

Implementasi *Internet of Things* (IoT) Pada Sistem Otomatisasi Penyiraman Tanaman Berbasis *Mobile*

M. Iqbal Hasani^{1,*}, Sri Wulandari²

Program Studi Informatika, Universitas Teknologi Yogyakarta, Indonesia

¹miqbalhasani07@gmail.com; ²sri.wulandari@staff.uty.ac.id

*corresponding author

INFO ARTIKEL

Sejarah Artikel

Diterima: 27 Oktober 2023
Direvisi: 11 November 2023
Diterbitkan: 31 Desember 2023

Kata Kunci

Internet of Things
Mikrokontroler
Naïve Bayes
Otomatisasi
Penyiraman

ABSTRAK

Ketersediaan air dalam proses budidaya tanaman memiliki peran yang sangat penting karena tanaman tidak dapat tumbuh dan berkembang dengan baik jika kadar air dalam tanah tidak memenuhi kebutuhannya. Oleh karena itu, perlu dilakukan penyiraman secara teratur dan terjadwal. Saat ini, penyiraman tanaman umumnya masih dilakukan secara manual oleh tenaga manusia menggunakan peralatan sederhana seperti gayung, selang dan ember yang memerlukan waktu dan usaha yang signifikan. Untuk mengatasi permasalahan ini, para pengelola tanaman memerlukan sistem otomatisasi yang dapat meningkatkan efisiensi dalam proses penyiraman tanaman. Dalam mencapai tujuan tersebut, peneliti mencoba menerapkan konsep *Internet of Things* (IoT) dalam sistem otomatisasi penyiraman tanaman. Hal ini memungkinkan pemilik tanaman untuk melakukan pemantauan dan pengendalian penyiraman tanaman dari jarak jauh, kapan saja dan di mana saja. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sistem otomatisasi penyiraman tanaman berbasis *mobile* yang dapat memudahkan pemilik tanaman dalam melakukan penyiraman secara otomatis dan terjadwal hingga 2 kali sehari, sesuai dengan waktu yang telah ditentukan melalui antarmuka aplikasi. Sistem ini menggunakan *NodeMCU ESP8266* sebagai mikrokontroler dan perangkat keras seperti water level sensor untuk mengukur intensitas air hujan yang memungkinkan penghematan air dalam proses penyiraman. Sistem ini mampu mengendalikan proses penyiraman secara otomatis, mengirimkan notifikasi kepada pengguna, mencatat waktu penyiraman dengan bantuan *RTC DS3231*. Selain itu, sistem ini menerapkan metode *Naïve Bayes* untuk analisis data dan pengambilan keputusan dengan tingkat akurasi mencapai 94.3%.

PENDAHULUAN

Internet of Things (IoT) adalah konsep yang telah mengubah cara perangkat elektronik berkomunikasi dan berkolaborasi dalam jaringan. IoT tidak hanya mengenai transfer data, tetapi juga menghadirkan perangkat-perangkat yang saling berinteraksi untuk menyediakan berbagai layanan yang cerdas dan otonom [1], [2], [3]. Tujuan utama dari IoT adalah meningkatkan kecerdasan dalam aplikasi dan layanan dengan campur tangan manusia yang minimal, memanfaatkan sensor, aktuator, dan pemrosesan data [4], [5], [6]. Internet menjadi fondasi bagi layanan IoT dengan menghadirkan saluran komunikasi dan antarmuka yang cerdas antara manusia dan perangkat di sekitarnya. Konsep *cloud* dan *edge* menjadi komponen penting dalam ekosistem IoT, memungkinkan aplikasi dan layanan yang relevan dalam berbagai domain [7], [8], [9]. Dengan menghubungkan perangkat fisik, IoT memberdayakan otomatisasi dalam berbagai sektor kehidupan, mengubah objek-objek fisik menjadi entitas yang cerdas, mampu berkomunikasi, berkolaborasi, dan bahkan membuat keputusan secara mandiri.

Menurut [10], [11], [12], [13], ketersediaan air dalam proses budidaya tanaman adalah faktor kunci yang memengaruhi pertumbuhan dan kesehatan tanaman. Tanaman yang tidak mendapatkan air yang cukup atau mengalami kelebihan air dapat mengalami masalah serius. Tanaman yang kekurangan air akan mengering dan mati, sementara penumpukan air berlebihan dapat menyebabkan pembusukan pada tanaman. Oleh karena itu, penyiraman yang efisien dan tepat waktu sangat penting dalam merawat tanaman. Akan tetapi, hingga saat ini, penyiraman tanaman umumnya dilakukan secara manual oleh manusia dengan menggunakan peralatan sederhana seperti gayung, selang, atau ember [14]. Metode ini memakan banyak waktu dan energi. Terlebih lagi, ketika jumlah tanaman yang harus disiram sangat banyak, seringkali terjadi masalah dalam mendistribusi air secara merata. Masalah lain muncul saat pemilik tanaman harus meninggalkan tanaman dalam waktu lama tanpa pengawasan, yang bisa berakibat pada kematian tanaman karena tidak mendapatkan perawatan yang dibutuhkan.

Perkembangan teknologi menawarkan solusi inovatif untuk permasalahan tersebut. Salah satu pendekatan yang menjanjikan adalah penerapan *Internet of Things (IoT)* untuk menciptakan sistem otomatisasi penyiraman tanaman yang dapat diakses melalui perangkat *mobile* sehingga memungkinkan pemilik tanaman untuk memantau dan mengendalikan penyiraman tanaman dari jarak jauh [15], [16], [17]. Sistem ini didesain berbasis *mobile* dan dapat melakukan penyiraman tanaman secara otomatis dan terjadwal, hingga dua kali sehari sesuai dengan waktu yang telah diatur pada antarmuka aplikasi. Dengan menggunakan hardware seperti *water level sensor* untuk pendeteksian intensitas air hujan sehingga dapat dilakukan penghematan air terhadap proses penyiraman, sedangkan untuk membuang air pada penampungan air hujan digunakan perangkat *micro solenoid valve*. Notifikasi akan dikirim ke smartphone dengan menggunakan aplikasi akan dilakukan apabila *solenoid valve* sedang menyala atau sedang terjadi kebocoran, dalam proses notifikasi tersebut digunakan mikrokontroler *NodeMCU* yang dilengkapi dengan modul *WiFi ESP8266*, memastikan koneksi ke internet dan pengiriman data dari sensor kepada pengguna, serta dilakukan penerapan algoritma *Naïve Bayes* ke dalam sistem otomatisasi penyiraman tanaman berdasarkan data sensor dapat signifikan meningkatkan efisiensi dan efektifitas dalam manajemen penggunaan air. Pada penelitian ini, peneliti akan membahas rancangan, implementasi, dan pengujian sistem otomatisasi penyiraman tanaman berbasis *mobile* dengan menggunakan teknologi *Internet of Thing (IoT)*. Peneliti membangun sistem dengan memanfaatkan teknologi *Internet of Things (IoT)* untuk meningkatkan efisiensi dan efektivitas dalam perawatan tanaman dengan memastikan penyiraman yang tepat waktu dan sesuai dengan kebutuhan tanaman.

METODE

Proyek pembuatan sistem otomatisasi penyiraman tanaman menggunakan teknologi *Internet of Things (IoT)* ini melibatkan penerapan metodologi *System Development Life Cycle (SDLC)*, yang terdiri dari beberapa tahap, yaitu:

Analisis Kebutuhan

Pada tahap analisis kebutuhan dilakukan analisis terhadap kebutuhan yang diperlukan untuk pembuatan sistem otomatisasi penyiraman tanaman dengan teknologi IoT. Analisis ini meliputi spesifikasi perangkat yang diperlukan, pengumpulan data dari penelitian sebelumnya. Dengan analisis ini diharapkan dapat mengarahkan pada pengembangan sistem yang sesuai dengan kebutuhan pengguna dan efektif serta efisien. Pengembangan proyek sistem otomatisasi penyiraman tanaman memerlukan beberapa perangkat keras meliputi:

1. Laptop, digunakan untuk menulis kode program yang kemudian diunggah dengan memanfaatkan software *Arduino IDE* ke mikrokontroler *NodeMCU*.

2. Handphone, digunakan untuk menjalankan atau monitoring dan kontrol sistem otomasi penyiraman tanaman melalui aplikasi *mobile* yang telah terinstall dan telah terkoneksi dengan sistem.
3. Solder, digunakan untuk menggabungkan komponen agar saling terhubung sesuai dengan rancangan yang dibuat.
4. Timah Solder, berbentuk seperti kawat yang akan dilelehkan dengan solder sebagai perekat untuk tiap-tiap komponen.
5. Bor, digunakan untuk membuat lubang pada talang dan paralon sebagai tempat keluar masuknya air.
6. Pisau Cutter, digunakan untuk memotong paralon agar sesuai dengan ukuran.
7. Obeng Set, digunakan untuk membuka dan menyatukan perangkat keras.
8. *Power Supply 12v*, sebagai adaptor 12v untuk menjalankan perangkat elektronis seperti *LED*, *motor DC* dan *relay*.
9. *Stepdown DC*, berfungsi menurunkan tegangan listrik pada rangkaian.
10. *Modul Relay*, sebagai saklar otomatis.
11. *NodeMCU EPS8266*, sebagai mikrokontroler atau modul pusat kontrol IoT.
12. *Sensor Water Level*, berfungsi mengendalikan pasokan air yang masuk ke dalam tabung pencucian dari sumber kran atau *water inlet valve*.
13. *Sensor Water Flow*, sebagai sensor penghitung debit air yang mengalir.
14. *Solenoid Valve*, sebagai katup untuk mengendalikan keluarnya aliran air.
15. *RTC DS3231*, sebagai modul *real time clock* untuk mengatur waktu yang akan ditentukan oleh pengguna.

Desain Sistem

Pada tahap desain, peneliti melakukan perencanaan dan pemodelan konseptual sistem otomatisasi penyiraman tanaman dengan menggunakan *Internet of Things (IoT)*. Kami memahami secara mendalam kebutuhan pengguna dan tujuan proyek ini. Tahap ini mencakup tiga aspek utama: desain perangkat keras, desain perangkat lunak, dan desain jaringan.

a. Desain Perangkat Keras

Dalam desain perangkat keras, peneliti merancang secara terinci komponen fisik yang akan menjadi inti dari sistem ini. Hal ini melibatkan pemilihan dan penempatan komponen seperti *NodeMCU*, *water level sensor*, *water flow sensor*, *solenoid valve*, *relay*, *RTC DS3231* dan perangkat keras lainnya yang diperlukan untuk mengendalikan penyiraman tanaman secara otomatis. Kami memastikan bahwa konfigurasi fisik komponen berfungsi optimal untuk mencapai tujuan proyek ini.

b. Desain Perangkat Lunak

Pada tahap desain perangkat lunak, peneliti melibatkan pengembangan algoritma, perancangan antarmuka pengguna, dan pemodelan struktur perangkat lunak yang akan mengontrol perangkat keras. Kami merancang algoritma otomatisasi penyiraman yang memproses data dari *sensor water level* dan mengontrol *solenoid valve* sesuai dengan kebutuhan. Desain antarmuka pengguna atau aplikasi *mobile* dirancang untuk memungkinkan pengguna memantau dan mengontrol sistem otomatisasi penyiraman tanaman dengan mudah.

c. Desain Jaringan

Pada tahap desain jaringan, peneliti merencanakan dan menggambarkan konfigurasi jaringan yang digunakan dalam proyek ini. Terdapat dua komponen utama dalam desain jaringan ini, yaitu *Wireless Sensor Network (WSN)* dan jaringan publik. WSN adalah jaringan sensor nirkabel yang terdiri dari beberapa perangkat

kluster yang bekerja bersama-sama untuk mengumpulkan data dan mengendalikan aliran air. WSN melibatkan *NodeMCU ESP8266*, *relay*, *water flow sensor*, *water level sensor*, dan *RTC DS3231*. *NodeMCU* berfungsi sebagai pusat pengendalian, mengumpulkan data dari sensor-sensor dan mengontrol penyiraman. Jaringan publik menghubungkan sistem ke dunia luar melalui internet. Jaringan Publik menghubungkan *NodeMCU* ke internet melalui jaringan *router WiFi* di dalam ruangan. Dengan kombinasi WSN dan Jaringan Publik memungkinkan aliran data yang efisien dari perangkat keras ke pengguna melalui jaringan yang telah kami desain secara cermat.

Implementasi

Pada tahap implementasi, peneliti mulai membangun sistem otomatisasi penyiraman tanaman. Ini melibatkan pemasangan fisik perangkat keras di lapangan dan penulisan kode program untuk *NodeMCU*. Kami juga mengembangkan aplikasi *mobile* yang akan digunakan oleh pengguna untuk memantau dan mengontrol sistem. Selama tahap ini, kami memastikan bahwa semua komponen berfungsi dengan baik dan dapat berkomunikasi satu sama lain. Peneliti juga menerapkan algoritma *Naïve Bayes* pada sistem otomatisasi penyiraman tanaman. Algoritma ini digunakan untuk analisis data sensor dan mengambil keputusan mengenai kapan dan seberapa banyak penyiraman yang diperlukan untuk tanaman. Berikut adalah langkah-langkah implementasi algoritma *Naïve Bayes*:

- a. Pengumpulan Data Sensor: Data sensor yang terdiri dari data waktu dan ketinggian air diakuisisi melalui penggunaan *water level sensor*. Data ini dikumpulkan dan direkam dengan bantuan *NodeMCU ESP8266* dalam bentuk dataset.
- b. Persiapan Data: Dataset yang dikumpulkan akan diolah untuk persiapan analisis. Data perlu diatur dalam format yang sesuai untuk algoritma *Naïve Bayes*.
- c. Pembagian Data: Data dibagi menjadi dua bagian, yaitu data pelatihan (training data) dan data uji (testing data). Data pelatihan digunakan untuk melatih model *Naïve Bayes*, sementara data uji digunakan untuk menguji kinerja model.
- d. Pelatihan Model: Data pelatihan digunakan untuk melatih model *Naïve Bayes*. Model ini akan mempelajari pola data yang ada dan digunakan untuk membuat prediksi mengenai kebutuhan penyiraman berdasarkan informasi yang diberikan oleh sensor.
- e. Uji Model: Data uji digunakan untuk menguji kinerja model *Naïve Bayes*. Model akan membuat prediksi mengenai kebutuhan penyiraman berdasarkan data uji. Hasil prediksi dibandingkan dengan data sebenarnya untuk mengevaluasi akurasi model.

Pengujian

Pada tahap pengujian, peneliti melakukan serangkaian evaluasi untuk memastikan bahwa sistem otomatisasi penyiraman tanaman berbasis IoT berfungsi dengan baik dan sesuai dengan kebutuhan proyek. Pengujian ini mencakup dua aspek utama: pengujian alat dan sistem, serta pengujian algoritma *Naïve Bayes*.

- a. Pengujian Alat dan Sistem

Peneliti menguji komponen fisik dan perangkat lunak dalam sistem. Kami memastikan bahwa perangkat keras seperti *NodeMCU*, *relay*, *solenoid valve*, *water level sensor*, *water flow sensor*, *RTC DS3231* dan perangkat keras lainnya berfungsi dengan baik. Kami juga mengonfirmasi bahwa *NodeMCU* dapat terhubung ke jaringan *WiFi* dengan stabil, dan *solenoid valve* dapat dikendalikan sesuai dengan data sensor. Selain itu, kami memeriksa apakah aplikasi *mobile* dapat berkomunikasi dengan *NodeMCU* serta memastikan perangkat beroperasi sesuai yang ditetapkan.

- b. Pengujian Algoritma *Naïve Bayes*,

Peneliti melakukan evaluasi yang sangat mendalam dengan menerapkan teknik *cross-validation*, sebuah metode yang memungkinkan data yang ada untuk dibagi menjadi beberapa subset yang saling bersilangan, di mana algoritma diberi pelatihan pada satu subset dan diuji pada subset lain yang sebelumnya tidak digunakan. Hal ini bertujuan untuk memastikan bahwa algoritma memiliki kemampuan yang konsisten dalam mengklasifikasikan data dengan tingkat akurasi yang tinggi. Selain itu, kami juga memanfaatkan *confusion matrix*, sebuah instrumen yang memungkinkan pengukuran detail terkait dengan akurasi klasifikasi, seperti nilai *True Positive*, *True Negative*, *False Positive*, dan *False Negative*. Dengan bantuan metode ini, kami dapat mengukur sejauh mana algoritma *Naïve Bayes* mampu mengklasifikasikan data dengan benar, mengidentifikasi potensi kesalahan, serta memvalidasi secara menyeluruh kinerja algoritma yang merupakan elemen inti dalam proses pengambilan keputusan dalam sistem otomatisasi penyiraman tanaman.

Peluncuran dan Pemeliharaan

Pada tahap ini, setelah sistem berhasil diimplementasikan dan diuji dengan baik, kami dapat meluncurkannya. Ini melibatkan pemasangan komponen perangkat keras terpasang di lokasi yang ditentukan untuk mengontrol penyiraman tanaman. Selain itu, antarmuka pengguna atau aplikasi *mobile* terhubung dengan *NodeMCU* untuk memastikan pemantauan dan pengendalian yang mudah oleh pengguna. Pelatihan awal diberikan kepada pengguna untuk memahami cara menggunakan sistem, termasuk mengatur jadwal penyiraman. Setelah peluncuran, pemeliharaan menjadi langkah berkelanjutan dalam memastikan sistem tetap beroperasi dengan baik. Ini mencakup pemantauan rutin terhadap perangkat keras dan perangkat lunak untuk mendeteksi dan mengatasi potensi masalah.

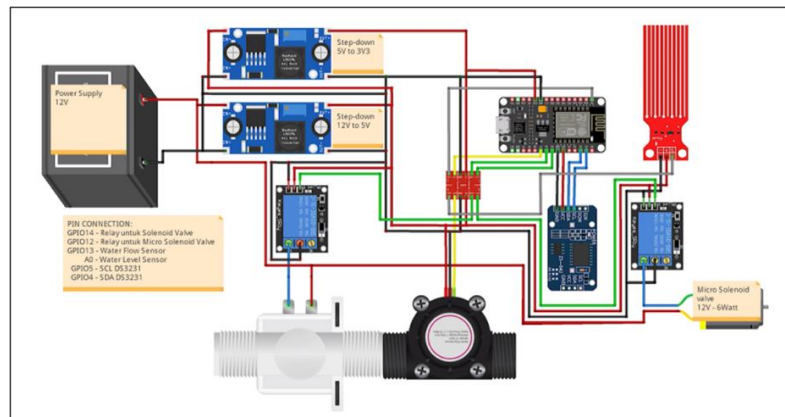
HASIL DAN PEMBAHASAN

Skema Jaringan *Wireless Sensor Network* (WSN)

Skema jaringan *wireless sensor network* yang digunakan dalam proyek ini terdiri dari beberapa komponen utama, yaitu:

1. *NodeMCU ESP8266* sebagai board mikrokontroler yang digunakan sebagai kontroler utama untuk sistem. *NodeMCU* menyediakan fungsi mikrokontroler dan koneksi internet (*WiFi*) yang diperlukan untuk mengontrol sistem.
2. *Relay* untuk *solenoid valve* dan *micro solenoid valve* yang dihubungkan dengan pin GP IO 14 dan GP IO 12 *NodeMCU ESP8266*. *Relay* ini digunakan untuk mengontrol aliran air yang masuk dan keluar dari sistem.
3. *Water flow sensor* dan *water level sensor* yang dihubungkan dengan pin GP IO 13 dan A0 *NodeMCU EPS8266*. Sensor ini digunakan untuk mendeteksi tingkat air dan aliran air dalam sistem.
4. *Real Time Clock (RTC DS3231)* yang dihubungkan dengan pin GP IO 05 dan GP IO 04 *NodeMCU EPS 8266*. RTC digunakan untuk menyimpan informasi waktu dan digunakan dalam sistem.

Skema *wireless sensor network* ini memungkinkan *NodeMCU EPS8266* untuk mengontrol aliran air dengan memanfaatkan sensor yang terhubung dan juga menyimpan informasi waktu dari *RTC DS3231*. Jaringan ini dapat diakses dan dikendalikan melalui koneksi internet (*WiFi*) yang disediakan oleh *NodeMCU EPS8266* sebagaimana pada Gambar 1.



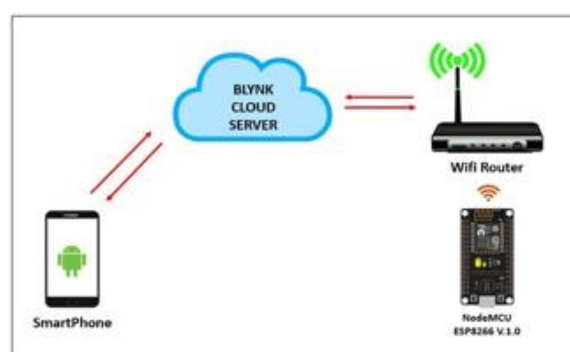
Gambar 1. Skema Jaringan WSN

Skema Jaringan Publik

Skema jaringan publik yang digunakan dalam proyek ini terdiri dari beberapa komponen utama, yaitu:

1. *NodeMCU EPS8266* sebagai board mikrokontroler yang digunakan sebagai kontroler utama untuk sistem. *NodeMCU* menyediakan fungsi mikrokontroler dan koneksi internet (*WiFi*) yang diperlukan untuk mengontrol sistem. *NodeMCU* terhubung dengan jaringan router *WiFi* di ruangan yang memungkinkan *NodeMCU* terhubung dengan internet dan mengirim dan menerima data dari *server cloud Blynk*.
2. *Router WiFi* yang terletak di ruangan. *Router* ini digunakan untuk menyediakan koneksi internet yang diperlukan untuk *NodeMCU* dan juga untuk menghubungkan perangkat *mobile* seperti *smartphone* ke internet.
3. *Server cloud Blynk* yang digunakan untuk mengirim dan menerima data dari *NodeMCU* dan juga digunakan sebagai sarana untuk mengendalikan sistem melalui aplikasi *Blynk* pada *smartphone*.
4. *Smartphone* yang digunakan sebagai sarana untuk mengendalikan sistem melalui aplikasi *Blynk* yang terintegrasi dengan *server cloud Blynk*. Spesifikasi *smartphone* disarankan menggunakan standar minimal *marshmallow* untuk *Android* dan OS 10.3.3 untuk *iOS*. Konektivitas minimal menggunakan jaringan 4G agar dapat terhubung dengan *server cloud Blynk* dengan kecepatan data yang optimal.

Skema jaringan publik ini memungkinkan *NodeMCU EPS8266* terhubung dengan internet dan menjalankan fungsinya secara efisien. Dengan koneksi yang stabil ke *server cloud Blynk*, *NodeMCU* mampu secara berkala mengirimkan data terkini mengenai kondisi tanaman dan menerima instruksi dari pengguna dengan cepat. Aplikasi *Blynk* yang terintegrasi dengan *server cloud* tersebut memberikan kemudahan bagi pengguna dalam mengendalikan sistem secara real-time menggunakan perangkat *smartphone* sesuai pada Gambar 2.



Gambar 2. Skema Jaringan Publik

Skema Service IoT

Skema *service IoT* yang digunakan dalam proyek ini terdiri dari beberapa komponen utama, yaitu:

1. *Cloud server Blynk* sebagai sarana untuk mengirim dan menerima data dari *NodeMCU EPS8266* dan juga digunakan sebagai sarana untuk mengendalikan sistem melalui aplikasi *Blynk* pada *smartphone*. *Blynk Local Server* menggunakan *Virtual Server* atau *VPS (Virtual Private Server)* untuk menyimpan dan mengolah data yang diterima dari *NodeMCU EPS8266*.
2. *Thingspeak* sebagai sarana untuk mengakuisisi data dari sensor yang terhubung dengan *NodeMCU EPS8266*. *Thingspeak* digunakan untuk mengambil data dari sensor dan menyimpannya dalam *server cloud*.
3. Algoritma *Naïve Bayes* yang digunakan untuk mengolah data yang diakuisisi dari *Thingspeak* dan digunakan dalam pengambilan keputusan pada alat. Algoritma ini digunakan untuk menganalisis data yang diakuisisi dari sensor dan menentukan tindakan yang harus dilakukan oleh sistem.

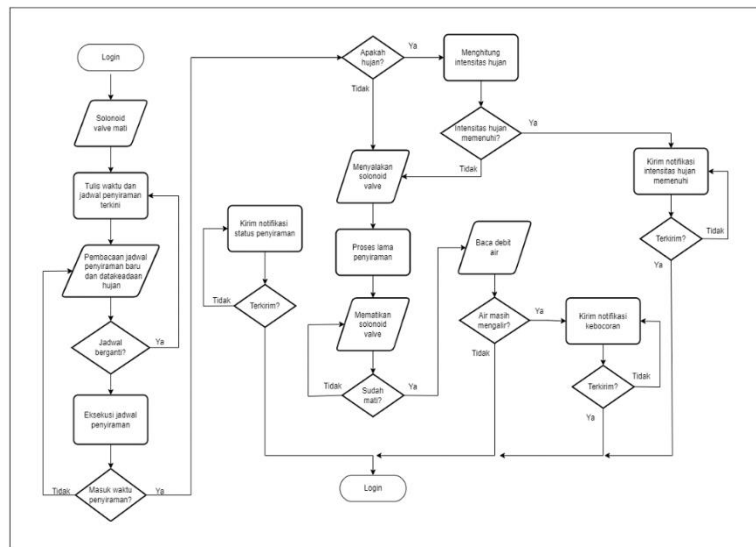
Skema *service IoT* ini memungkinkan *NodeMCU EPS8266* untuk mengirim dan menerima data dari *server cloud Blynk* dan mengendalikan sistem melalui aplikasi *Blynk* pada *smartphone*. Data dari sensor diakuisisi menggunakan *Thingspeak* dan diolah menggunakan algoritma *Naïve Bayes* untuk menentukan tindakan yang harus dilakukan oleh sistem. Skema *service IoT* ini memungkinkan sistem untuk beroperasi secara otomatis dan dapat diakses serta dikendalikan melalui koneksi internet (*WiFi*) yang disediakan oleh *NodeMCU EPS8266*.

Unified Modelling Language (UML)

Gambaran sistem bekerja secara garis besar meliputi beberapa proses utama, yaitu:

1. Proses penyiraman yang dilakukan dengan mengontrol *solenoid valve* dengan menggunakan *relay* yang dihubungkan dengan *NodeMCU EPS8266*.
2. Notifikasi ke *smartphone user* yang dilakukan ketika kondisi *solenoid* nyala karena proses penyiraman atau kondisi *solenoid* yang terindikasi karena kebocoran.
3. Penggunaan *Real Time Clock (RTC DS3231)* sebagai acuan perbandingan dengan jam yang telah diatur pada antarmuka aplikasi.
4. Pendeteksian intensitas air hujan menggunakan *water level sensor* untuk melakukan penghematan air pada proses penyiraman.
5. Penggunaan *micro solenoid valve* untuk membuang air dari penampungan air hujan.
6. Notifikasi dikirim ke *smartphone* menggunakan aplikasi *Blynk*, dan *WiFi* sebagai kendali utama yang terhubung ke internet untuk mengirim data dari sensor ke pengguna yang dapat dilakukan kapan dan dimanapun.

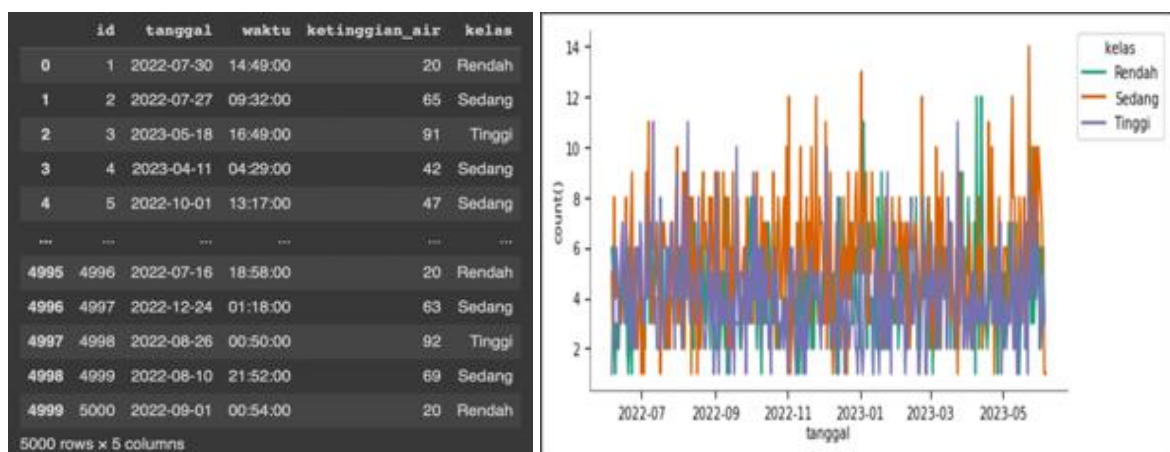
Gambaran UML ini berdasarkan Gambar 3 menggambarkan serangkaian proses utama dalam sistem otomatisasi penyiraman tanaman. Proses pertama adalah penyiraman yang tereksekusi dengan mengontrol *solenoid valve* menggunakan *relay* yang terhubung dengan *NodeMCU EPS8266*. Sistem memiliki kemampuan untuk memberikan notifikasi kepada pengguna melalui aplikasi *smartphone* ketika *solenoid valve* aktif selama proses penyiraman atau jika terdapat indikasi kebocoran pada *solenoid valve*. Untuk menjaga ketepatan waktu dalam proses penyiraman, digunakan *RTC DS3231* sebagai referensi waktu yang telah diatur pada antarmuka aplikasi. Selanjutnya, sistem dapat mendeteksi intensitas hujan dengan bantuan *water level sensor*, memungkinkan penggunaan air yang lebih efisien selama proses penyiraman. Notifikasi dan informasi terkait dikirimkan ke perangkat *smartphone* pengguna melalui aplikasi *Blynk*, dan keseluruhan sistem diintegrasikan dengan jaringan *WiFi* sebagai kendali utama yang terhubung ke internet.



Gambar 3. Gambaran UML

Pemrosesan Data

Dalam proyek ini, peneliti melakukan penerapan algoritma *Naïve Bayes* untuk mengklasifikasikan data. Algoritma ini dipilih karena kemudahannya dalam penerapan dan kinerja yang baik dalam klasifikasi data yang tidak terlalu kompleks. Peneliti melakukan *preprocessing* terhadap data yang akan digunakan, yaitu dengan mengubah data menjadi bentuk numerik sehingga dapat diolah oleh algoritma. Selanjutnya, peneliti menggunakan *train_test_split()* untuk membagi data menjadi set pelatihan dan set pengujian. Data training digunakan untuk melatih algoritma, sedangkan data testing digunakan untuk mengevaluasi kinerja algoritma. Peneliti juga menggunakan *test_size=0.2* untuk mengatur proporsi data pengujian menjadi 20% dari keseluruhan data dan menggunakan *random_state=42* untuk mengatur seed yang digunakan dalam pemilihan data secara acak sebagaimana pada Gambar 4.



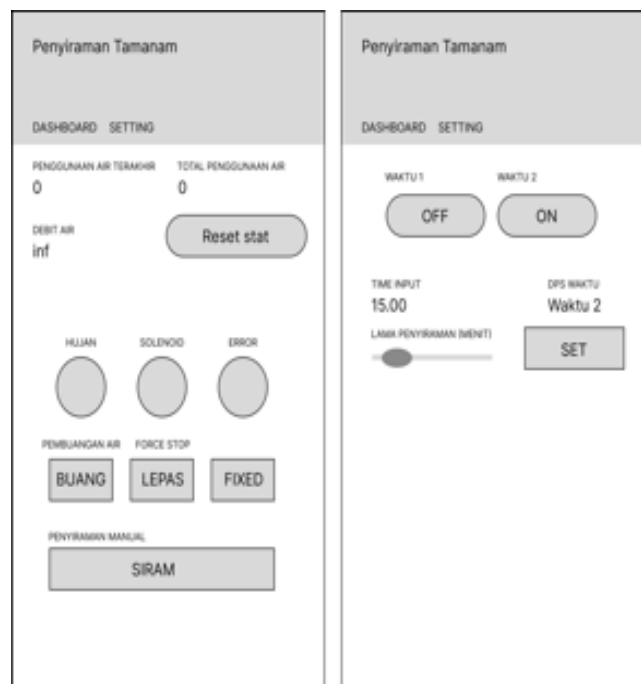
Gambar 4. Data dari Water Level Sensor

Rancangan Wireframe Aplikasi Blynk

Rancangan *wireframe dashboard* sistem otomatisasi penyiraman tanaman dengan teknologi IoT ini dirancang untuk memberikan antarmuka yang intuitif dan mudah digunakan bagi pengguna. *Dashboard* ini akan menampilkan informasi tentang kondisi sistem saat ini, termasuk kondisi *solenoid valve*, status penyiraman, debit air, dan penggunaan air. *Dashboard* akan dibagi menjadi beberapa bagian utama, yaitu:

1. Status Sistem: Bagian ini akan menampilkan kondisi sistem saat ini, termasuk status *solenoid valve* (nyala/mati), status *water level* (hujan/tidak), dan error.
2. Pengaturan Penyiraman: Bagian ini akan memungkinkan pengguna untuk mengatur jadwal penyiraman dan mengatur durasi penyiraman.
3. Notifikasi: Bagian ini akan menampilkan notifikasi yang diterima dari sistem, termasuk notifikasi tentang kondisi *solenoid valve* yang menyala karena proses penyiraman atau kondisi *solenoid valve* yang terindikasi karena kebocoran.
4. Riwayat: Bagian ini akan menampilkan riwayat dari aktivitas penyiraman yang dilakukan oleh sistem, termasuk debit air yang digunakan, penggunaan air terakhir dan penggunaan air secara keseluruhan.

Selain itu, *dashboard* ini juga akan dilengkapi dengan tombol kontrol yang memungkinkan pengguna untuk mengontrol sistem secara manual, seperti menyalakan atau mematikan *solenoid valve*, menghentikan sementara proses penyiraman, mematikan *led error* dan mengatur jadwal dan waktu penyiraman. Dengan *wireframe* ini (Gambar 5), pengguna dapat dengan mudah mengontrol dan memantau sistem otomatisasi penyiraman tanaman dengan antarmuka yang intuitif dan mudah digunakan.

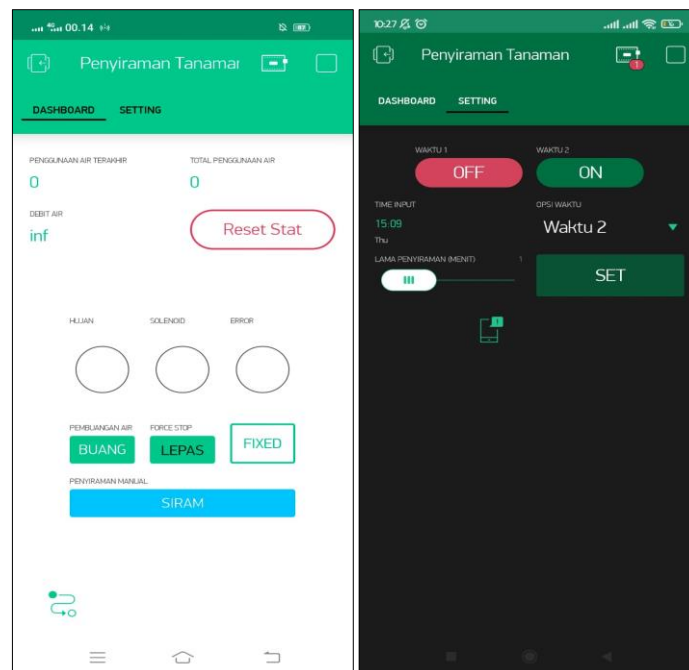


Gambar 5. Wireframe Aplikasi Blynk

Implementasi

Pada tahap implementasi, peneliti melaksanakan pemasangan dan penyusunan perangkat sesuai dengan rancangan desain sistem yang telah disusun sebelumnya. Proses selanjutnya melibatkan penerapan logika kontrol untuk perangkat dengan menulis kode program melalui *Arduino IDE*. Kode program yang dibuat menggunakan bahasa pemrograman C kemudian dikompilasi sehingga menjadi logika yang mampu mengontrol dan mengendalikan perangkat yang telah dirakit secara fisik. Selain itu, kami juga mengembangkan antarmuka pengguna berupa aplikasi *mobile* sesuai pada Gambar 6 yang terhubung secara langsung dengan program yang telah dibuat dalam *Arduino IDE*. Aplikasi dikembangkan dengan memanfaatkan platform *Blynk*, yang merupakan sebuah platform *mobile* yang memungkinkan pengguna untuk mengontrol modul mikrokontroler melalui koneksi internet. Aplikasi tersebut memberikan pengguna kenyamanan dalam mengontrol

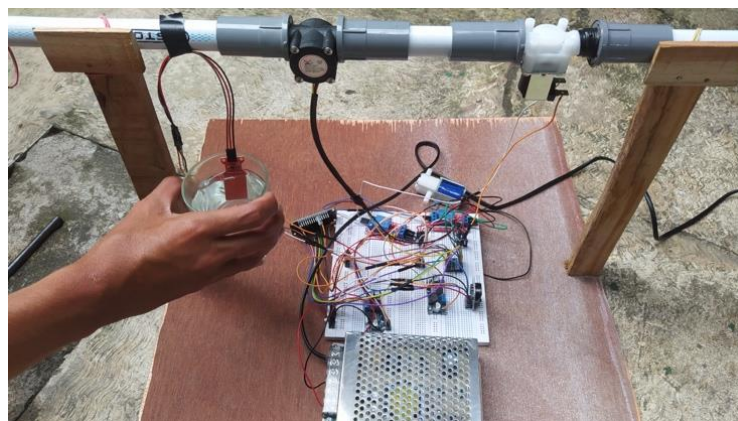
dan memantau perangkat secara real-time, sambil memberikan kemampuan untuk melakukan beragam pengaturan dan konfigurasi yang diperlukan untuk sistem yang telah kami kembangkan.



Gambar 6. Antarmuka Aplikasi (Mode Terang dan Mode Gelap)

Pengujian Alat dan Sistem

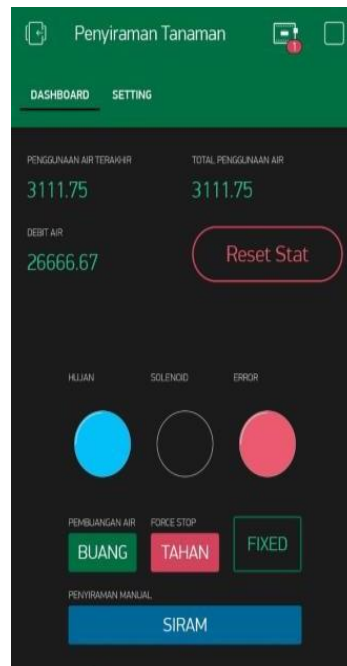
Pada tahap ini, dilakukan pengujian terhadap fungsi alat dan program yang telah dikembangkan. Pengujian pertama bertujuan untuk mengevaluasi kemampuan alat dalam mengatur jadwal penyiraman secara otomatis sesuai dengan kondisi cuaca, serta dalam mendeteksi kesalahan seperti potensi kebocoran pada *solenoid valve*. Untuk menguji ini, simulasi kondisi hujan dilakukan, dan hasilnya akan menunjukkan apakah alat mampu menghentikan penyiraman dan mendeteksi potensi kebocoran pada *solenoid valve* sebagaimana pada Gambar 7.



Gambar 7. Simulasi Kondisi Hujan

Pengujian kedua adalah untuk menguji kemampuan program aplikasi dalam hal kendali dan kontrol pada alat yang dapat dilakukan melalui perangkat *mobile*. Aplikasi yang terhubung dengan alat digunakan untuk mengontrol jadwal penyiraman dan melakukan penyiraman tanaman secara otomatis. Hasil dari kedua pengujian ini memverifikasi bahwa

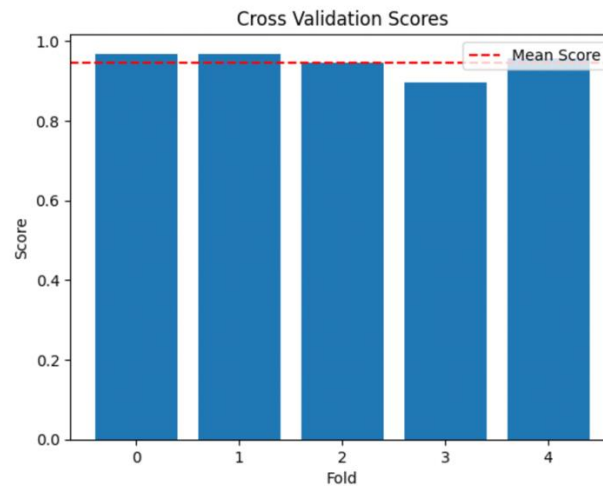
alat berfungsi sesuai dengan spesifikasi rancangan yang telah ditetapkan dan dapat dikelola serta dimonitor melalui perangkat *mobile* dengan efektif sesuai pada Gambar 8.



Gambar 8. Kondisi Hujan dan Kebocoran Solenoid Valve

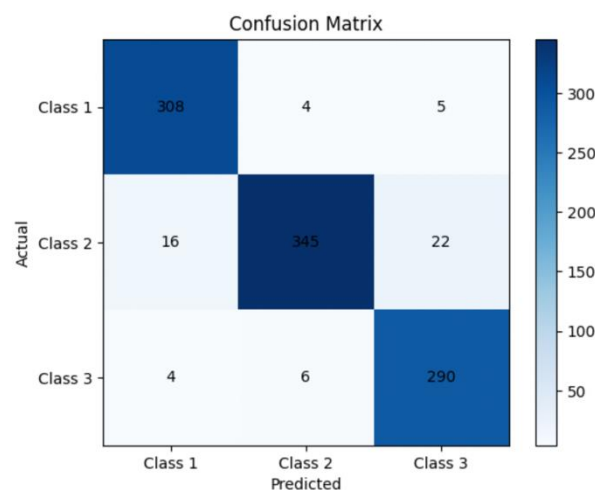
Pengujian Algoritma *Naïve Bayes*

Peneliti melakukan pengujian menggunakan data yang berisi nilai ketinggian air yang diakuisisi dari *water level sensor*. Output yang dihasilkan oleh sistem menghasilkan nilai yang dievaluasi oleh masing-masing kelas. Klasifikasi diperoleh dari nilai evaluasi kelas tertinggi. Klasifikasi yang diterapkan dalam evaluasi mencakup tiga tingkatan: rendah, sedang, dan tinggi. Tingkat kelas rendah mencakup rentang nilai antara 1 - 30, kelas sedang mencakup rentang nilai antara 31 - 70, sementara kelas tinggi memiliki rentang nilai antara 71 - 100. Secara menyeluruh, akurasi pengujian model *Naïve Bayes*, akurasi mengukur sejauh mana model dapat memprediksi dengan benar. Nilai akurasi sebesar 0.943 menunjukkan bahwa model *Naïve Bayes* ini memiliki tingkat keakuratan sebesar 94.3%, yang berarti sebagian besar prediksi yang dilakukan oleh model sesuai dengan label sebenarnya. Selanjutnya, peneliti melakukan uji validasi model di atas menggunakan *Cross-Validation* (sebanyak 5 kali) mendapatkan rata-rata score yang didapatkan yaitu 0.943, sehingga dapat disimpulkan bahwa model tersebut konsisten memperoleh akurasi di kisaran rata-rata nilai tersebut. Hasil uji validasi model dapat dilihat pada Gambar 9.



Gambar 9. Skor Cross Validation dengan 5 fold

Metode *Naïve Bayes* dengan 5 fold dievaluasi menggunakan confusion matrix: *confusion matrix* memberikan gambaran lebih detail tentang kinerja model pada setiap kelas. Model memiliki *confusion matrix* dengan tiga kelas, yaitu kelas 1, kelas 2, dan kelas 3. Angka-angka di dalam matriks tersebut menunjukkan jumlah data yang diklasifikasikan dengan benar (diagonal utama) dan jumlah data yang salah diklasifikasikan (diagonal lainnya). Terdapat 308 data kelas 1 yang diklasifikasikan atau diprediksi dengan benar, ada 345 data kelas 2 yang diklasifikasikan atau diprediksi dengan benar, dan ada 290 data kelas 3 yang diklasifikasikan dengan benar. *Confusion matrix* ditunjukkan pada Gambar 10.



Gambar 10. Skor Confusion Matrix dengan 5 fold

KESIMPULAN

Peneliti telah berhasil mengembangkan sistem otomatisasi penyiraman tanaman dengan menggunakan teknologi *Internet of Things (IoT)*. Sistem ini mampu mengontrol proses penyiraman secara otomatis, mengirim notifikasi kepada pengguna, memanfaatkan *RTC DS3231* untuk pencatatan waktu, mengukur intensitas air hujan, mengatur pembuangan air dari penampungan air hujan, menggunakan *NodeMCU ESP8266* sebagai mikrokontroler utama, mengintegrasikan dengan *cloud server Blynk* dan *Thingspeak*, serta menerapkan metode *Naïve Bayes* untuk analisis data dan pengambilan keputusan dengan tingkat akurasi mencapai 94.3%. Proyek ini memiliki potensi untuk memberikan manfaat yang signifikan

bagi pengguna, khususnya bagi pemilik atau pengelola tanaman dengan menyediakan solusi penyiraman secara otomatis yang terjadwal dua kali sehari dan dapat digunakan sebagai landasan untuk pengembangan sistem otomatisasi penyiraman tanaman yang lebih canggih.

REFERENSI

- [1] R. Yu, X. Zhang, and M. Zhang, "Smart Home Security Analysis System Based on the Internet of Things," in *2021 IEEE 2nd International Conference on Big Data, Artificial Intelligence and Internet of Things Engineering, ICBAIE 2021*, Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., Mar. 2021, pp. 596–599. doi: 10.1109/ICBAIE52039.2021.9389849.
- [2] F. Nahdi and H. Dhika, "Analisis Dampak Internet of Things (IoT) Pada Perkembangan Teknologi di Masa Yang Akan Datang," May 2021. doi: <https://doi.org/10.31284/j.integer.2021.v6i1.1423>.
- [3] M. Rizal *et al.*, *Transformasi Digital: Memahami Internet Of Things*. Get Press Indonesia, 2023.
- [4] P. Sethi and S. R. Sarangi, "Internet of Things: Architectures, Protocols, and Applications," *Journal of Electrical and Computer Engineering*, vol. 2017. Hindawi Publishing Corporation, 2017. doi: 10.1155/2017/9324035.
- [5] F. Ilhami and P. Sokibi, "Perancangan dan Implementasi Prototype Kontrol Peralatan Elektronik Berbasis Internet of Things Menggunakan Nodemcu," 2019. doi: <https://doi.org/10.51920/jd.v9i2.115>.
- [6] A. P. O. Amame *et al.*, *Pemanfaatan dan Penerapan Internet Of Things (Iot) Di Berbagai Bidang*. Pt. Sonpedia Publishing Indonesia, 2023.
- [7] P. P. Ray, "A survey of IoT cloud platforms," *Future Computing and Informatics Journal*, vol. 1, no. 1–2, pp. 35–46, Dec. 2016, doi: 10.1016/j.fcij.2017.02.001.
- [8] D. Satria, *Pengantar Teknik Komputer: Konsep dan Prinsip Dasar*. PT. Sonpedia Publishing Indonesia, 2023.
- [9] B. Harto *et al.*, *Transformasi Bisnis Di Era Digital: Teknologi Informasi dalam Mendukung Transformasi Bisnis di Era Digital*. PT. Sonpedia Publishing Indonesia, 2023.
- [10] Risnawati, Alridiwersah, and Yusuf M, "Penggunaan Teknologi "Mantis" Terhadap Pertumbuhan Dan Produksi Jamur Tiram Di Desa Hamparan Perak," 2019. [Online]. Available: <https://jurnal.umsu.ac.id/index.php/prodikmas/article/view/6169>
- [11] Anam K, Miftakhurrohmat A, Abror M, and Arifin S, "Pengaruh Pemberian Fosfor dan Intensitas Penyiraman Terhadap Pertumbuhan dan Produksi Bawang Merah (*Allium Ascalonicum L.*)," vol. 17, no. 2, pp. 112–125, Dec. 2022, doi: <https://doi.org/10.36085/agrotek.v17i2.4488>.
- [12] A. Novitasari, *Cekaman Air Dan Kehidupan Tanaman*. Universitas Brawijaya Press, 2022.
- [13] B. Basuki *et al.*, *Budidaya Tanaman*. Get Press Indonesia, 2023.
- [14] N. Azizah and Thamrin, "Penyiraman dan Pemupukan Tanaman Bawang Merah Secara Otomatis Pada Greenhouse Menggunakan Internet of Things (IoT)," *Jurnal Vocational Teknik Elektronika dan Informatika*, vol. 9, no. 4, 2021, doi: <https://doi.org/10.24036/voteteknika.v9i4.114655>.
- [15] M. Praseptiawan, M. C. Untoro, L. V. Millennium, and M. Affandi, "Sistem Informasi Monitoring Lahan Pertanian dan Pengusiran Hama Berbasis Internet of Thing," *ILKOMNIKA: Journal of Computer Science and Applied Informatics*, vol. 4, no. 2, pp. 162–170, Aug. 2022, doi: <https://doi.org/10.28926/ilkomnika.v4i2.460>.
- [16] A. Ratna Juwita, T. Dewi, Y. Oktarina, J. T. Elektro, and N. Sriwijaya, "Implementasi Neural Network dalam Mengendalikan Input dan Output pada Penyiraman dan Pemupukan Tanaman Otomatis Berbasis IoT," vol. 3, no. 2, pp. 57–64, 2023, doi: <https://doi.org/10.52158/jasens.v3i02.519>.
- [17] E. Erwin *et al.*, *Pengantar & Penerapan Internet Of Things: Konsep Dasar & Penerapan IoT di berbagai Sektor*. PT. Sonpedia Publishing Indonesia, 2023.