebagai pusat kendali untuk menghubungkan berbagai sensor, seperti sensor suhu (*DHT11*), sensor kelembapan tanah, dan sensor *pH*. *ESP32* mengumpulkan data dari sensor ini, memprosesnya, dan mengirimkan perintah ke aktuator seperti pompa air dan *servo motor* untuk mengatur irigasi dan nutrisi tanaman secara otomatis.

© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



Gambar 2. 2 *ESP 32 DevKit V1*
https://images.app.goo.gl/7wiSxB535ux9jiwe7

2.3 *Platform Blynk*

Blynk adalah *platform* pengembangan aplikasi *Internet of Things (IoT)* yang memungkinkan pengguna untuk memantau dan mengontrol perangkat dari jarak jauh melalui *internet*. *Platform* ini menyediakan antarmuka visual yang mudah digunakan pada aplikasi *smartphone* (*Android* dan *iOS*) serta *web*, sehingga pengguna dapat membuat prototipe aplikasi *IoT* dengan *drag-and-drop widget* tanpa perlu pemrograman antarmuka yang rumit. *Blynk* mendukung berbagai perangkat keras seperti *Arduino, ESP32, Raspberry Pi*, dan lainnya, serta menyediakan fitur *real-time monitoring*, kontrol perangkat, penyimpanan data sensor, dan notifikasi. *Platform* ini juga memungkinkan komunikasi melalui berbagai metode seperti *WiFi, Bluetooth*, dan jaringan seluler, sehingga fleksibel untuk berbagai aplikasi *IoT* (Rahman, 2023)

2.3.1 Fitur-Fitur *Blynk* dalam Sistem *IoT*

Blynk memungkinkan pengembang untuk membuat aplikasi yang dapat digunakan untuk memonitoring data sensor dan mengendalikan perangkat seperti pompa, *motor servo*, dan *selenoid* dalam proyek *IoT*. Misalnya, dalam sistem *greenhouse*, *Blynk* memungkinkan petani untuk memantau kelembapan tanah, suhu udara, dan *pH* tanaman melalui aplikasi *mobile* dan melakukan kontrol otomatis atas perangkat (Salwa, 2024).

© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Gambar 2. 3 aplikasi *blynk*
https://images.app.goo.gl/QQSL6UXhxWKzZvYk8

2.4 *Arduino*

Arduino merupakan sebuah *platform prototyping* elektronik bersifat *open source* yang dirancang untuk memudahkan pengembangan berbagai proyek berbasis mikrokontroler. Menurut situs resmi *Arduino*, *platform* ini terdiri dari *hardware* berupa papan sirkuit yang dapat diprogram, serta *software Arduino IDE* (*Integrated Development Environment*) yang digunakan untuk menulis dan mengunggah kode program ke papan mikrokontroler (Setiawan, 2022).

Secara umum, *Arduino* digunakan dalam berbagai bidang seperti otomasi rumah, pengendalian suhu, sistem *monitoring* lingkungan, agrikultur berbasis sensor, serta alat bantu pendidikan. Bahasa pemrograman yang digunakan pada *Arduino* merupakan turunan dari bahasa C/C++ yang disederhanakan sehingga dapat digunakan dengan lebih mudah oleh pemula.

2.4.1 Peran *Arduino* dalam *IoT*

Arduino digunakan dalam banyak proyek *IoT* karena kemudahan pemrogramannya dan keberagaman modul tambahan yang dapat digunakan. *Arduino* dapat dihubungkan dengan sensor dan aktuator melalui *I/O pins*, serta dapat terhubung ke *internet* menggunakan berbagai modul tambahan seperti *Wi-Fi* atau *Ethernet Shield*. Dengan *Arduino*, pengguna dapat dengan mudah membuat prototipe perangkat *IoT* untuk berbagai aplikasi, termasuk pertanian dan pengelolaan *greenhouse* (Setiawan, 2022).

© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Gambar 2. 4 *Arduino IDE*
https://images.app.goo.gl/UW6BoQDonKJDgVu18

2.5 Sensor

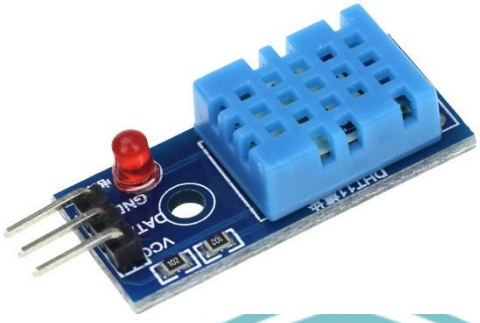
Sensor adalah perangkat yang dirancang untuk mendeteksi perubahan dalam kondisi fisik atau lingkungan seperti suhu, kelembapan, tekanan, cahaya, atau gerakan, kemudian mengubah perubahan tersebut menjadi data digital yang dapat diproses lebih lanjut. Sensor berfungsi sebagai komponen kunci dalam sistem *Internet of Things (IoT)* untuk mengumpulkan data secara *real-time* yang digunakan dalam pengambilan keputusan, pengendalian otomatis, dan peningkatan efisiensi operasional di berbagai bidang seperti industri, pertanian, dan rumah pintar (Salwa, 2024).

2.5.1 Sensor Suhu dan Kelembapan (DHT11)

Sensor suhu adalah perangkat yang digunakan untuk mengukur dan memantau variasi suhu di suatu objek atau lingkungan dengan cara mendeteksi perubahan panas dan mengubahnya menjadi sinyal listrik yang dapat dibaca atau diolah lebih lanjut. Sensor ini bekerja berdasarkan perubahan sifat fisik atau kimia dari material sensor akibat perubahan suhu, seperti perubahan resistansi pada *termistor* atau *RTD*, atau tegangan listrik yang dihasilkan oleh *termokopel*. Sensor suhu banyak digunakan dalam berbagai aplikasi mulai dari alat rumah tangga, sistem pendingin dan pemanas, hingga sistem industri yang memerlukan pengukuran suhu akurat (Firdausa, 2022).

© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

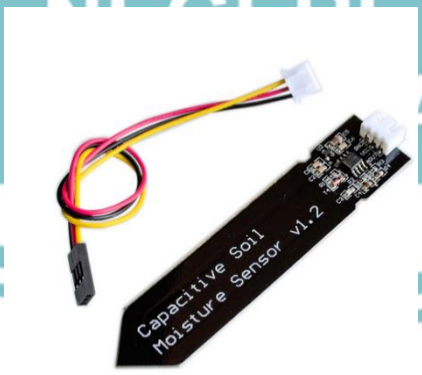
Hak Cipta :
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



Gambar 2. 5 Sensor *DHT11*
https://images.app.goo.gl/hXZzaHnQrLcczjNa9

2.5.2 Sensor Kelembapan Tanah (*Soil Moisture*)

Sensor kelembapan tanah adalah perangkat elektronik yang dirancang untuk mengukur kadar air atau kelembaban dalam tanah. Sensor ini biasanya terdiri dari probe yang dimasukkan ke dalam tanah untuk mendeteksi tingkat kelembaban dengan cara mengukur perubahan resistansi listrik atau kapasitansi tanah. Ketika tanah mengandung lebih banyak air, konduktivitas listriknya meningkat, sehingga sensor dapat memberikan data yang akurat tentang kondisi kelembaban tanah. Sensor kelembapan tanah banyak digunakan dalam sistem pertanian, perkebunan, dan hidroponik untuk mengoptimalkan irigasi dan memantau kondisi tanah secara *real-time*, baik secara *offline* maupun *online*. *Output* sensor dapat berupa sinyal analog yang kemudian dibaca oleh mikrokontroler seperti *Arduino* untuk pengolahan lebih lanjut (Algorista, 2020).



Gambar 2. 6 *Soil Moisture*
https://images.app.goo.gl/jWeix1ueGmS1YGiW9

© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

2.5.3 Sensor *pH*

Sensor *pH* adalah perangkat elektronik yang mengukur tingkat keasaman atau alkalinitas (*pH*) dalam cairan atau larutan. Sensor ini berisi elektroda kaca yang sensitif terhadap perubahan *pH*. Elektroda ini terbuat dari membran tipis yang dilapisi dengan larutan khusus yang mengandung elektroda referensi, yang biasanya terbuat dari perak/perak klorida. Ketika sensor *pH* direndam dalam cairan, ion hidrogen dalam cairan berinteraksi dengan elektroda referensi, sehingga menghasilkan muatan listrik. Muatan ini kemudian diukur oleh sensor dan diubah menjadi nilai *pH*, yang ditampilkan di layar atau dikeluarkan ke pencatat data (supmea, 2024).

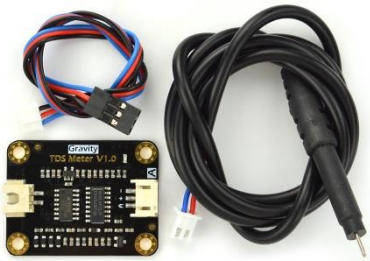
Gambar 2. 7 Sensor *pH*
https://images.app.goo.gl/5DwjToKoPryDPFzn8

2.5.4 Sensor *TDS* (*Total Dissolved Solids*)

Sensor *TDS* (*Total Dissolved Solids*) adalah alat yang digunakan untuk mengukur jumlah partikel padatan terlarut dalam air, baik yang bersifat organik maupun nonorganik. Sensor ini mendeteksi konsentrasi zat-zat terlarut seperti mineral, garam, logam, dan ion-ion lain yang mempengaruhi kualitas air. Pengukuran *TDS* biasanya dinyatakan dalam satuan *ppm* (*part per million*) dan menjadi indikator penting untuk menilai kualitas air, terutama dalam aplikasi seperti pemurnian air, hidroponik, akuarium, dan *monitoring* lingkungan. Sensor *TDS* umumnya menghasilkan sinyal *output analog* yang dapat dibaca oleh mikrokontroler untuk pemantauan secara *real-time* (Kurnianto et al., n.d.)

© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



Gambar 2. 8 Sensor *TDS*
https://images.app.goo.gl/4wdxtM2JtEuER7qU9

2.5.5 Sensor Ultrasonik

Sensor ultrasonik adalah perangkat yang digunakan untuk mengukur jarak atau mendeteksi objek dengan menggunakan gelombang suara frekuensi tinggi, yang berada di luar jangkauan pendengaran manusia. Sensor ini mengirimkan gelombang ultrasonik dan mengukur waktu yang dibutuhkan untuk gelombang tersebut memantul kembali setelah mengenai objek. Berdasarkan waktu yang diperlukan untuk kembali, sensor menghitung jarak objek dari sensor (Jenkins, 2023). Sensor ultrasonik terdiri dari dua bagian utama: *transmitter* (pemancar) dan *receiver* (penerima). *Transmitter* mengirimkan gelombang ultrasonik, sementara *receiver* menangkap pantulan gelombang tersebut. Sensor kemudian menghitung waktu yang dibutuhkan gelombang untuk pergi dan kembali. Dengan menggunakan rumus kecepatan gelombang suara, jarak dapat dihitung dengan akurat.

Gambar 2. 9 Sensor Ultrasonik
https://images.app.goo.gl/pDrG1SeVxs1aKYKw5

© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

2.6 Pompa Air

Pompa air untuk *greenhouse* adalah perangkat mekanis yang berfungsi mengalirkan air ke tanaman dalam sistem irigasi, seperti irigasi tetes, yang umum digunakan di *greenhouse*. Pompa ini mengubah energi mekanik dari motor menjadi energi aliran *fluida*, sehingga dapat menaikkan tekanan dan mengatasi tahanan dalam saluran air. Dengan tekanan yang dihasilkan, pompa dapat mengalirkan air dari sumber ke media tanam secara efektif, menjaga kelembaban dan kebutuhan air tanaman dalam *greenhouse*. Pompa air sering dikendalikan secara otomatis berdasarkan parameter lingkungan seperti kelembaban dan suhu untuk menjaga kondisi optimal pertumbuhan tanaman. Dalam beberapa sistem modern, pompa air juga dapat digerakkan oleh sumber energi terbarukan, seperti pompa *DC* berbasis *photovoltaic*, yang meningkatkan efisiensi dan keberlanjutan operasional *greenhouse* (Putra et al., 2022).

2.6.1 Aplikasi Pompa Air dalam Sistem Irigasi

Pompa air sangat penting dalam sistem irigasi otomatis pada *greenhouse* berbasis *IoT*, di mana seluruh sistem dapat berfungsi tanpa campur tangan manusia. Sensor kelembapan tanah yang terpasang pada sistem irigasi mengukur tingkat kelembapan tanah secara *real-time*. Ketika kelembapan tanah turun di bawah batas yang ditentukan, pompa air secara otomatis akan diaktifkan untuk menyiram tanaman dengan jumlah air yang sesuai. Pengendalian otomatis ini memungkinkan pemanfaatan air secara efisien dan menjaga agar tanaman selalu dalam kondisi optimal untuk pertumbuhan.

Gambar 2. 10 Pompa Air
https://images.app.goo.gl/hZs27BjqQUGqj64f8

© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

2.7 *Motor Servo*

Servo Motor adalah perangkat listrik yang digunakan pada mesin-mesin industri pintar yang berfungsi untuk mendorong atau memutar objek dengan kontrol yang dengan presisi tinggi dalam hal posisi sudut, akselerasi dan kecepatan, sebuah kemampuan yang tidak dimiliki oleh *motor* biasa. Jika Anda ingin memutar dan mengarahkan objek pada beberapa sudut atau jarak tertentu, maka Anda harus menggunakan *Servo Motor*. Hal ini dimungkinkan dengan kombinasi *motor* biasa dan tambahan sensor dalam hal ini berupa *encoder* untuk umpan balik posisi. Kontroler dari *servo motor* yang lebih dikenal dengan nama *servo drive* adalah bagian yang paling penting dan canggih dari sebuah *servo motor*, karena dirancang untuk presisi tinggi tersebut (schneider electric indonesia, 2019).

2.7.1 Prinsip Kerja *Motor Servo*

Motor servo bekerja dengan menggunakan kombinasi motor biasa dan sistem *encoder* untuk memberikan umpan balik posisi. *Encoder* adalah sensor yang mengukur posisi sudut motor secara akurat, dan mengirimkan data kembali ke kontroler, yang kemudian mengatur pergerakan motor. Kontroler ini, yang dikenal sebagai servo *drive*, adalah komponen yang sangat penting dalam sistem *servo*, karena berfungsi untuk memastikan pergerakan motor tetap presisi dan stabil. *Servo motor* memiliki kemampuan untuk berhenti pada posisi yang sangat tepat dan menggerakkan objek dengan kecepatan atau akselerasi yang dapat disesuaikan sesuai kebutuhan (Schneider Electric Indonesia, 2019).

Gambar 2. 11 *Motor Servo*
https://images.app.goo.gl/ajWZiZtA2V8N9tWP7

© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

2.8 *Selenoid Valve*

Selenoid valve adalah jenis katup yang dikendalikan secara elektromagnetik. Ketika arus listrik dialirkan melalui *selenoid* (kumparan elektromagnetik), *selenoid* menghasilkan gaya magnet yang membuka atau menutup katup, memungkinkan atau memblokir aliran cairan atau gas. *Selenoid valve* banyak digunakan dalam berbagai aplikasi otomatisasi, termasuk dalam sistem irigasi otomatis, pengaturan suhu, dan sistem kontrol aliran di berbagai industri (Harrison, 2023).

2.8.1 Prinsip Kerja *Selenoid Valve*

Selenoid valve terdiri dari dua komponen utama: *solenoid* (elektromagnet) dan *valve* (katup). Ketika *selenoid* menerima arus listrik, medan magnet yang dihasilkan akan menarik *plunger* (bagian penggerak) yang membuka atau menutup katup. Proses ini memungkinkan atau menghentikan aliran cairan (seperti air atau nutrisi) melalui saluran pipa. Keuntungan utama dari *selenoid valve* adalah kemampuannya untuk bekerja secara otomatis berdasarkan sinyal yang diberikan oleh sistem, seperti mikrokontroler atau sensor.

Gambar 2. 12 *Selenoid Valve*
https://images.app.goo.gl/3zNtDyYxyvF4fV6s6

© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

BAB III
PERENCANAAN DAN REALISASI

3.1 Rancangan Alat

Bagian ini menguraikan secara detail perancangan perangkat yang dikembangkan dalam proyek tugas akhir, yang mengedepankan sistem pemantauan dan pengendalian kondisi lingkungan berbasis sensor untuk keperluan *greenhouse*. Penjelasan mencakup deskripsi alat, cara kerja sistem yang dirancang, rincian spesifikasi komponen utama yang digunakan, serta penyajian diagram blok untuk menunjukkan keterkaitan antar bagian dalam sistem.

3.1.1 Deskripsi Alat

1. *ESP32* (Mikrokontroler)

ESP32 berfungsi sebagai pusat kontrol utama sistem. Perangkat ini terhubung dengan berbagai sensor dan aktuator, serta memiliki konektivitas *Wi-Fi* bawaan yang memungkinkan pengiriman data ke *platform cloud* (Blynk). *ESP32* juga mengatur pengambilan keputusan berdasarkan data yang diterima dari sensor.

2. Sensor *DHT11*

Sensor ini digunakan untuk mengukur suhu dan kelembaban udara di dalam *greenhouse*. Data dari sensor ini menjadi dasar dalam mengatur kondisi iklim mikro agar tetap optimal.

3. Sensor Kelembaban Tanah (*Soil Moisture*)

Digunakan untuk mengetahui tingkat kelembaban tanah. Nilai analog dari sensor ini dikonversi menjadi persen dan dijadikan indikator kebutuhan penyiraman.

1. Sensor *pH* Air

Sensor ini digunakan untuk memantau tingkat keasaman air dalam sistem penyiraman. Pengukuran *pH* dilakukan melalui pembacaan tegangan analog yang kemudian dikalibrasi menjadi nilai *pH* aktual.

2. Sensor *TDS* (*Total Dissolved Solids*)

© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

TDS Sensor digunakan untuk mengukur kandungan zat terlarut dalam air, yang berpengaruh terhadap kualitas air penyiraman.

3. Pompa Air

Pompa berfungsi sebagai aktuator untuk menyiram tanaman secara otomatis. Pompa dikendalikan oleh *ESP32* berdasarkan nilai kelembaban tanah dan pengaturan dari aplikasi *Blynk*.

4. Servo Motor

Servo digunakan untuk membuka atau menutup bagian tertentu dari sistem (misalnya, sistem irigasi tetes atau ventilasi), berdasarkan logika pengaturan tertentu.

5. *LCD I2C* 20x4

LCD ini digunakan untuk menampilkan informasi suhu, kelembaban, nilai *pH*, *TDS*, dan kelembaban tanah secara *real-time*, sehingga pengguna bisa melihat data langsung tanpa membuka aplikasi.

6. Platform Blynk

Platform ini digunakan sebagai antarmuka pengguna. Data sensor dikirimkan ke *server Blynk*, lalu ditampilkan pada aplikasi *smartphone*. Pengguna juga dapat memberikan perintah (seperti menyalakan pompa secara manual) melalui aplikasi ini.

3.1.2 Cara Kerja Alat

Sistem *monitoring* dan kontrol lingkungan pada *greenhouse* ini bekerja secara otomatis dengan membaca data dari berbagai sensor yang terintegrasi, memprosesnya, dan mengirimkan hasilnya ke *LCD* serta aplikasi *Blynk* untuk pemantauan jarak jauh. Berikut ini penjabaran langkah kerja alat berdasarkan alur proses (*flowchart*) sistem:

© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

1. **Inisialisasi Sistem**

   Setelah sistem mendapatkan daya dari sumber catu daya *AC-DC*, mikrokontroler *ESP32* akan melakukan proses inisialisasi terhadap seluruh sensor dan komponen yang terhubung.

2. **Pembacaan Sensor Secara Berkala**

   Sistem akan membaca data dari beberapa sensor secara berkala, yaitu:

   - Sensor *DHT11* untuk membaca suhu dan kelembapan udara,
   - Sensor kelembapan tanah atau soil moisture yang ditanamkan pada media *rockwool* di wadah pembibitan,
   - Sensor *pH* air untuk memantau tingkat keasaman air dalam sistem penyiraman.
   - Sensor *TDS* untuk mengukur kadar zat terlarut dalam larutan nutrisi.
   - Sensor Ultrasonik untuk mengukur ketinggian air

3. **Pemrosesan Data Sensor**

   Data analog dari sensor akan dikonversi dan diproses menjadi data digital dengan satuan yang sesuai, termasuk proses kalibrasi khususnya untuk sensor *pH* dan *TDS* agar memberikan hasil yang akurat.

4. **Kontrol Otomatis Pompa**

   Berdasarkan hasil pembacaan kelembapan pada media *rockwool* (wadah pembibitan), sistem akan mengontrol pompa secara otomatis:

   - Jika nilai kelembapan tanah 50%, pompa akan **dinyalakan**.
   - Jika nilai kelembapan tanah 80%, pompa akan **dimatikan**.

   Mekanisme ini memastikan bahwa tanaman di fase pembibitan mendapatkan kelembapan yang optimal untuk pertumbuhan akar.

5. **Menampilkan Data ke *LCD***

© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Seluruh hasil pembacaan sensor ditampilkan pada layar *LCD*, meliputi suhu udara, kelembapan udara, kelembapan tanah (*rockwool*), serta nilai *pH* dan *TDS*.

6. **Pengiriman Data ke Aplikasi *Blynk***

Data yang sama juga dikirimkan ke aplikasi *Blynk* secara *real-time* melalui koneksi internet menggunakan modem *WiFi Andromax M2Y*. Pada aplikasi, data dipantau dengan label:

- Temperatur udara (*Blynk*: Temperatur udara)
- Kelembapan tanah (*Blynk*: Status kelembapan tanah)
- *pH* air (*Blynk*: *pH* air)
- *TDS* (*Blynk*: *TDS*)
- Status Pompa (*Blynk*: Status Pompa)
- Status *pH* air (*Blynk*: Status *pH*)
- Status Nutrisi (*Blynk*: Status Nutrisi)
- Status Ketinggian Air (*Blynk*: Status Air)

7. ***Looping* Sistem**

Setelah seluruh proses selesai, sistem akan mengulang siklus pembacaan dan pengolahan data secara berkelanjutan selama alat masih aktif, sehingga *monitoring* dan kontrol dilakukan secara terus-menerus.

3.1.3 Spesifikasi Alat

Pada Tabel 3.1, merupakan daftar komponen yang digunakan untuk sistem yang dibuat. Setiap komponen memiliki spesifikasinya masing-masing tergantung kegunaan dan jenis dari komponen tersebut. Berikut ini merupakan Tabel spesifikasi komponen:

Tabel 3.1 Data Spesifikasi Alat

NO	MATERIAL	SPESIFIKASI

© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

1	*ESP32*	*Operating voltage*: 3.3 V
		Input voltage (*Vin*): 7–12 V
		Digital I/O *pins*: 25, Analog *input* (*ADC*): 6
		Analog *output* (*DAC*): 2, UART: 3, *SPI*: 2, *I2C*: 3
		Flash memory: 4 *MB*, *SRAM*: 520 KB, *Clock speed*: 240 *MHz*
		Wi-Fi: IEEE 802.11 b/g/n/e/i
2	*POWER SUPPLY* 5V 10A	Model Jaring / Rongga Besi
		Sumber tegangan input: 100-220V 50/60HZ
		Tegangan *Output*: 5V *DC* 20A
		Daya maksimal: 50 *Watt* (5A)
		Dimensi: 110 X 780 X 360 mmA
3	*MCB* CHINT NXB 1P 6*k*A 1A	Model: NXB-63 1P
		Voltage (V): 220 VAC
		Current (A): 1A
		Breaking capacity: 6 Ka
		Mechanical lifetime: 20,000 *times*
		Electrical lifetime: 10,000 *times*
		C curve (Electro Magnetic 5 *In*~10 *In*)
		Conform to SNI *Standard* 04-6507.1-2002, IEC/EN 6089
4	*RELAY* MK2P 220V OMRON + SOCKET 220V 10A 8P - SOKET AC 8P MK2P-1 8 PIN	Tegangan *Coil*: 200/220 VAC
		Rating Kontak: 10A pada 250 VAC (NO, *cosφ* = 1)
		Daya Maksimum *Switching*: 2.500 VA (AC), 280 W (DC)
		Tegangan Maksimum Operasi: 250 VAC, 250 VDC
		Arus Maksimum Operasi: 10A
5	*Push Button* Fort 1NO/1NC - LA115-A5-01 / 10 Diameter 22mm	Model: LA115-A5-01 / 10
		Diameter Kepala: 22 mm
		Kontak: 1NO (*Normally Open*) / 1NC (*Normally Closed*)
		Berat: Sekitar 0,1 kg
6	STOP KONTAK REL 2PIN 16A	Tipe: AC30-1
		Jumlah Pin: 2 PIN
		Arus Maksimal: 16A
		Tegangan Operasi: 220VAC
		Frekuensi: 60Hz
7	220V AC AD16-22S LED PILOT LIGHT LED LAMPU *INDICATOR SIGNAL LIGHT*	Tipe: AD16-22S SD16-22DS
		Tegangan kerja: 220V-380V AC
		Output: LED
		Instalasi: lobang diameter 22mm
8	LM2596 DC-DC AD JUSTABLE *STEP DOWN* 4-40V to 1.3-	*The Voltmeter Resolution*: 0.1V
		The Voltmeter Digital Display Range: 0v-45v
		The Voltmeter Input Voltage Range: Dc 4v-40v

	37V LED VOLTMETER	*Output Voltage*: *Continuous Adjustable* (1.3v-37 V)
		Output Current: 2A
9	*MODULE STEP UP* XL6009 *ADJUSTABLE* DC TO DC *BOOST CONVERTER* 4A *VOLTMETER*	*Input voltage*:4.3V-32V
		Output voltage: 5V-38,4V
		Switching frequency:400KHz
		Output ripple:50mV
10	*LCD* 20x4 *WITH I2C SERIAL INTERFACE MODULE LCD* 2004 I2C *LCD* 20X04 *BLUE*	LCD Karakter 2004 dengan I2C modul untuk Arduino
		Jenis LCM: Karakter
		Menampilkan 4 baris X 20-karakter.
		Tegangan: 5V DC.
		Fitur IIC / I2C 4 kabel
		Size: 60mm 99mm
11	POMPA CELUP AIR KANDILA PSP 2200 Z	Daya: 15 Watt
		Tegangan: 220~240 Volt
		Frekuensi: 50/60 Hz
		Kapasitas aliran: 1500 L/H
		Ketinggian angkat maksimum: 1,8 meter
12	*MINI SUBMERSIBLE* POMPA AIR CELUP DC 12V HIDROPONIK SOLARCELL	Tegangan: DC 12 Volt
		Tipe: Pompa celup submersible, motor brushless
		Kapasitas Aliran: Sekitar 240 - 800 liter per jam=
		Ketinggian Angkat Maksimum (Head): 3 sampai 5 meter
		Daya Maksimum: Sekitar 3,6 - 19 Watt
		Arus Maksimum: Sekitar 1 Ampere
13	*MODULE DHT11 DHT-11 DHT 11* SENSOR SUHU DAN KELEMBABAN HUMIDITY SENSOR	*Humidity measuring range*: 20% -95%
		Humidity measurement error: + -5%
		Temperature measurement range: 0 *degrees* -> 50 *degrees*
		temperature measurement error: + -2 *degrees*
		Operating voltage 3.3V-5V
14	*CAPACITIVE SOIL* SENSOR KELEMBABAN TANAH *HYGROMETER HUMIDITY MOISTURE*	*Working Voltage*: 3.3-5.5VDC
		Output Voltage: 0-3.0VDC
		Port: PH2.54-3P
		Material: Plastic
		Item size: 9.8 * 2.3 * 0.7cm / 3.86 * 0.91 * 0.28in(L * W * H)
		Item weight: Approx. 9g / 0.32oz
		Package size: 12 * 7.7 * 1cm / 4.72 * 3.03 * 0.39in(L * W * H)
		Package weight: 10g / 0.35oz
15	*SENSOR PH METER MODULE* PH-4502C *WITH PROBE*	Tegangan Kerja 3-5V
		Arus Kerja: 5-10 mA
		Kisaran konsentrasi yang dapat dideteksi: pH 0-14
		Suhu deteksi: 0-80

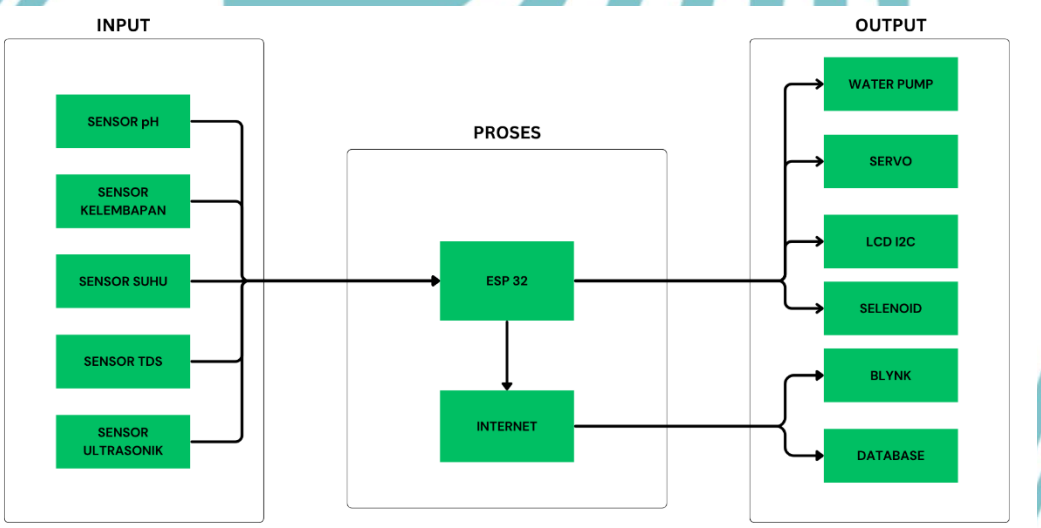
© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta
Hak Cipta :
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

	ELECTRODE FOR ARDUINO	Response Time: 5 s
		Settling time: 60s
		Daya komponen: 0,5W
		Suhu kerja: -10 ~ 50 (suhu nominal 20)
		Kelembaban: 95% RH (kelembaban nominal 65% RH)
16	*TDS SENSOR MODULE*	Tegangan Input: 3.3V sampai 5.5V DC
		Output: Sinyal analog 0 - 2.3V
		Arus Kerja: 3 - 6 mA
17	*RELAY MODULE WITH OPTOCOUPLER ISOLATION* 1 *CHANNEL DC* 5V	Tegangan Operasi Modul: 5V DC
		Jumlah Channel: 1 Channel
		Rating Kontak: Maksimum 10A pada 250VAC atau 30VDC
18	FUSE	*Current* (A) = 2A

3.1.4 Diagram Blok



Gambar 3.1 Blok Diagram

Diagram blok sistem ini memberikan gambaran umum mengenai alur kerja dari sistem irigasi cerdas berbasis *IoT* yang dikembangkan. Sistem dibagi menjadi tiga bagian utama, yaitu *input*, proses, dan *output*. Setiap bagian memiliki peran penting dalam mendukung sistem *monitoring* dan pengendalian otomatis pada *greenhouse*.

Pada bagian *input*, sistem menerima data dari berbagai sensor yang berfungsi untuk memantau kondisi lingkungan tanaman. Sensor-sensor tersebut antara lain sensor *pH* untuk mengukur tingkat keasaman larutan, sensor kelembapan tanah untuk mengetahui kadar air, sensor suhu untuk mendeteksi temperatur

lingkungan, sensor *TDS* yang digunakan untuk memantau konsentrasi nutrisi, dan sensor ultrasonik yang berfungsi mengukur ketinggian atau volume air dalam tangki.

Seluruh data yang dikumpulkan dari sensor dikirim ke bagian proses yang dikendalikan oleh mikrokontroler *ESP32*. Mikrokontroler ini menjadi pusat pengolahan data dan pengambilan keputusan berdasarkan parameter yang telah diprogram sebelumnya. *ESP32* juga terhubung ke internet untuk memungkinkan pengiriman data secara *online* dan integrasi dengan aplikasi *monitoring* seperti *Blynk*.

Hasil dari proses pengolahan data tersebut digunakan untuk mengontrol berbagai perangkat *output*. Perangkat-perangkat tersebut meliputi *water pump* yang mengatur penyiraman tanaman, *servo* sebagai penggerak mekanik untuk mencampur atau mengeluarkan nutrisi, *LCD I2C* yang menampilkan informasi pembacaan sensor secara lokal, *selenoid* yang mengatur aliran cairan, serta koneksi ke aplikasi *Blynk* dan penyimpanan ke dalam *database* sebagai media *monitoring* jarak jauh dan dokumentasi data.

Diagram blok ini menggambarkan secara sederhana dan terstruktur bagaimana hubungan antar komponen bekerja secara keseluruhan dalam sistem, mulai dari pemantauan hingga pengendalian otomatis berbasis *IoT*.

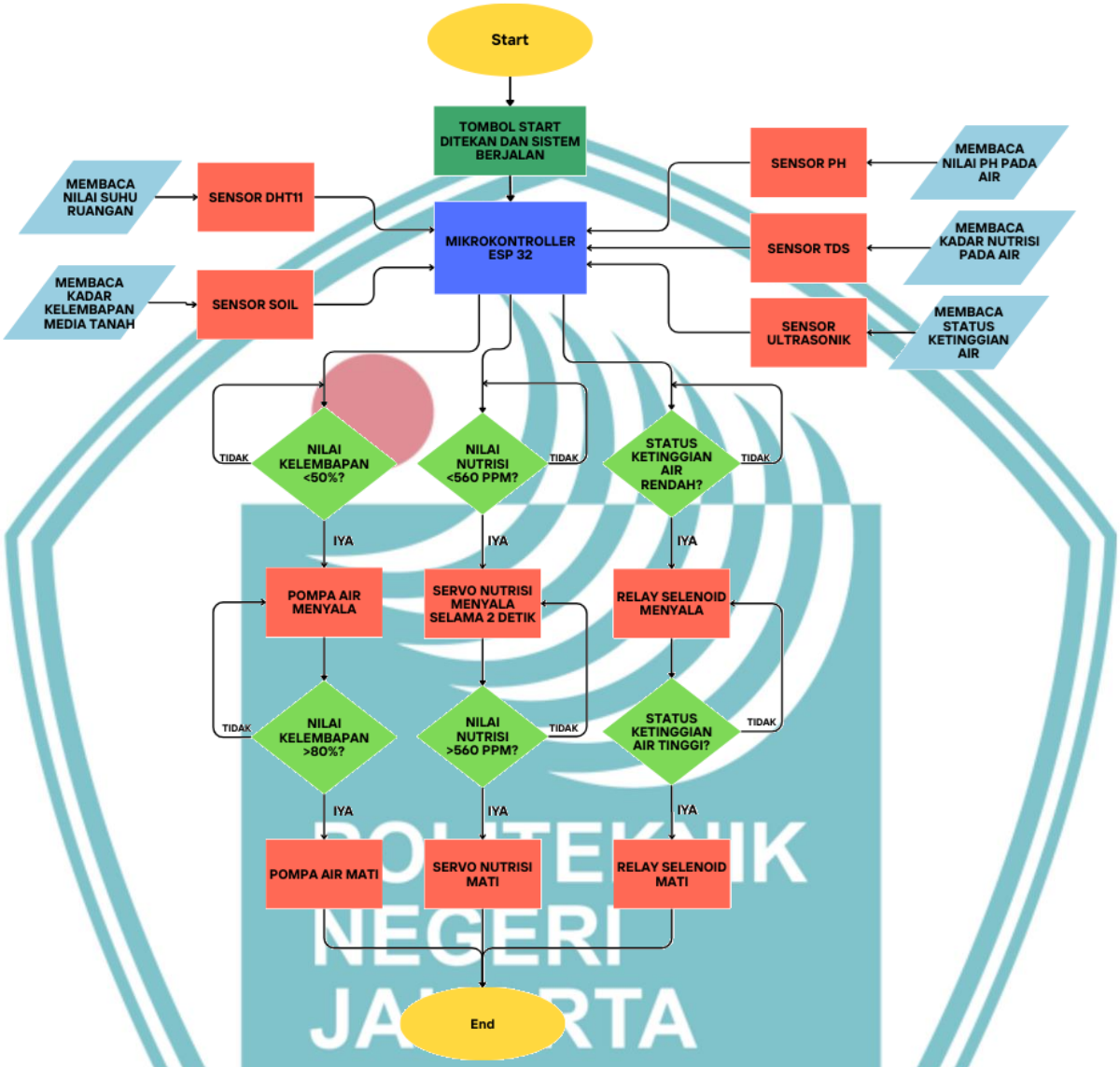
© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

3.1.5 *Flowchart*



Gambar 3.2 *Flowchart*

3.2 Realisasi Alat

Pada tahap ini dilakukan perakitan dan pengujian dari seluruh komponen sistem berdasarkan perancangan yang telah dijelaskan sebelumnya. Sistem terdiri dari perangkat keras yang mencakup mikrokontroler *ESP32*, sensor-sensor, aktuator, dan *LCD*, serta perangkat lunak berupa kode program dan aplikasi *Blynk* sebagai antarmuka pengguna

a. Perakitan Komponen

© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Komponen-komponen utama yang telah dirancang seperti mikrokontroler *ESP32*, sensor (*DHT11*, *soil moisture*, *pH*, *TDS*), pompa air, *motor servo*, dan *LCD I2C* 20x4 dirakit sesuai dengan diagram blok dan diagram *wiring*. Kegiatan perakitan dilakukan sebagai berikut:

- *ESP32* sebagai pusat kontrol dihubungkan dengan seluruh sensor menggunakan pin *ADC* dan digital.
- Sensor *DHT11* dipasang pada pin digital (*GPIO 4*.)
- Sensor *soil moisture* terhubung ke pin analog (*GPIO 34*).
- Sensor *pH* (*GPIO 32*) dan sensor *TDS* (*GPIO 33*) juga terhubung ke pin *ADC ESP32*.
- Aktuator seperti pompa air (*GPIO 5*) dan *motor servo* (*GPIO 12*) dihubungkan melalui pin *output* digital.
- *LCD I2C* dihubungkan menggunakan komunikasi *I2C* pada pin *SDA* (*GPIO 21*) dan *SCL* (*GPIO 22*).
- *Relay Selenoid* Terhubung ke pin (*GPIO 27*) *ESP32* sebagai pin *output* digital untuk mengaktifkan atau menonaktifkan *relay*.
- Ultrasonik *Trigger pin* terhubung ke (*GPIO 18*) Output Digital dan *Echo pin* terhubung ke *GPIO 19* (*Input* Digital).
- *Power supply* 5V 10A digunakan sebagai sumber tegangan untuk semua perangkat, melalui konversi dari tegangan PLN menggunakan modul *step-down* dan *step-up* (*LM2596* dan *XL6009*).

b. Algoritma Pemrograman

Algoritma pemrograman dirancang agar sistem dapat melakukan fungsi-fungsi utama berikut:

- Membaca suhu dan kelembapan dari sensor *DHT11*
- Membaca kelembapan tanah dari sensor *soil moisture*
- Membaca nilai *pH* dan *TDS* dari air menggunakan sensor masing-masing
- Mengukur ketinggian air menggunakan sensor ultrasonik
- Mengaktifkan *relay selenoid* berdasarkan ketinggian air

© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

- Mengaktifkan pompa jika tanah terlalu kering
- Memberi nutrisi secara otomatis menggunakan motor servo jika *TDS* di bawah ambang
- Menampilkan data secara bergantian di *LCD* 20x4
- Mengirim data suhu, kelembapan, tanah, *pH*, *TDS*, dan status ke aplikasi *Blynk* serta *Google Sheets*

Berikut adalah potongan kode utama dalam pemrograman sistem:

```
#include <WiFi.h>
#include <BlynkSimpleEsp32.h>
#include <DHT.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
#include <ESP32Servo.h>
#include <GravityTDS.h>
#include <HTTPClient.h>

// Inisialisasi sensor dan aktuator
#define DHTPIN 4
#define DHTTYPE DHT11
DHT dht(DHTPIN, DHTTYPE);

#define SOIL_MOISTURE_PIN 34
#define PH_PIN 32
#define TdsSensorPin 33
#define TRIG_PIN 18
#define ECHO_PIN 19
#define PUMP_PIN 5
#define servoPin 12
#define RELAYSELENOID_PIN 27

LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 20, 4);
Servo myServo;
GravityTDS gravityTds;

char ssid[] = "Andromax-M2Y-F6BF";
char pass[] = "27385345";
char auth[] = "krRkz-zbwC-Rd9beNsUntmBNQRVyhetY";

void setup() {
  Serial.begin(115200);
  WiFi.begin(ssid, pass);
  Blynk.config(auth);
  Blynk.connect();
```

© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

```
  dht.begin();
  lcd.init();
  lcd.backlight();

  pinMode(PUMP_PIN, OUTPUT);
  pinMode(TRIG_PIN, OUTPUT);
  pinMode(ECHO_PIN, INPUT);
  pinMode(RELAYSELENOID_PIN, OUTPUT);
  myServo.attach(servoPin);
  gravityTds.setPin(TdsSensorPin);
  gravityTds.setAref(3.3);
  gravityTds.setAdcRange(4096);
  gravityTds.begin();
}

void loop() {
  Blynk.run();

  // Pembacaan sensor
  float suhu = dht.readTemperature();
  float hum = dht.readHumidity();
  int soilValue = analogRead(SOIL_MOISTURE_PIN);
  int soilPercent = map(soilValue, 3200, 1500, 0, 100);
  soilPercent = constrain(soilPercent, 0, 100);

  gravityTds.setTemperature(suhu);
  gravityTds.update();
  float tdsValue = gravityTds.getTdsValue();

  // Kalibrasi dan pembacaan pH (regresi 3 titik)
  float sumVoltage = 0;
  for (int i = 0; i < 20; i++) {
    sumVoltage += (analogRead(PH_PIN) / 4095.0) * 3.3;
    delay(10);
  }
  float voltagePH = sumVoltage / 20.0;
  float phValue = -4.898 * voltagePH + 19.36;
  phValue = constrain(phValue, 0.0, 14.0);

  // Sensor ultrasonik
  digitalWrite(TRIG_PIN, LOW);
  delayMicroseconds(2);
  digitalWrite(TRIG_PIN, HIGH);
  delayMicroseconds(10);
  digitalWrite(TRIG_PIN, LOW);

  long duration = pulseIn(ECHO_PIN, HIGH, 30000);
  float distance = duration * 0.034 / 2.0;
```

© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

```
// Kontrol pompa berdasarkan kelembaban tanah
if (soilPercent <= 50) {
  digitalWrite(PUMP_PIN, HIGH);
} else {
  digitalWrite(PUMP_PIN, LOW);
}

// Kontrol selenoid berdasarkan ketinggian air
if (distance >= 14.0) {
  digitalWrite(RELAYSELENOID_PIN, HIGH); // Buka selenoid
} else if (distance <= 8.0) {
  digitalWrite(RELAYSELENOID_PIN, LOW);  // Tutup selenoid
}

// Kontrol nutrisi dengan motor servo
if (tdsValue < 500) {
  myServo.write(180);
  delay(1000);
  myServo.write(0);
}

// Tampilkan data ke LCD
lcd.setCursor(0, 0); lcd.print("Suhu: "); lcd.print(suhu); lcd.print(" C");
lcd.setCursor(0, 1); lcd.print("Tanah: "); lcd.print(soilPercent);
lcd.print("%");
lcd.setCursor(0, 2); lcd.print("TDS: "); lcd.print(tdsValue); lcd.print(" ppm");
lcd.setCursor(0, 3); lcd.print("pH: "); lcd.print(phValue, 2);

// Kirim data ke Blynk
Blynk.virtualWrite(V0, suhu);
Blynk.virtualWrite(V1, hum);
Blynk.virtualWrite(V2, soilPercent);
Blynk.virtualWrite(V3, phValue);
Blynk.virtualWrite(V4, tdsValue);

delay(1000);

}
```

c. Perakitan dan Pengkabelan

Setiap sensor dan aktuator dihubungkan ke *ESP32* melalui pin digital maupun analog, disesuaikan dengan jenis sinyal yang diperlukan. Berikut ini adalah daftar pin yang digunakan dalam sistem:

© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Setiap sensor dan aktuator dihubungkan ke *ESP32* melalui pin digital maupun analog, disesuaikan dengan jenis sinyal yang diperlukan. Berikut ini adalah daftar pin yang digunakan dalam sistem:

- **Sensor *DHT11*** → *GPIO 4*
- ***Soil Moisture Sensor*** → *GPIO 34*
- **Sensor *pH*** → *GPIO 32*
- **Sensor *TDS*** → *GPIO 33*
- **Sensor Ultrasonik (*Trigger*)** → *GPIO 18*
- **Sensor Ultrasonik (*Echo*)** → *GPIO 19*
- **Pompa Air** → *GPIO 5*
- ***Motor Servo* (Nutrisi)** → *GPIO 12*
- ***Relay Selenoid*** → *GPIO 27*

d. Kode program dikembangkan menggunakan *Arduino IDE* sebagai *platform* pemrograman utama. Program mencakup pemanggilan berbagai pustaka (*library*) yang diperlukan untuk mengakses fungsi dari sensor dan komunikasi data, di antaranya:

- WiFi.h → untuk koneksi ke jaringan *WiFi*
- BlynkSimpleEsp32.h → untuk koneksi dan pengiriman data ke *platform Blynk*
- DHT.h → untuk membaca sensor suhu dan kelembapan *DHT11*
- LiquidCrystal_I2C.h → untuk menampilkan data pada *LCD* 20x4 *I2C*
- ESP32Servo.h → untuk mengontrol *motor servo*
- GravityTDS.h → untuk membaca sensor *TDS*
- HTTPClient.h → untuk mengirim data ke *Google Sheets* melalui *Web API*

© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Setelah semua *library* terpasang dan program dikompilasi tanpa *error*, kode diunggah ke *ESP32* menggunakan koneksi *USB* (*port COM*) dari komputer ke *board ESP32*.

Pada bagian awal program, dilakukan konfigurasi token autentikasi *Blynk* serta *SSID* dan *password WiFi* untuk memastikan ESP32 dapat terkoneksi ke *internet* dan mengirimkan data sensor secara *real-time* ke *server Blynk*.

3.3 Logika Kerja Pemrograman

1. Inisialisasi Komponen (*setup*())

Blynk.begin(...);

dht.begin();

lcd.init();

pinMode(PUMP_PIN, OUTPUT);

- Menghubungkan *ESP32* ke *Wi-Fi* dan *Blynk*.
- Mengaktifkan sensor *DHT11*.
- Mengatur pin pompa sebagai *output*.
- Menyalakan layar *LCD* dan menampilkan teks awal.

```
Blynk.begin(auth, ssid, pass);
dht.begin();
lcd.begin();
pinMode(pumpPin, OUTPUT);
```

Gambar 3.3 Kode Inisialisasi Komponen

2. Pembacaan Sensor (*loop*())

float temperature = dht.readTemperature();

- Membaca suhu dari DHT11.

int soilADC = analogRead(SOIL_MOISTURE_PIN);

int soilMoisturePercent = map(soilADC, soilDryValue, soilWetValue, 0, 100);

© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

- Membaca kelembaban tanah dan mengubah ke bentuk persentase.

```
int phAnalog = analogRead(PH_PIN);

voltagePH = (phAnalog / 4095.0) * 3.3;

phValue = slope * voltagePH + intercept;
```

- Membaca *pH* air dan mengkalibrasinya menggunakan rumus linier dua titik (*pH* 4 dan *pH* 7).

```
int adcValue = analogRead(TDS_PIN);

float voltage = adcValue * 3.3 / 4095.0;

float ec = (voltage / 1.0);

float tds = ec * 1000 * tdsFactor * calibrationFactor;
```

- Membaca nilai *TDS* dan mengubah dari tegangan ke *ppm* (*part per million*).

```
- DHT.readTemperature() → suhu
- DHT.readHumidity() → kelembapan udara
- analogRead(SOIL_MOISTURE_PIN) → soil moisture
- analogRead(TDS_PIN) → TDS
- Loop pembacaan PH_SENSOR_PIN → pH (pakai rata-rata)
```

Gambar 3.4 Kode Pembacaan Sensor

3. Kontrol Otomatis Pompa dan Kontrol Otomatis *Servo* (Nutrisi)

a. Pompa Air

Pompa akan menyala secara otomatis apabila kelembapan tanah (*soil moisture*) berada di bawah 50%, dan akan mati jika kelembapan mencapai atau melebihi 80%.

```
if (soilMoisturePercent <= 50) {
  digitalWrite(PUMP_PIN, HIGH); // Nyalakan pompa
} else if (soilMoisturePercent >= 80) {
  digitalWrite(PUMP_PIN, LOW);  // Matikan pompa
}
```

Gambar 3.5 Kode Pembacaan Pompa

- Pompa aktif jika kelembapan tanah rendah.

© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

- Pompa nonaktif jika tanah cukup lembap.

b. *Servo* (Katup Nutrisi)

Servo akan membuka katup nutrisi (pada sudut 90 derajat) saat nilai *TDS* berada di bawah 560 *ppm* (menandakan kekurangan nutrisi), dan akan menutup kembali (sudut 0 derajat) jika *TDS* melebihi ambang batas tersebut.

```
if (tds <= 560) {
  myServo.write(90); // Buka aliran nutrisi
} else {
  myServo.write(0);  // Tutup aliran nutrisi
}
```

Gambar 3.6 Kode Pembacaan *Servo*

- *Servo* membuka katup nutrisi jika *TDS* rendah.
- *Servo* menutup katup nutrisi jika *TDS* cukup atau tinggi.

c. *Selenoid* dengan Pengatur Ketinggian Air

Selenoid dikontrol berdasarkan ketinggian air yang terdeteksi oleh sensor ultrasonik. Jika tinggi air melebihi 14 cm, *selenoid* akan membuka aliran untuk membuang kelebihan air. Ketika tinggi air turun hingga mencapai 8 cm, *selenoid* akan kembali ditutup.

```
if (tinggiAir >= 14) {
  digitalWrite(SELENOID_PIN, HIGH); // Buka selenoid (buang air)
} else if (tinggiAir <= 8) {
  digitalWrite(SELENOID_PIN, LOW);  // Tutup selenoid
}
```

Gambar 3.7 Kode Pembacaan *Selenoid*

- *Selenoid* aktif (terbuka) saat ketinggian air melebihi 14 cm.
- *Selenoid* nonaktif (tertutup) saat ketinggian turun hingga 8 cm.

© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta
Hak Cipta :
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

BAB IV
PEMBAHASAN

4.1 Pengujian Akurasi Pembacaan Sensor dan Tegangan Operasional Komponen Sistem *Greenhouse*

Pengujian dilakukan untuk mengevaluasi kinerja sistem *monitoring* dan pengendalian otomatis berbasis *ESP32* yang telah diterapkan pada *greenhouse*. Fokus utama dari pengujian ini adalah menilai akurasi pembacaan sensor terhadap parameter lingkungan seperti suhu udara, kelembapan udara, kelembapan tanah, *pH* air, dan nilai *TDS*. Data yang dihasilkan oleh sistem dibandingkan dengan hasil pengukuran menggunakan alat ukur manual sebagai acuan, guna mengetahui tingkat keakuratan dan keandalan sistem dalam memberikan informasi yang dapat digunakan untuk kebutuhan pertanian hidroponik berbasis *IoT*.

Selain menguji keakuratan sensor, pengujian juga dilakukan untuk memastikan bahwa logika kendali otomatis berjalan dengan baik. Hal ini mencakup pengaktifan pompa air saat kelembapan tanah rendah, pemberian nutrisi melalui *motor servo* saat nilai *TDS* di bawah ambang batas, serta pengaturan buka-tutup selenoid berdasarkan ketinggian air yang terdeteksi oleh sensor ultrasonik. Seluruh pengujian dilaksanakan dalam lingkungan terkontrol pada struktur *greenhouse* yang telah dirancang, sehingga memungkinkan.

4.1.1 Deskripsi Pengujian

Pengujian dilakukan untuk mengevaluasi akurasi sistem *monitoring* berbasis *ESP32* dalam membaca parameter lingkungan di dalam *greenhouse*. Sistem menampilkan hasil pembacaan sensor secara *real-time* melalui *LCD*, yang digunakan sebagai representasi *output* sistem.

Langkah pengujian dilakukan dengan mencatat nilai-nilai yang ditampilkan pada *LCD*, kemudian dibandingkan dengan data pembanding yang diperoleh dari alat ukur manual. Parameter yang diuji meliputi suhu udara, kelembapan udara, kelembapan tanah, nilai *pH* larutan, dan nilai *TDS*.

© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Pengambilan data dilakukan dalam kondisi lingkungan yang stabil, dan pencatatan dilakukan secara bersamaan antara hasil pembacaan sensor sistem dan alat ukur manual. Perbandingan dari kedua data tersebut digunakan untuk menghitung deviasi pembacaan, sehingga dapat diketahui tingkat akurasi dari sistem *monitoring* yang dikembangkan.

4.1.2 Prosedur Pengujian

Pengujian diawali dengan menyalakan sistem *monitoring* berbasis *ESP32* hingga seluruh sensor aktif dan data terbaca pada layar *LCD*. Setelah sistem dalam kondisi stabil, dilakukan pencatatan nilai sensor yang muncul di *LCD*.

Pada saat yang sama, parameter lingkungan yang sama diukur menggunakan alat ukur manual sebagai pembanding, seperti *termohigrometer* untuk suhu, *TDS meter* untuk mengukur jumlah total zat padat terlarut dalam suatu larutan, *pH meter* untuk mengukur tingkat keasaman atau kebasaan (*pH*) suatu larutan.

Setiap pencatatan dilakukan secara serempak antara hasil dari sistem dan hasil alat ukur manual untuk mendapatkan data yang dapat dibandingkan secara langsung. Pencatatan dilakukan beberapa kali dalam *interval* waktu tertentu guna memperoleh hasil yang konsisten.

Setelah seluruh data terkumpul, dilakukan perbandingan nilai antara sensor sistem dan alat ukur manual untuk mengetahui deviasi, yang selanjutnya digunakan sebagai dasar dalam menilai akurasi sistem yang dikembangkan.

© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

4.1.2.1 Penjelasan Prosedur Pengujian Tegangan

1. Siapkan *multimeter* digital untuk pengukuran tegangan.
2. Pastikan seluruh rangkaian telah terpasang dan dikonfigurasi dengan benar.
3. Hidupkan sistem dengan menyalakan catu daya.
4. Tempelkan *probe multimeter* ke jalur suplai komponen untuk mengukur tegangan *input* pada masing-masing komponen.
5. Lakukan pengukuran tegangan pada komponen: *DHT11*, *soil moisture*, *pH*, *TDS*.
6. Catat hasil tegangan yang terbaca pada masing-masing komponen.

4.1.2.2 Penjelasan Prosedur Pengujian Arus

1. Siapkan alat pengukur arus dengan menggunakan *multimeter* digital yang sesuai untuk mengukur arus.
2. Pastikan sistem dalam keadaan siap dengan memeriksa rangkaian sistem untuk memastikan seluruh perangkat dan komponen sudah terpasang dengan benar.
3. Hidupkan sistem dengan menyalakan catu daya untuk mengaktifkan seluruh komponen dan sistem.
4. Lakukan pengukuran arus dengan menempelkan *probe multimeter* pada jalur yang sesuai untuk mengukur arus pada masing-masing komponen, seperti sensor suhu (*DHT*11), *soil moisture*, *pH*, dan *TDS*.
5. Catat hasil pengukuran dengan merekam nilai arus yang terbaca pada masing-masing komponen untuk analisis lebih lanjut.
6.

© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

4.1.3 Data Hasil Pengujian

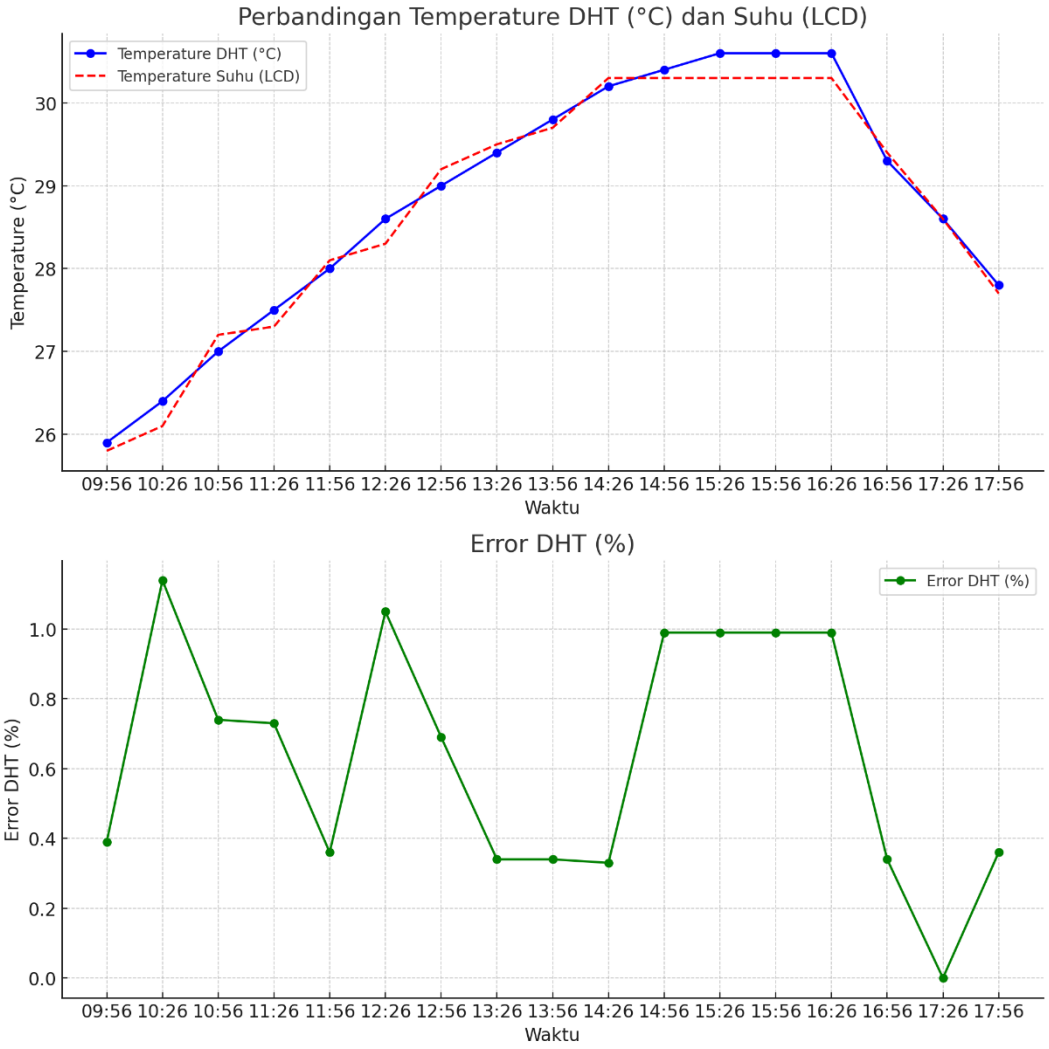
1. Hasil Pengukuran Manual Sensor *DHT11*

Tabel 4.1 Hasil Pengukuran Manual Sensor *DHT*

waktu	*DHT 11* (manual)	Suhu (LCD)	*Error*
09:56	25.9 °C	25.8°C	0.39%
10:26	26.4°C	26.1°C	1.14%
10:56	27.0°C	27.2°C	0.74%
11:26	27.5°C	27.3°C	0.73%
11:56	28.0°C	28.1°C	0.36%
12:26	28.6°C	28.3°C	1.05%
12:56	29.0°C	29.2°C	0.69%
13:26	29.4°C	29.5°C	0.34%
13:56	29.8°C	29.7°C	0.34%
14:26	30.2°C	30.3°C	0.33%
14:56	30.4°C	30.3°C	0.99%
15:26	30.6°C	30.3°C	0.99%
15:56	30.6°C	30.3°C	0.99%
16:26	30.6°C	30.3°C	0.99%
16:56	29.3°C	29.4°C	0.34%
17:26	28.6°C	28.6°C	0.00%
17:56	27.8°C	27.7°C	0.36%

© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



Gambar 4.1 Grafik Perbandingan dan *Error* Sensor *DHT11*

2. Hasil Pengukuran Manual Sensor *Soil Moisture*

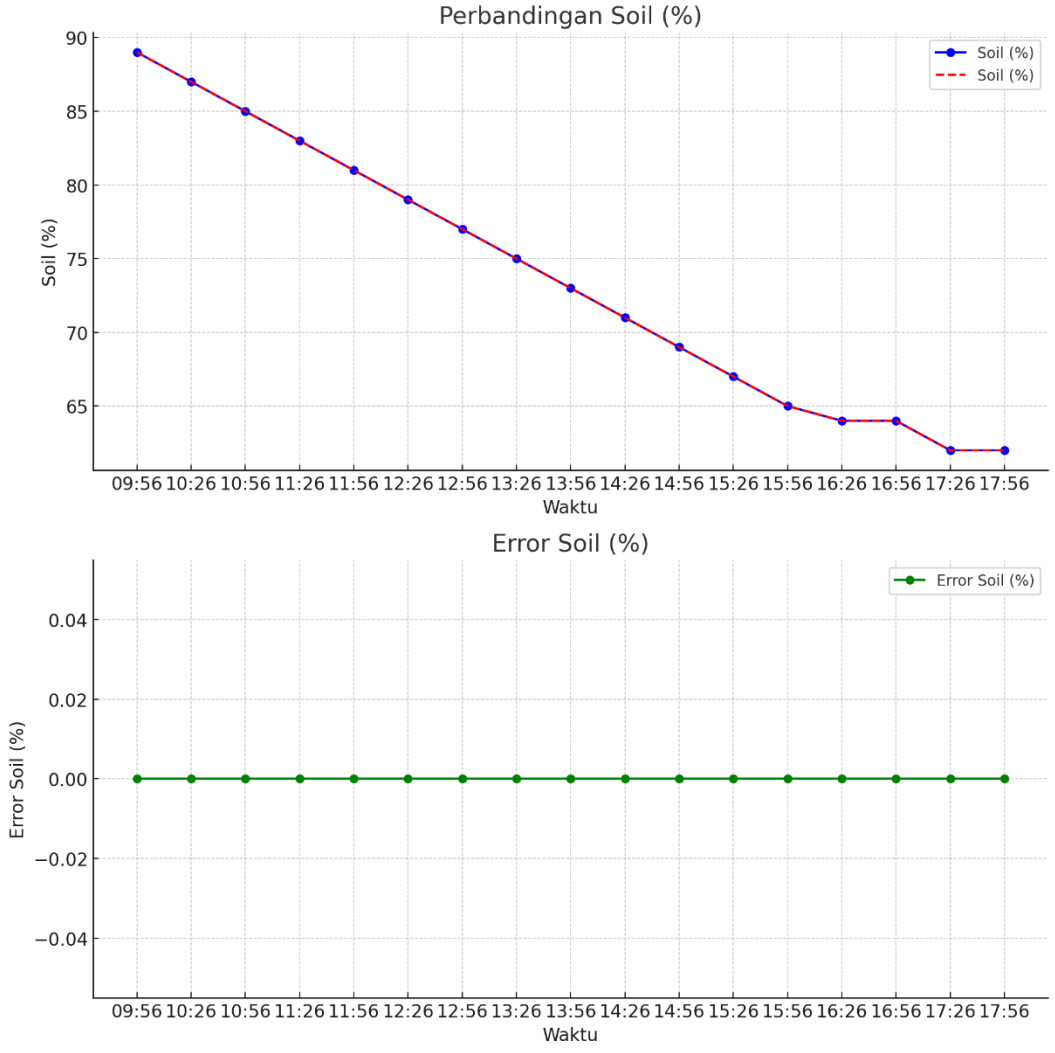
Tabel 4.2 Hasil Pengukuran Manual Sensor *Soil Moisture*

waktu	**SOIL (manual)**	**SOIL (*LCD*)**	***Error***
09:56	89%	89%	0.00%
10:26	87%	87%	0.00%
10:56	85%	85%	0.00%
11:26	83%	83%	0.00%
11:56	81%	81%	0.00%
12:26	79%	79%	0.00%
12:56	77%	77%	0.00%
13:26	75%	75%	0.00%
13:56	73%	73%	0.00%
14:26	71%	71%	0.00%
14:56	69%	69%	0.00%

© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

15:26	67%	67%	0.00%
15:56	65%	65%	0.00%
16:26	64%	64%	0.00%
16:56	64%	64%	0.00%
17:26	62%	62%	0.00%
17:56	62%	62%	0.00%



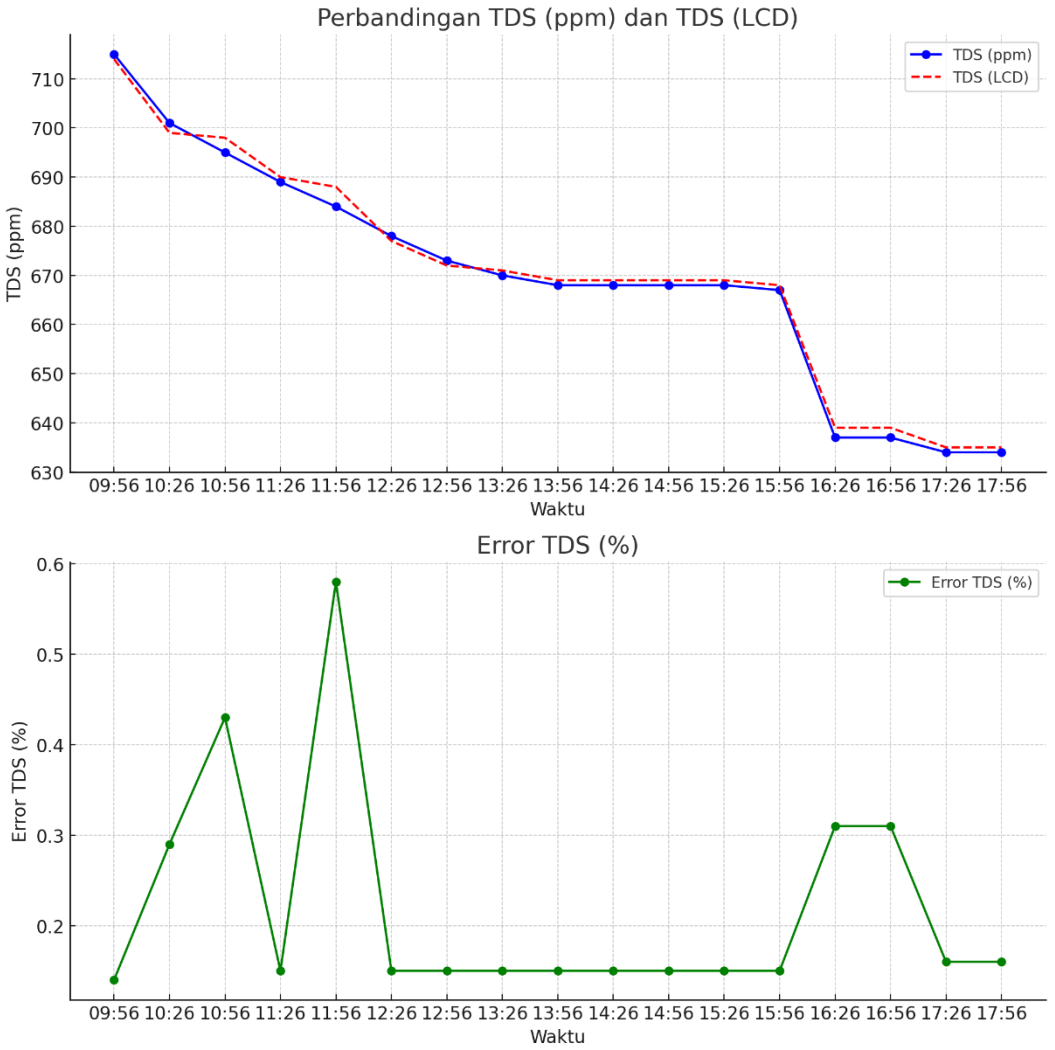
Gambar 4.2 Grafik Perbandingan dan *Error* Sensor *Soil Moisture*

3. Hasil Pengukuran Manual Sensor *TDS*

Tabel 4.3 Hasil Pengukuran Manual Sensor *TDS*

waktu	***TDS* (manual)**	***TDS* (LCD)**	***Error***
09:56	715 ppm	714 ppm	0.14%
10:26	701 ppm	699 ppm	0.29%
10:56	695 ppm	698 ppm	0.43%
11:26	689 ppm	690 ppm	0.15%

11:56	684 ppm	688 ppm	0.58%
12:26	678 ppm	677 ppm	0.15%
12:56	673 ppm	672 ppm	0.15%
13:26	670 ppm	671 ppm	0.15%
13:56	668 ppm	669 ppm	0.15%
14:26	668 ppm	669 ppm	0.15%
14:56	668 ppm	669 ppm	0.15%
15:26	668 ppm	669 ppm	0.15%
15:56	668 ppm	669 ppm	0.15%
16:26	667 ppm	668 ppm	0.15%
16:56	637 ppm	639 ppm	0.31%
17:26	637 ppm	639 ppm	0.31%
17:56	637 ppm	639 ppm	0.31%



Gambar 4.3 Grafik Perbandingan dan *Error* Sensor *TDS*

© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

4. Hasil Pengukuran Manual Sensor *Ph*

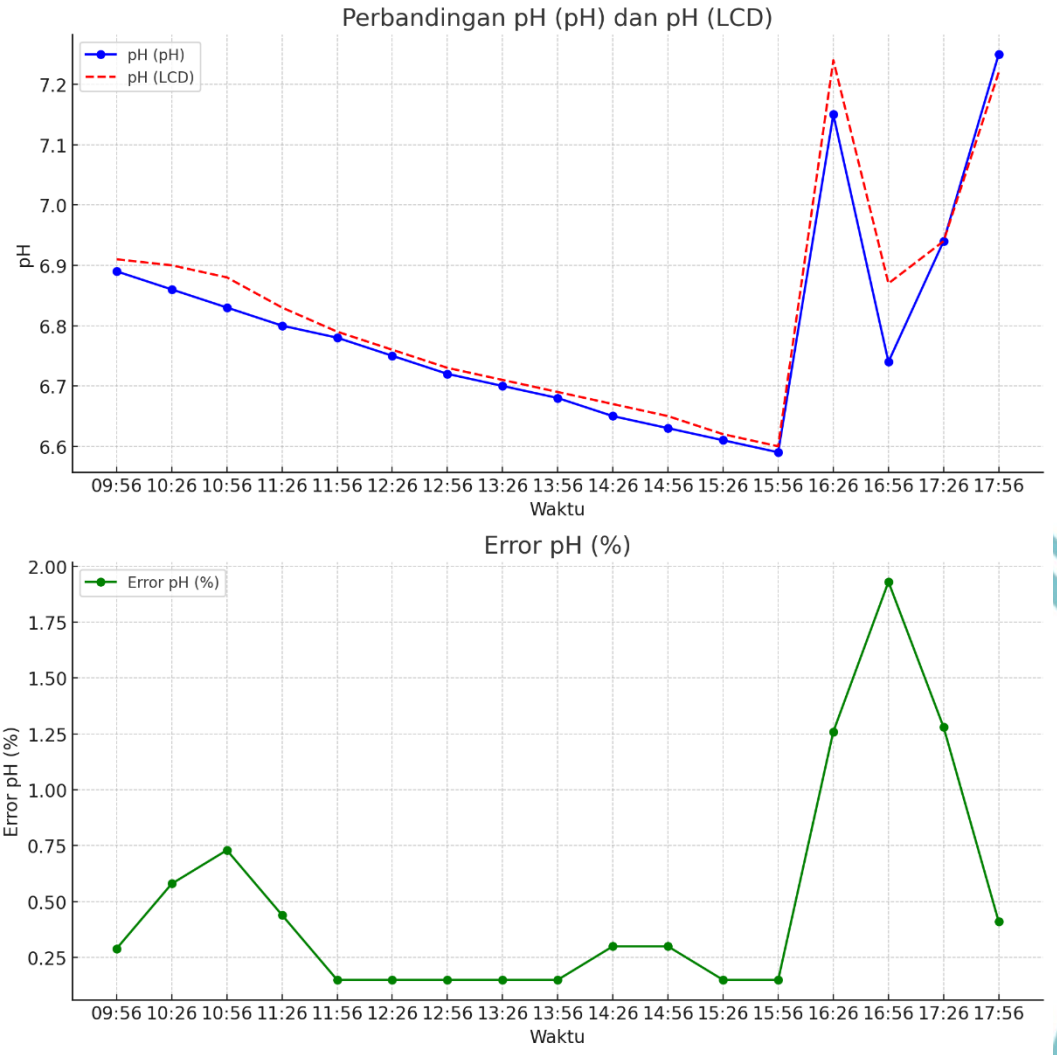
Tabel 4.4 Hasil Pengukuran Manual Sensor *pH*

waktu	***pH* (manual)**	***pH (LCD)***	***Error***
09:56	6.89 pH	6.91 pH	0.29%
10:26	6.86 pH	6.90 pH	0.58%
10:56	6.83 pH	6.88 pH	0.73%
11:26	6.80 pH	6.83 pH	0.44%
11:56	6.78 pH	6.79 pH	0.15%
12:26	6.75 pH	6.76 pH	0.15%
12:56	6.72 pH	6.73 pH	0.15%
13:26	6.70 pH	6.71 pH	0.15%
13:56	6.68 pH	6.69 pH	0.15%
14:26	6.65 pH	6.67 pH	0.30%
14:56	6.63 pH	6.65 pH	0.30%
15:26	6.61 pH	6.62 pH	0.15%
15:56	6.59 pH	6.60 pH	0.15%
16:26	7.15 pH	7.24 pH	1.26%
16:56	6.74 pH	6.87 pH	1.93%
17:26	7.03 pH	6.94 pH	1.28%
17:56	7.25 pH	7.22 pH	0.41%

POLITEKNIK NEGERI JAKARTA

© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



Gambar 4.4 Grafik Perbandingan dan *Error* Sensor *pH*

4.1.3.1 Data Hasil Pengujian Tegangan pada Komponen

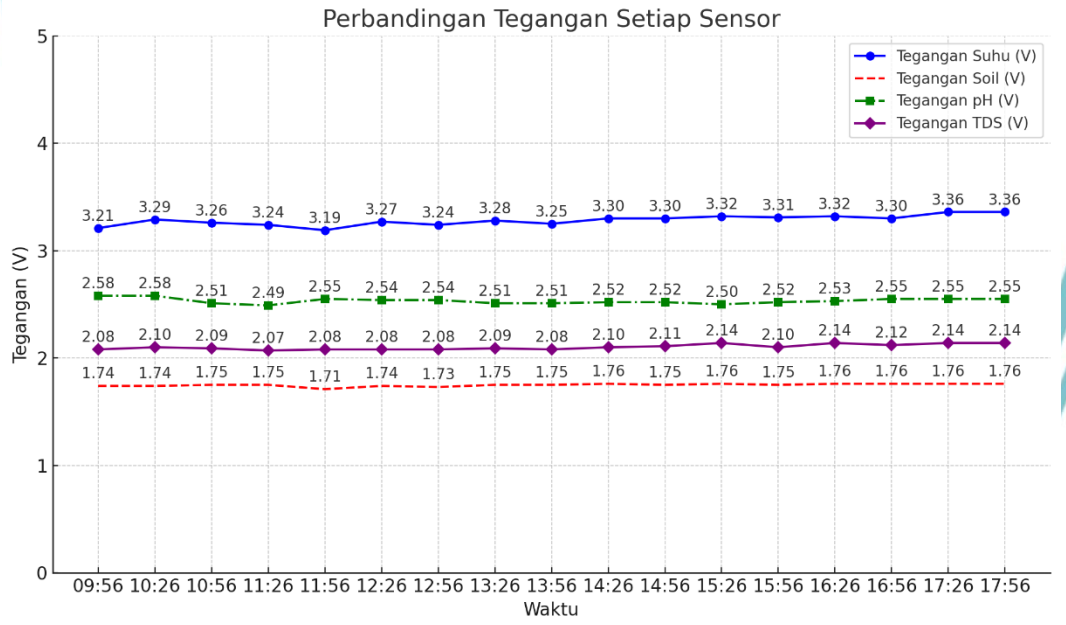
Tabel 4.5 Hasil Pengujian Tegangan pada Sensor

Tegangan (V)				
waktu	**Tegangan Suhu (V)**	**Tegangan Soil (V)**	**Tegangan pH (V)**	**Tegangan TDS (V)**
09:56	3.21	1.74	2.58	2.08
10:26	3.29	1.74	2.56	2.10
10:56	3.26	1.73	2.51	2.09
11:26	3.24	1.75	2.49	2.07
11:56	3.19	1.71	2.55	2.09
12:26	3.24	1.73	2.54	2.08

© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

12:56	3.27	1.74	2.52	2.10
13:26	3.26	1.75	2.50	2.09
13:56	3.28	1.74	2.51	2.09
14:26	3.29	1.74	2.53	2.10
14:56	3.30	1.75	2.52	2.10
15:26	3.31	1.75	2.50	2.10
15:56	3.32	1.76	2.51	2.11
16:26	3.33	1.76	2.52	2.11
16:56	3.34	1.76	2.53	2.12
17:26	3.35	1.76	2.54	2.13
17:56	3.36	1.76	2.55	2.14



Gambar 4.5 Grafik Perbandingan Tegangan Setiap Sensor

4.1.3.2 Data Hasil Pengujian Arus pada Komponen

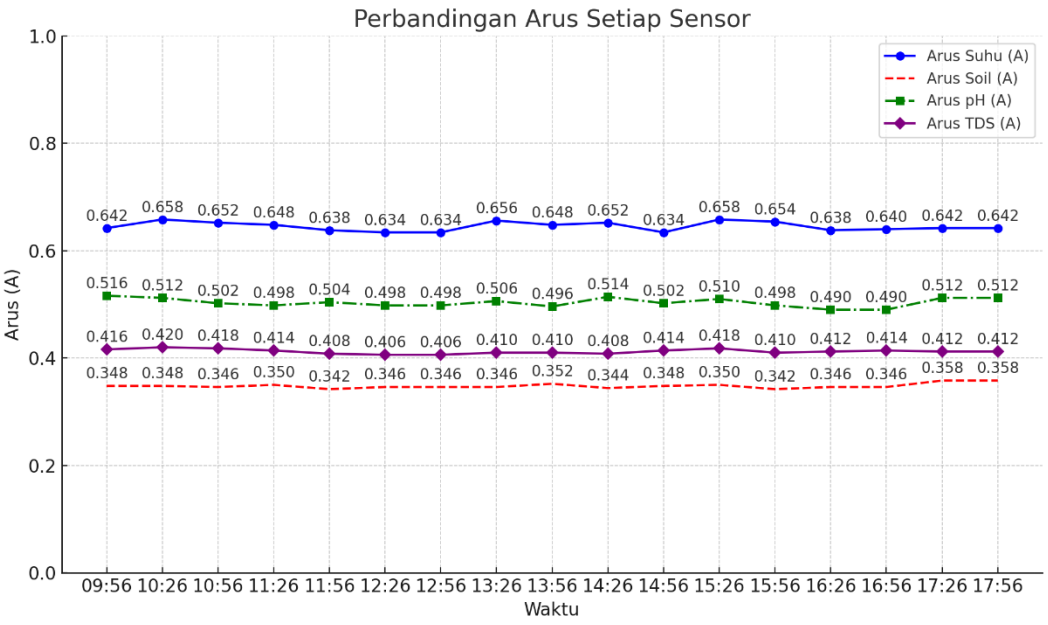
Tabel 4.6 Hasil Pengujian Arus pada Komponen

Arus (A)				
waktu	**Arus Suhu (A)**	**Arus Soil (A)**	**Arus pH (A)**	**Arus TDS (A)**
09:56	0.642	0.348	0.516	0.416

© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

10:26	0.658	0.348	0.512	0.420
10:56	0.652	0.346	0.502	0.418
11:26	0.648	0.350	0.498	0.414
11:56	0.638	0.342	0.510	0.418
12:26	0.638	0.346	0.504	0.406
12:56	0.634	0.346	0.498	0.406
13:26	0.656	0.348	0.506	0.404
13:56	0.648	0.352	0.496	0.410
14:26	0.652	0.344	0.514	0.410
14:56	0.634	0.348	0.502	0.408
15:26	0.658	0.350	0.510	0.418
15:56	0.654	0.342	0.502	0.410
16:26	0.638	0.350	0.506	0.408
16:56	0.640	0.346	0.490	0.414
17:26	0.640	0.346	0.496	0.416
17:56	0.642	0.358	0.512	0.412



Gambar 4.6 Grafik Perbandingan arus Setiap Sensor

© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

4.1.4 Analisis Data / Evaluasi

4.1.4.1 Analisis Pembahasan Pembacaan Sensor

- Sensor *DHT11* (Suhu)

  Dari Tabel 4.1 terlihat bahwa hasil pengukuran suhu manual dan *LCD* hampir sama. Misalnya, pada pukul 09:56, suhu manual menunjukkan 25,9°C sedangkan *LCD* mencatat 25,8°C. Perbedaan ini sangat kecil, hanya 0,1°C atau error 0,39%. Gambar 4.1 memperlihatkan bahwa error pengukuran suhu tetap rendah sepanjang hari, tidak pernah melebihi 1,14%. Artinya, sensor *DHT11* ini cukup akurat untuk mengukur suhu di *greenhouse*.

- Sensor Kelembapan Tanah

  Tabel 4.2 menunjukkan hasil yang menarik. Nilai kelembaban tanah dari pengukuran manual dan *LCD* ternyata sama persis. Contohnya, pada pukul 09:56, kedua metode mencatat 89%. Tidak ada perbedaan sama sekali (*error* 0%). Gambar 4.2 juga membuktikan bahwa garis grafik manual dan *LCD* saling tumpang tindih. Ini berarti sensor *soil moisture* bekerja dengan sangat presisi.

- Sensor *TDS*

  Berdasarkan Tabel 4.3, perbedaan antara pembacaan manual dan *LCD* sangat kecil. Misalnya pukul 09:56, manual mencatat 715 *ppm* sedangkan *LCD* 714 *ppm*. Selisihnya cuma 1 *ppm* (*error* 0,14%). Gambar 4.3 memperlihatkan pola yang konsisten, dimana *error* tidak pernah melebihi 0,58%. Sensor *TDS* ini cukup handal untuk mengukur nutrisi tanaman.

- Sensor *pH*

  Tabel 4.4 menunjukkan hasil yang beragam. Umumnya *error* kecil (0,15-0,73%), tapi ada beberapa titik seperti pukul 16:56 dimana *error* membesar menjadi 1,93%. Gambar 4.4 memperlihatkan lonjakan *error* ini. Kemungkinan Elektroda sensor *pH* terkena kotoran atau endapan dari larutan nutrisi.

4.1.4.2 Analisis Data Tegangan

Mengacu pada Tabel 4.5 yang mencatat hasil pengukuran tegangan, terlihat bahwa sistem bekerja dengan sangat stabil. Sensor *DHT11* menunjukkan performa yang konsisten dengan tegangan antara 3.21V sampai 3.36V, seperti terlihat jelas pada grafik di Gambar 4.5. Fluktuasi yang terjadi sangat kecil, hanya sekitar ±0.15V

© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

dari tegangan nominal 3.3V, menunjukkan regulator tegangan pada *ESP32* bekerja dengan baik.

Untuk sensor kelembaban tanah, tegangan operasionalnya tercatat antara 1.71V hingga 1.76V. Meskipun lebih rendah dari tegangan input, ini sebenarnya sesuai dengan karakteristik sensor resistif jenis ini. Grafik pada Gambar 4.5 memperlihatkan pola yang sangat stabil tanpa adanya lonjakan yang mencurigakan.

Sensor *pH* dan *TDS* juga menunjukkan performa yang memuaskan. Sensor *pH* bekerja pada rentang 2.49V-2.58V, sementara sensor *TDS* antara 2.07V-2.14V. Kedua sensor ini memperlihatkan fluktuasi minimal dalam pengoperasiannya, seperti dapat dilihat pada pola grafik di Gambar 4.5.

4.1.4.3 Analisis Data Arus

Berdasarkan data yang tercatat dalam Tabel 4.6, konsumsi arus sistem sangat stabil. Sensor *DHT11* menggunakan arus antara 0.634A sampai 0.658A, seperti terlihat pada grafik di Gambar 4.6. Polanya sangat konsisten dari awal hingga akhir pengukuran.

Sensor kelembaban tanah menunjukkan efisiensi yang baik dengan konsumsi arus hanya 0.342A-0.358A. Grafik pada Gambar 4.6 memperlihatkan garis yang hampir datar, menandakan stabilitas yang sangat baik. Begitu pula dengan sensor *pH* (0.490A-0.516A) dan *TDS* (0.404A-0.420A) yang bekerja dalam rentang normal.