



## SISTEM PEMANTAUAN NUTRISI PADA TANAMAN BERBASIS INTERNET OF THINGS (IoT)

Slamet Riyadi Zulhaq<sup>1)</sup>, Pamor Gunoto<sup>2)</sup>, Endang Susanti<sup>3)</sup>

<sup>1,2,3)</sup>Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Riau Kepulauan

Jl. Pahlawan No.99, Bukit Tempayan, Kec. Batu Aji, Kota Batam, Kepulauan Riau, 29425

E-mail: [srz190202@gmail.com](mailto:srz190202@gmail.com)<sup>1)</sup>, [pamorgunoto@ft.unrika.ac.id](mailto:pamorgunoto@ft.unrika.ac.id)<sup>2)</sup>, [endang@ft.unrika.ac.id](mailto:endang@ft.unrika.ac.id)<sup>3)</sup>

### ABSTRAK

Pertanian modern semakin berkembang dengan penerapan teknologi berbasis *Internet of Things* (IoT) untuk meningkatkan efisiensi dan produktivitas. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengembangkan sistem pemantauan nutrisi pada tanaman berbasis IoT menggunakan ESP32, sensor NPK, dan arduino cloud. Sistem ini memungkinkan pemantauan kondisi nutrisi tanaman secara *real-time* dan kemudian mengirimkan data ke *platform* arduino cloud untuk diakses dari jarak jauh. Selain itu, LCD I2C digunakan sebagai tampilan lokal agar pengguna dapat melihat informasi secara langsung. Metode yang digunakan dalam penelitian ini meliputi perancangan perangkat keras, pemrograman mikrokontroler, serta integrasi dengan arduino cloud untuk pengelolaan data. Sensor yang digunakan mampu mendeteksi parameter penting dalam nutrisi tanaman, seperti kelembaban tanah dan tingkat nutrisi, sehingga pengguna dapat mengambil keputusan yang lebih tepat dalam perawatan tanaman. Data yang dikirimkan secara *real-time* membantu meningkatkan efisiensi dalam pengelolaan pertanian, mengurangi intervensi manual, dan mengoptimalkan penggunaan sumber daya. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem ini dapat berfungsi dengan baik dalam memantau kondisi nutrisi tanaman dan memberikan data yang akurat serta mudah diakses. Pengguna dapat memperoleh informasi secara langsung melalui LCD I2C maupun secara *online* melalui arduino cloud. Dengan adanya sistem ini, pemantauan tanaman menjadi lebih praktis dan efisien, sehingga dapat membantu meningkatkan produktivitas pertanian.

**Kata kunci :** *Internet of Things* (IoT), sensor NPK, ESP32, arduino cloud, pertanian cerdas.

### ABSTRACT

Modern agriculture is increasingly developing with the application of *Internet of Things* (IoT)-based technology to increase efficiency and productivity. This study aims to design and develop an IoT-based plant nutrient monitoring system using ESP32, NPK sensor, and arduino cloud. This system allows real-time monitoring of plant nutrient conditions and then sends data to the arduino cloud platform for remote access. In addition, the I2C LCD is used as a local display so that users can view information directly. The methods used in this study include hardware design, microcontroller programming, and integration with arduino cloud for data management. The sensors used are able to detect important parameters in plant nutrition, such as soil moisture and nutrient levels, so that users can make more informed decisions in plant care. Data sent in real time helps increase efficiency in agricultural management, reduce manual intervention, and optimize resource use. The results of the study show that this system can function well in monitoring plant nutrient conditions and provides accurate and easily accessible data. Users can obtain information directly via the I2C LCD or online via the Arduino Cloud. With this system, crop monitoring becomes more practical and efficient, so it can help increase agricultural productivity.

**Keywords:** *Internet of Things* (IoT), sensor NPK, ESP32, arduino cloud, smart agriculture.

## 1. PENDAHULUAN

Di era modern, teknologi informasi telah menawarkan solusi revolusioner melalui *Internet of Things* (IoT). IoT memungkinkan pengumpulan, pemrosesan, dan analisis data dari berbagai perangkat yang terhubung ke jaringan. Dalam sektor pertanian, IoT dapat diimplementasikan untuk memantau berbagai parameter lingkungan dan kondisi tanaman secara *real-time*, termasuk kadar nutrisi dalam tanah dan air. Pemantauan berbasis IoT memberikan keunggulan signifikan dibandingkan metode konvensional. Sistem ini dapat mengintegrasikan berbagai sensor untuk mendeteksi parameter penting seperti pH tanah, kadar nitrogen, fosfor, kalium, kelembapan, dan suhu. Data yang dikumpulkan oleh sensor dapat diakses secara instan melalui perangkat seperti ponsel pintar atau komputer, memungkinkan petani untuk memantau kondisi tanaman dari mana saja. Selain pemantauan, IoT dapat diintegrasikan dengan teknologi kecerdasan buatan (AI) untuk memberikan analisis prediktif dan rekomendasi tindakan yang perlu diambil. Sebagai contoh, sistem dapat memberikan saran otomatis terkait kebutuhan pupuk atau air berdasarkan data yang terkumpul. Hal ini memungkinkan pengelolaan nutrisi tanaman secara presisi, sehingga meningkatkan efisiensi penggunaan sumber daya.

Penggunaan IoT juga sejalan dengan konsep pertanian berkelanjutan. Dengan memastikan pemberian nutrisi yang sesuai kebutuhan tanaman, petani dapat mengurangi penggunaan pupuk kimia secara berlebihan, yang sering kali menjadi penyebab pencemaran lingkungan. Selain itu, efisiensi penggunaan air juga dapat ditingkatkan melalui pemantauan yang akurat, mengurangi dampak negatif terhadap sumber daya alam. Berbagai penelitian telah menunjukkan potensi besar teknologi IoT dalam mendukung transformasi sektor pertanian. Namun, masih banyak ruang untuk pengembangan lebih lanjut, terutama dalam hal integrasi teknologi dengan kebutuhan spesifik petani kecil dan menengah. Dengan demikian, pengembangan sistem pemantauan nutrisi berbasis IoT yang praktis dan efektif menjadi sangat penting. Pemanfaatan IoT dalam pemantauan nutrisi tanaman juga dapat menjadi bagian dari inisiatif pertanian pintar (*smart agriculture*). Konsep ini mencakup penggunaan teknologi untuk meningkatkan produktivitas, efisiensi, dan keberlanjutan dalam produksi pangan. Implementasi sistem ini dapat membantu petani menghadapi tantangan global seperti perubahan iklim dan degradasi lahan. Berdasarkan latar belakang tersebut, pengembangan Sistem Pemantauan Nutrisi pada Tanaman Berbasis *IoT* menjadi langkah strategis untuk meningkatkan efisiensi dan produktivitas pertanian. Sistem ini diharapkan tidak hanya membantu petani dalam pengelolaan tanaman, tetapi juga mendorong adopsi teknologi modern di sektor pertanian, memperkuat ketahanan pangan, dan mendukung pertanian yang berkelanjutan di masa depan.

## 2. LANDASAN TEORI

### 2.1 Sistem Pemantauan Nutrisi Otomatis

Pertanian modern saat ini tidak hanya mengandalkan metode tradisional, tetapi juga memanfaatkan teknologi untuk meningkatkan produktivitas dan efisiensi. Salah satu teknologi yang telah banyak diterapkan adalah sistem berbasis *Internet of Things* (IoT), yang memungkinkan pemantauan dan pengelolaan pertanian secara otomatis dan *real-time*. Nutrisi tanaman seperti nitrogen (N), fosfor (P), dan kalium (K) adalah elemen penting untuk mendukung pertumbuhan dan hasil panen. Nitrogen membantu perkembangan daun, fosfor mendukung pembentukan akar dan bunga, sementara kalium meningkatkan daya tahan tanaman terhadap penyakit. Keseimbangan nutrisi sangat penting untuk mencapai hasil panen yang optimal.

### 2.2 *Internet of Things* (IoT)

*Internet of Things* terdiri dari 2 kunci yaitu kata *Internet* dan *Things*. *Internet* memiliki arti *interconnection-networking*, dimana jaringan komputer yang terkoneksi satu dengan yang lain dengan menggunakan protokol TCP/IP (*Transmission Control Protocol/ Internet Protocol*). *Things* didalam *Internet of Things* merupakan objek yang digunakan dimana informasi diambil melalui sensor yang membaca keadaan lingkungan sekitar dengan *real time* dan tanpa adanya intervensi manusia. Seperti temperatur ruangan dan kelembapan udara.

### 2.3 ESP 32

ESP32 adalah mikrokontroler 32-bit yang berbasis pada arsitektur Xtensa LX6 dual-core, meskipun beberapa varian memiliki hanya satu inti. ESP32 merupakan penerus dari mikrokontroler ESP8266. ESP32 dirancang khusus untuk mengembangkan mikrokontroler yang dilengkapi dengan *WiFi* dan *bluetooth* secara terintegrasi yang memungkinkan komunikasi nirkabel yang handal dan berdaya rendah.



Gambar 1. Mikrokontroler ESP32

## 2.4 Sensor Nitrogen, Fosfor, Kalium (NPK)

Sensor NPK adalah alat yang digunakan untuk mengukur kandungan unsur hara makro dalam tanah, yaitu Nitrogen (N), Fosfor (P), dan Kalium (K). Alat ini sangat penting dalam pertanian karena membantu petani dalam menilai kesuburan tanah dan menentukan kebutuhan nutrisi tanaman secara akurat.

NPK Sensor mengukur kadar Nitrogen (N), Fosfor (P), dan Kalium (K) dengan cara berikut:

1. Deteksi Nitrogen (N) : Menggunakan elektroda ion selektif (ISE) untuk mengukur ion Nitrat ( $\text{NO}_3^-$ ) yang merupakan bentuk utama nitrogen dalam tanah. Tegangan listrik yang dihasilkan oleh interaksi ion  $\text{NO}_3^-$  dengan elektroda dikonversi menjadi nilai konsentrasi Nitrogen dalam mg/kg.
2. Deteksi Fosfor (P) : Fosfor dalam tanah biasanya berada dalam bentuk ion Fosfat ( $\text{PO}_4^{3-}$ ), yang sulit larut dalam tanah. Sensor menggunakan reaksi elektroda ion selektif untuk mendeteksi ion  $\text{PO}_4^{3-}$  yang tersedia dalam tanah dan mengubahnya menjadi nilai dalam mg/kg.
3. Deteksi Kalium (K) : Ion Kalium ( $\text{K}^+$ ) mudah larut dalam tanah dan mempengaruhi konduktivitas listrik tanah (EC - Electrical Conductivity). Sensor menggunakan pengukuran konduktivitas listrik dan elektroda ion selektif untuk menentukan jumlah Kalium dalam mg/kg.



Gambar 2. Sensor NPK

## 2.5 Adaptor

Adaptor merupakan sebuah alat yang memiliki peran untuk merubah arus listrik AC (Alternating Current) menjadi DC (Direct Current). Dalam kata lain, adaptor mengkonversi arus listrik yang berubah-ubah menjadi arus listrik yang berjalan satu arah. Oleh karena itu, Adaptor sering dianggap sebagai alat penyedia daya. Adaptor juga kerap dikenal sebagai pengganti dari baterai atau aki. Dengan keberadaan alat ini, semua perangkat elektronik yang membutuhkan sumber daya bisa menggunakan adaptor.

## 2.6 Arduino IDE

*Arduino IDE* Arduino IDE atau *Arduino Intergrated Development Environment* adalah *software* yang khusus

digunakan untuk merancang program melalui Arduino. Arduino menggunakan bahasa pemrograman C yang dimodifikasi untuk Arduino. Program yang dibuat menggunakan Arduino IDE disebut *sketch* dimana ini ditulis dalam teks dan tersimpan pada *file* dengan format *.ino*.

## 2.7 Liquid Crystal Display (LCD I2C)

LCD adalah media tampilan yang paling mudah untuk diamati karena menghasilkan tampilan karakter yang baik dan cukup banyak. Pada LCD 16×2 dapat ditampilkan 32 karakter, 16 karakter pada baris atas dan 16 karakter pada baris bawah. LCD 16×2 pada umumnya menggunakan 16 pin sebagai kontrolnya, tentunya akan sangat boros apabila menggunakan 16 pin tersebut. Karena itu, digunakan *driver* khusus sehingga LCD dapat dikontrol dengan jalur I2C. melalui I2C maka LCD dapat dikontrol dengan menggunakan 2 pin saja yaitu SDA dan SCL.



Gambar 3. LCD I2C

## 2.8 DS-3231 RTC

DS3231 adalah sebuah Real Time Clock (RTC) yang sangat populer dan sering digunakan dalam berbagai proyek elektronik untuk menyimpan waktu yang akurat, bahkan ketika sistem utama dimatikan atau reboot. RTC ini memiliki kemampuan untuk menjaga waktu (detik, menit, jam, hari, tanggal, bulan, tahun) dengan akurasi yang sangat baik.



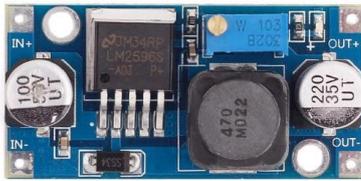
Gambar 4. RTC DS3231

## 2.9 Konverter Buck DC-DC (Step Down)

Konverter merupakan salah satu peralatan konverter yang merubah tegangan DC menjadi tegangan DC yang bernilai lain. Prinsip kerja konverter adalah dengan menggunakan switch yang bekerja secara terus menerus

(ON-OFF). Adapun PWM dalam mengendalikan kecepatan (frekuensi) kerja switch tersebut

Konverter penurun tegangan DC-DC (*Buck Converter*) adalah proses penurunan tegangan listrik dari nilai tinggi ke nilai yang lebih rendah menggunakan perangkat elektronik seperti transformator, pengatur tegangan, atau konverter DC-DC. Konverter ini memberikan efisiensi daya yang lebih besar sebagai konverter DC-DC daripada regulator linier.



Gambar 5. Konverter buck DC-DC LM-2596

## 2.10 Arduino Cloud

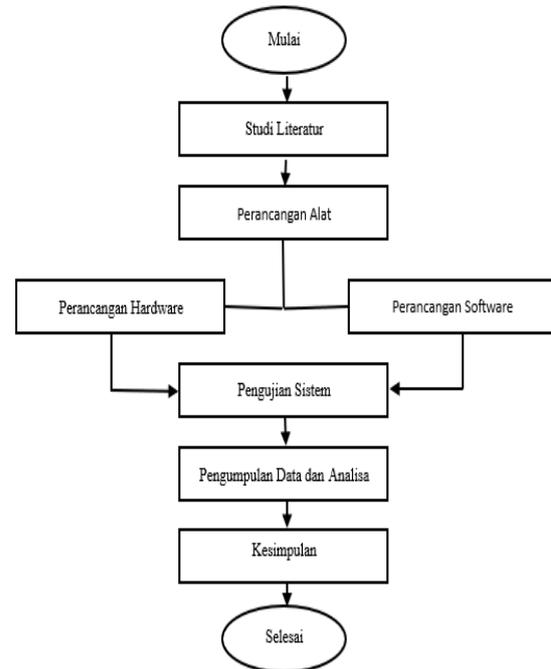
Arduino cloud adalah platform berbasis *cloud* dari arduino yang memungkinkan pengguna untuk menghubungkan, memonitor, dan mengendalikan perangkat berbasis arduino dari jarak jauh melalui internet. Arduino cloud dirancang untuk mendukung proyek IoT dengan cara yang sederhana dan efisien.

## 3. METODE PENELITIAN

### 3.1 Alur Penelitian

Alur dari Penelitian yang di susun dalam pembuatan skripsi Sistem Pemantauan Nutrisi Pada Tanaman Berbasis *Internet of Things* (IoT) dibagi melalui beberapa tahapan yang disajikan sebagai berikut:

1. Studi Literatur: kegiatan yang terhubung dengan metode pengumpulan data Pustaka, mengelola bahan penelitian, membaca dan mencatat.
2. Perancangan Sistem: merancang atau mendesain mulai dari *software* kemudian diterapkan pada *hardware* sesuai sistem yang direncanakan

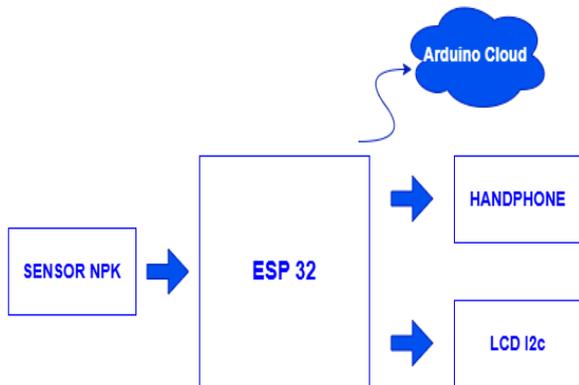


Gambar 6. Diagram Alur Penelitian

3. Rancangan *Software* : membuat *coding* di Arduino IDE untuk menjalankan alat dan menjalankan aplikasi Arduino Cloud sebagai pengontrol jarak jauh.
4. Rancangan Hardware : perancangan bentuk fisik dari Sistem Pemantauan Nutrisi Pada Tanaman Berbasis *Internet of Things* (IoT).
5. Pengujian Sistem : menguji fungsi masing-masing dari perancangan *system* dan pengujian langsung alat. Pengujian fungsi dilakukan dengan memberikan perintah sesuai dengan program yang telah dibuat.
6. Kesimpulan : Penulisan Laporan menulis keseluruhan hasil dari penelitian yang sudah diuji dan disimpulkan.

### 3.2 Perancangan Sistem

Perancangan Sistem merupakan proses pembuatan alat dari rangkaian elektronik dan mekanik guna mendukung sistem yang akan dibuat. Pada Gambar 7 mempunyai fungsi blok yang berbeda-beda. Fungsi dari masing-masing blok diagram konsep perancangan sistem adalah sebagai berikut:

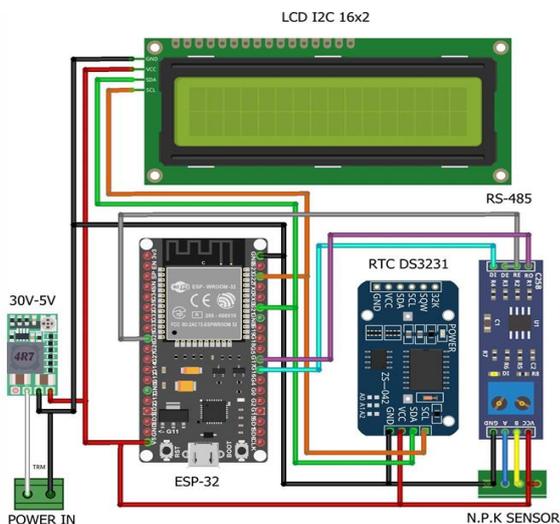


Gambar 7. Diagram blok perancangan sistem

Penjelasan dari setiap blok:

1. Arduino Cloud sebagai pengontrol jarak jauh untuk menerima notifikasi dan menjalankan alat
2. Sensor NPK sebagai pendeteksi kadar tiga unsur nutrisi utama dalam tanah, yaitu nitrogen (N), fosfor (P), dan kalium (K)
3. ESP32 sebagai kontroler utama dalam Alat yang berfungsi untuk mengontrol *input* dan *output* alat
4. RTC DS3231 memiliki kemampuan untuk menjaga waktu
5. RS485 sebagai komunikasi menggunakan protokol RS-485
6. LCD I2C digunakan sebagai penampil atau *display* dari *controller* secara manual

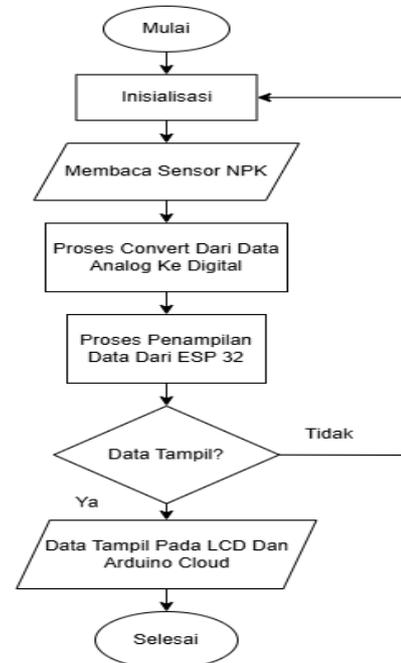
Rangkaian dirancang dari diagram blok yang bagian-bagiannya terhubung satu sama lainnya. Blok diagram menggunakan bentuk-bentuk sederhana untuk menunjukkan gambaran umum masing-masing komponen yang dapat dihubungkan seperti yang terlihat pada perancangan gambar 8 berikut :



Gambar 8. Wiring diagram perancangan elektrikal

### 3.3 Flowchart Sistem

Berikut *flowchart* dari alat sistem :



Gambar 9. Flowchart dari sistem IoT

### 3.4 Cara Kerja Alat

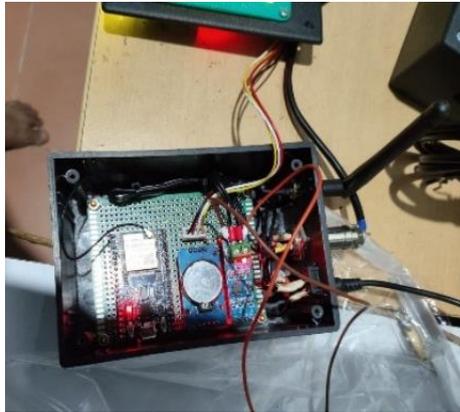
Sistem pemantauan nutrisi pada tanaman ini bekerja dimulai dengan mikrokontroler ESP32 mengaktifkan sensor NPK untuk membaca kadar nutrisi tanah. Sensor ini mendeteksi tingkat NPK dan mengirimkan data dalam bentuk sinyal analog atau digital ke ESP32. Mikrokontroler ESP32 kemudian memproses data tersebut menjadi nilai numerik yang menunjukkan kandungan nutrisi tanah.

Setelah data diolah, ESP32 mengirimkan hasilnya ke dua saluran. Pertama, data ditampilkan pada LCD I2C di lokasi untuk memberikan informasi langsung kepada pengguna. Kedua, data tersebut dikirimkan ke aplikasi arduino aloud melalui koneksi *WiFi* yang dimiliki ESP32. Dalam aplikasi arduino cloud, data nutrisi tanah ditampilkan secara *real-time* dalam bentuk grafik atau angka pada *dashboard* yang dapat diakses melalui *smartphone*. Pengguna tidak hanya dapat memantau kondisi tanah dari mana saja, tetapi juga menerima notifikasi otomatis jika ada masalah, seperti kadar nutrisi tanah yang terlalu rendah.

## 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Sistem Alat

Berikut ini adalah hasil dari penelitian perancangan alat Sistem Pemantauan Nutrisi Pada Tanaman Berbasis *Internet of Things* (IoT), adapun tampilan bentuk fisik dari perancangan ini adalah sebagai berikut:



Gambar 10. Sistem alat pemantauan Nutrisi

#### 4.2 Hasil dan Pembahasan

Pengujian alat ini bertujuan untuk mengetahui kebenaran rangkaian keseluruhan dan kesesuaian kerja pada sistem pemantauan IoT dengan sistem yang diinginkan. Sebuah program yang dirancang dengan menggunakan program yang bernama aplikasi *Arduino Cloud*. Berikut ini adalah tampilan pada saat *Arduino Cloud* terhubung pada ESP32 dapat dilihat pada gambar 11 berikut :



Gambar 11. Tampilan aplikasi Arduino Cloud

#### 4.3 Pengumpulan dan Analisa Data

Pada bab ini berisikan tahapan pelaksanaan penelitian yang terdiri data dan darimana data tersebut di dapatkan, pada tahap pengujian data yang di lakukan akan di buat dalam bentuk tabel dan menjelaskan proses cara melakukan pengumpulan data dan analisi data. Tahapan di mulai dari penjelasan tentang bagaimana cara mendapatkan pengambilan data dan titik mana yang perlu di ambil data.

#### 4.3.1 Pengujian Power (Catu Daya)

Berikut ini adalah tabel hasil pengujian Catu Daya sebagai sumber tegangan yang menyuplai daya rangkaian pada alat, pengujian power atau catu daya ini di butuhkan agar ESP32 dapat bekerja dengan baik. Berikut adalah tabel pengukuran catu daya :

Tabel 1. Hasil Pengukuran Tegangan Catu Daya

NO	Kondisi Perangkat	Tegangan (DC)
1	ON (Memiliki Beban)	5.07V
2	ON (Memiliki Beban)	5.01V

#### 4.3.2 Pengujian ESP32

Pada pengujian ini dilakukan untuk mengetahui ESP32 dapat digunakan pada sistem, terlihat dari lampu LED indikator yang digunakan sebagai tanda ESP32 menyala dan aplikasi Arduino Cloud terkoneksi dengan ESP32 melalui *WiFi*. Pada pengujian ESP32 bisa dilihat pada gambar berikut:



Gambar 12. Pengujian ESP 32

#### 4.3.3 Pengujian Sensor NPK

Bertujuan untuk mengevaluasi akurasi, keandalan, dan performa sensor dalam mendeteksi tingkat nutrisi pada tanaman. Sensor ini merupakan komponen utama dalam sistem alat, sehingga pengujian diperlukan untuk memastikan alat bekerja dengan optimal.

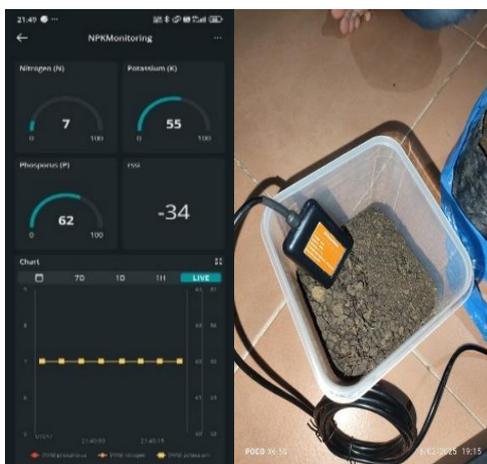


Gambar 13. Pengujian Sensor NPK

#### 4.3.4 Pengujian Tanaman Sebelum dan Sesudah Menggunakan Pupuk NPK Cair dengan Sensor NPK

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui efektivitas pupuk NPK cair terhadap kandungan Nitrogen (N), Fosfor (P), dan Kalium (K) dalam tanah serta dampaknya terhadap tanaman. Sensor NPK digunakan untuk membandingkan kadar nutrisi sebelum dan sesudah pemupukan agar pemupukan lebih tepat dan efisien.

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui kondisi awal kandungan Nitrogen (N), Fosfor (P), dan Kalium (K) dalam tanah sebelum dilakukan pemupukan dengan pupuk NPK cair. Hasil pengujian ini membantu dalam menentukan dosis pupuk yang tepat agar tanaman mendapatkan nutrisi yang optimal.

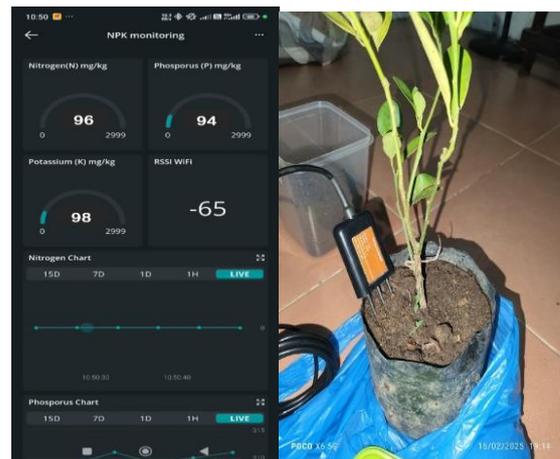


Gambar 14. Pengujian Tanaman Sebelum Menggunakan Pupuk NPK Cair dengan Sensor NPK

Tabel 2. Pengujian Tanaman Sebelum Menggunakan Pupuk NPK Cair dengan Sensor NPK

Pengujian	N	P	K	Keterangan
1	7	54	61	Live
2	9	53	61	1D
3	8	55	62	1H

Pengujian setelah pemberian pupuk NPK cair, pengujian dilakukan untuk mengevaluasi apakah pupuk telah meningkatkan kadar Nitrogen (N), Fosfor (P), dan Kalium (K) dalam tanah serta memastikan bahwa tanaman mendapatkan nutrisi yang cukup. Hasil pengujian ini membantu dalam menyesuaikan dosis pupuk di masa mendatang untuk efisiensi dan pertumbuhan tanaman yang optimal.



Gambar 15. Pengujian Tanaman Sesudah Menggunakan Pupuk NPK Cair dengan Sensor NPK

Tabel 3. Pengujian Tanaman Sesudah Menggunakan Pupuk NPK Cair dengan Sensor NPK

Pengujian	N	P	K	Keterangan
1	7	54	61	Live
2	9	53	61	1D
3	8	55	62	1H

## 5. KESIMPULAN DAN SARAN

### 5.1 Kesimpulan

Penggunaan Sistem Pemantauan Nutrisi Pada Tanaman Berbasis *Internet of Things* (IoT) dengan ESP32, sensor NPK, dan Arduino Cloud memberikan solusi inovatif dalam meningkatkan efisiensi pertanian.

Sistem ini memungkinkan pemantauan kondisi nutrisi tanaman secara real-time, sehingga petani dapat mengambil tindakan yang lebih cepat dan tepat dalam mengelola pertumbuhan tanaman. Dengan integrasi antara sensor, mikrokontroler ESP32, dan konektivitas ke Arduino Cloud, data nutrisi dapat diakses dari mana saja melalui perangkat yang terhubung ke internet.

Implementasi LCD I2C dalam sistem ini juga memberikan kemudahan bagi pengguna untuk melihat data secara langsung tanpa harus bergantung pada aplikasi atau perangkat lain. Teknologi IoT yang digunakan dalam sistem ini tidak hanya meningkatkan akurasi pemantauan tetapi juga mengurangi intervensi manual dalam proses perawatan tanaman. Hal ini berkontribusi pada efisiensi sumber daya, baik dari segi waktu maupun biaya operasional yang dikeluarkan oleh petani atau pengguna sistem.

## 5.2 Saran

Agar Penggunaan Sistem Pemantauan Nutrisi Pada Tanaman Berbasis Internet of Things (IoT) ini lebih optimal, perlu dilakukan pengembangan lebih lanjut, seperti penambahan sensor yang lebih beragam untuk mengukur parameter lain seperti pH tanah, kelembaban udara, dan suhu lingkungan. Selain itu, integrasi dengan sistem otomatisasi penyiraman atau pemberian pupuk dapat meningkatkan efektivitas dalam pengelolaan nutrisi tanaman. Dengan demikian, sistem ini tidak hanya berfungsi sebagai alat pemantau tetapi juga sebagai solusi otomatis dalam pertanian modern.

Selain pengembangan perangkat keras, pengoptimalan platform Arduino Cloud juga perlu diperhatikan agar sistem lebih stabil dan memiliki antarmuka yang lebih ramah pengguna. Penggunaan algoritma kecerdasan buatan (AI) dalam analisis data juga dapat menjadi inovasi yang meningkatkan akurasi prediksi kebutuhan nutrisi tanaman. Dengan berbagai perbaikan dan pengembangan ini, sistem pemantauan nutrisi berbasis IoT dapat menjadi teknologi yang lebih bermanfaat dan dapat diadopsi secara luas dalam sektor pertanian.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Asep Denih - "Pengembangan Alat Deteksi Kandungan Nutrisi Tanah Dengan Sensor NPK dan Metode Hardware Programming".  
JURNAL TEKNOINFO Volume 18, Nomor 2, Juli 2024, Page 342-349 ISSN: 1693-0010(Print), ISSN: 2615-224X(Online)
- [2] N. Nurhartanto, Z. Zulkarnain, and A. A. Wicaksono, "Analisis Beberapa Sifat Fisik Tanah Sebagai Indikator Kerusakan Tanah Pada Lahan Kering," *J. Trop. AgriFood*, vol. 4, pp. 107–112, 2021, doi: 10.35941/jatf.4.2.2022.7001.107-112.
- [3] Oktavia Nur Azizah – "Analisis Baudrate Komunikasi Sensor NPK Dengan Mikrokontroler Arduino Mega 2560 Menggunakan Modul Max485 TTL."  
SEMINAR NASIONAL AMIKOM SURAKARTA (SEMNAS) 2023 e-ISSN: 3031-5581 Sukoharjo, 25 November 2023
- [4] Silvia Ratna - "Desain dan Implementasi Alat Ukur Unsur Hara Tanah Menggunakan Sensor NPK Berbasis Wireless Sensor Network".  
*Jurnal "Technologia"* Vol 14, No. 4, Oktober 2023.
- [5] Syahdika Bobby - "Pengembangan Sistem Sensor Pengukuran Unsur Hara pada Tanah".  
*Jurnal e – Proceeding of Engineering: Vol.11, No.3 Juni 2024* | page 1911.
- [6] R. Rustan, F. Dwi Ramadhan, M. F. Afrianto, L. Handayani, A. Puji Lestari, and F. Manin, "Perancangan Alat Pengukur Kadar Unsur Hara Npk Pupuk Kompos," *J. Online Phys.*, vol. 8, no.1, pp. 55–60, 2022, doi: 10.22437/jop.v8i1.20838.
- [7] T. Purba, *Tanah Dan Nutrisi Tanaman*, vol. 1, no. 3. 2021.