

SISTEM PEMANTAUAN DAN PENGENDALIAN NPK TANAH BERBASIS IOT MENGGUNAKAN WSN PADA TANAMAN ANGGUR

Aprillino Ghozy Rediantama¹, Khodijah Amiroh², Philip Tobianto Daely³

^{1,2,3}Fakultas Informatika, Universitas Telkom, Surabaya

¹aprillinoghozy@student.telkomuniversity.ac.id, ²dijaamirah@telkomuniversity.ac.id,

³philipdaely@telkomuniversity.ac.id

Abstrak

Pertanian anggur merupakan salah satu sektor pertanian yang bernilai ekonomi tinggi di banyak wilayah di seluruh dunia, untuk mencapai hasil optimal dan kualitas anggur yang tinggi, penting bagi petani untuk memantau dan mengendalikan ketersediaan nutrisi tanaman, khususnya nitrogen, phosphorous, dan kalium (NPK) dalam tanah. Penelitian ini merancang sistem pemantauan dan pengendalian NPK tanah berbasis *internet of things* (IoT) menggunakan *wireless sensor network* (WSN) di *greenhouse* Universitas Telkom Kampus Surabaya. Sistem ini menggunakan sensor NPK tanah pada dua *polybag* yang terhubung ke mikrokontroler dan jaringan WSN. Data sensor diolah menggunakan *fuzzy logic* untuk menghasilkan keputusan pengendalian tanah yang tepat. Keputusan akan menjadi input aktuator yang akan mengendalikan penyiraman pupuk NPK secara otomatis, sehingga kadar NPK tanah akan tetap terjaga dan memaksimalkan pertumbuhan tanaman anggur. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem ini efektif dalam mengendalikan NPK tanah, membantu petani mengoptimalkan pertumbuhan tanaman anggur dan meningkatkan hasil panen. Sistem ini diharapkan dapat memberikan pupuk tepat waktu, menghindari pemupukan berlebihan, mengurangi biaya pupuk, meningkatkan kesejahteraan petani, dan produksi pangan secara nasional.

Kata kunci : Fuzzy, IOT, NPK Tanah, Tanaman Anggur, WSN.

Abstract

Grape farming is one of the agricultural sectors with high economic value in many regions around the world, to achieve optimal yield and high quality of grapes, it is important for farmers to monitor and control the availability of plant nutrients, especially nitrogen, phosphorous, and potassium (NPK) in the soil. This research designs an internet of things (IoT)-based soil NPK monitoring and control system using a wireless sensor network (WSN) in the greenhouse of Telkom University Surabaya Campus. This system uses soil NPK sensors on two polybags connected to a microcontroller and WSN network. Sensor data is processed using fuzzy logic to produce the right soil control decision. The decision will be the input of the actuator that will control the watering of NPK fertilizer automatically, so that the soil NPK level will be maintained and maximize the growth of grape vines. The results show that the system is effective in controlling soil NPK, helping farmers optimize vine growth and increase crop yields. The system is expected to deliver fertilizer on time, avoid over-fertilization, reduce fertilizer costs, improve farmers' welfare, and national food production.

Keywords: Fuzzy, IoT, Soil NPK, Grape Vines, WSN.

1. Pendahuluan

Latar Belakang

Salah satu sektor pertanian yang memiliki dampak ekonomi yang signifikan di berbagai wilayah seluruh dunia adalah tanaman anggur. Selain dinikmati sebagai buah segar, buah anggur juga dapat diolah menjadi beragam produk, seperti kismis, buah kaleng, serta minuman seperti sirup, jus, dan wine yang dikemas dalam botol [1]. Kualitas anggur dipengaruhi oleh jenis tanah, iklim, manajemen pertanian, dan pemupukan yang tepat. Unsur hara Nitrogen (N), Phosphorous (P), dan Kalium (K), atau NPK, sangat penting untuk pertumbuhan dan kualitas anggur. Pemupukan yang tepat dapat meningkatkan hasil panen, sementara pemupukan berlebihan atau tidak tepat dapat merugikan.

Pupuk NPK mempunyai peranan penting karena menyediakan unsur hara makro yang lengkap, memperbaiki struktur tanah dan mengemburkan tanah, meningkatkan ketahanan tanaman terhadap hama dan penyakit, serta meningkatkan aktivitas mikroba tanah. Selain dapat memperbaiki sifat fisik, kimia, dan biologi tanah juga dapat mendorong pertumbuhan tanaman secara optimal [2]. Namun, petani anggur juga menghadapi kendala lain seperti cuaca, jenis tanah, dan varietas anggur yang memengaruhi ketersediaan NPK dalam tanah. Faktor-faktor ini saling terkait dan dapat memengaruhi ketersediaan NPK dalam tanah. Selain itu, kondisi air gambut yang asam juga dapat membuat tanaman anggur menjadi layu dan tidak subur [3].

Keterkaitan antara kebutuhan NPK tanah sangat penting untuk pengelolaan kesuburan tanah dan pemupukan yang efektif. Ketersediaan unsur hara Nitrogen (N), Phosphorous (P), dan Kalium (K) dalam tanah mempengaruhi pertumbuhan tanaman. Status N, P, dan K yang diketahui dapat dijadikan dasar untuk menentukan jenis dan dosis pupuk yang tepat, meningkatkan efisiensi penggunaan pupuk, dan mengurangi biaya pupuk. Selain itu, pH tanah juga berperan penting dalam ketersediaan unsur hara tersebut. Misalnya, Phosphorous akan bereaksi dengan ion besi dan aluminium pada pH rendah, sedangkan pada pH tinggi, Phosphorous akan bereaksi dengan ion kalsium, yang dapat mengurangi ketersediaannya bagi tanaman.

Salah satu kemajuan teknologi saat ini adalah dengan adanya perangkat otomatis. Otomatisasi lebih bermanfaat bagi pengguna karena mempermudah pekerjaan serta memberikan hasil yang lebih efisien, ekonomis dan praktis [4]. *Internet of Things* (IoT) dan *Wireless Sensor Network* (WSN) bisa menjadi solusi dalam pemantauan dan pengendalian NPK. WSN merupakan jenis jaringan yang terdiri dari banyak perangkat kecil yang disebut node sensor [5]. Node sensor inilah nantinya yang menerima data dari sensor NPK dan akan dikirim ke node sensor pusat untuk ditampung. Dengan akses data secara *real-time*, keputusan yang lebih akurat dapat diambil. Selain itu, metode *fuzzy logic* dapat diterapkan untuk mengotomatisasi pemupukan, sehingga penggunaan pupuk menjadi lebih efisien dan mengurangi kemungkinan pemupukan yang berlebihan.

Penerapan sistem pemantauan NPK berbasis IoT pada tanaman anggur dapat mengurangi biaya operasional, meningkatkan produktivitas, dan menghasilkan panen yang lebih baik. Sistem ini juga dapat diadaptasi untuk tanaman lain, meningkatkan efisiensi pertanian secara global. Penelitian ini ditujukan untuk merancang, mengimplementasikan, dan menguji sistem tersebut dengan fokus pada pertanian anggur.

Topik dan Batasannya

Berdasarkan latar belakang diatas yang sudah diuraikan, maka permasalahan utama yang akan diangkat dalam penelitian ini adalah pertanian anggur memerlukan manajemen nutrisi tanaman yang optimal untuk mencapai hasil panen berkualitas. Namun, pengelolaan NPK dalam tanah masih menghadapi tantangan, terutama dalam mengukur dan mengendalikan ketersediaan NPK secara efisien. Maka dari itu, perlu untuk dikembangkan sebuah alat dan sistem pemantauan serta pengendalian otomatis dengan implementasi IoT menggunakan WSN. Sehingga pemantauan dan pengendalian bisa dilakukan secara *real-time* dari jarak jauh.

Penelitian ini dilakukan pada tanaman anggur yang berada di *greenhouse* Universitas Telkom Kampus Surabaya. Fokus utama penelitian ini adalah implementasi *Internet of Things* (IoT) menggunakan *Wireless Sensor Network* (WSN). Sistem yang dikembangkan akan memantau dan mengendalikan kadar NPK pada tanah secara otomatis dan *real-time*, serta melakukan penyiraman dan pemupukan otomatis sesuai dengan kebutuhan tanaman anggur.

Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah merancang, mengimplementasikan dan menguji sistem pemantauan dan pengendalian NPK tanah berbasis IoT menggunakan WSN pada tanaman anggur. Sistem ini akan memberikan solusi yang dapat membantu petani untuk memantau dan mengendalikan ketersediaan NPK dalam tanah mereka secara *real-time*. Hal ini akan membantu petani dalam mengurangi biaya operasional dengan menghindari pemborosan pupuk dan pemupukan berlebihan.

2. Studi Terkait

Penelitian Terdahulu

Penelitian pertama, bertujuan untuk mengembangkan platform cerdas berbasis IoT dan WSN yang dapat memantau dan mengendalikan rumah kaca dalam konteks pertanian presisi. penelitian ini juga mencakup pengembangan sistem irigasi pintar berbasis IoT untuk meningkatkan efisiensi penggunaan air dan hasil panen, serta menyediakan solusi berbasis IoT untuk pemantauan dan pengendalian rumah kaca yang dapat membantu penghematan energi dan pengelolaan sumber daya air yang rasional [6].

Penelitian kedua, bertujuan untuk mengembangkan sistem pintar untuk pertumbuhan anggur di daerah tropis berbasis *Internet of Things* (IoT). Sistem ini dirancang untuk memantau dan mengontrol lingkungan untuk budidaya anggur di dalam rumah kaca, dengan menggunakan sensor untuk mengukur parameter seperti pH air, kelembaban tanah, suhu, dan kelembaban udara [7].

Penelitian ketiga, bertujuan untuk mengembangkan sistem penyiraman tanaman otomatis menggunakan teknologi otomatisasi berbasis Arduino dengan metode *Fuzzy Logic* yang dapat terhubung ke internet dan diakses melalui *website*. Penelitian ini juga bertujuan untuk memantau kondisi tanaman menggunakan sensor kelembaban tanah dan sensor suhu, serta mengontrol penyiraman tanaman berdasarkan kondisi tersebut [8].

Penelitian keempat, bertujuan untuk merancang alat pengukur unsur hara tanah berbasis *Internet of Things* untuk tanaman jeruk, menggunakan sensor NPK. Alat ini dirancang untuk mendeteksi unsur hara pada tanah dan mentransfer 6 data ke NodeMCU untuk diproses dan ditampilkan di Thingspeak [9].

Penelitian kelima, bertujuan untuk merancang sistem pemantauan kualitas tanah sawah dengan menggunakan parameter suhu dan kelembaban tanah berbasis *Internet of Things* (IoT) dengan Arduino, serta

mengembangkan konsep Jaringan Sensor Nirkabel dengan memanfaatkan modul ESP8266 untuk memantau nilai pH menggunakan sensor pH Meter Analog Kit dan suhu lahan pertanian menggunakan sensor DS18B20 *Waterproof*. Data pemantauan ini dapat diakses setiap saat melalui *smartphone*. [10].

NPK Tanah

NPK merupakan singkatan yang mengacu pada tiga nutrisi utama yang dibutuhkan tanaman untuk tumbuh dan berkembang. Ketiga unsur tersebut adalah Nitrogen (N), Phosphorous (P), dan Kalium (K). Pada tahap awal pertumbuhan, terutama dalam hal tinggi tanaman, unsur N dan P sangat dibutuhkan [11]. Kombinasi ini mengacu pada rasio kandungan nutrisi dalam pupuk atau tanah. Nitrogen (N) sangat penting untuk pertumbuhan daun dan batang tanaman. Tanaman membutuhkan nitrogen untuk mensintesis protein, klorofil dan asam nukleat. Phosphorous (P) penting untuk pengembangan akar dan sintesis protein. Phosphorous juga berperan dalam transfer energi dalam tanaman. Kalium (K) membantu tanaman dalam mengatur proses – proses seperti pembukaan stomata, pertumbuhan akar dan sintesis protein. Hal ini juga dapat meningkatkan ketahanan tanaman terhadap penyakit dan kondisi lingkungan yang tidak ideal.

Rasio NPK pada pupuk sering dituliskan dalam bentuk tiga angka yang menyatakan persentase kandungan nitrogen (N), phosphorous (P), dan kalium (K) dalam urutan tersebut. Sebagai contoh, pupuk dengan label "10-20-10" berarti pupuk tersebut mengandung 10% nitrogen, 20% phosphorous, dan 10% kalium. Pengetahuan tentang rasio NPK dan kebutuhan nutrisi tanaman sangat penting dalam praktik pertanian dan kebun. Pemilihan pupuk dengan rasio yang sesuai dapat membantu mendukung pertumbuhan dan perkembangan tanaman yang optimal.

Fuzzy Logic

Fuzzy Logic adalah sistem logika yang memodelkan keputusan dan penalaran manusia dengan menggunakan konsep *fuzziness*. *Fuzzy Logic* memungkinkan suatu variabel memiliki nilai sebagian, bukan hanya nilai biner (benar atau salah) seperti pada logika klasik. Ini mencerminkan sifat keabuan-abuan dan ketidakpastian yang sering terjadi dalam konteks kehidupan sehari-hari. *Fuzzy Logic* banyak digunakan dalam sistem pengendalian otomatis, pengambilan keputusan, dan pemodelan sistem yang melibatkan ketidakpastian. Menggunakan logika *fuzzy* membuat konsep matematika yang mendasari penalaran *fuzzy* lebih mudah dipahami dan tidak membutuhkan waktu lama untuk mempelajarinya [12]. Berikut merupakan rumus untuk fungsi keanggotaan *fuzzy* :

$$\mu(x) = \begin{cases} 0 & \text{jika } x \leq a \text{ atau } x \geq c \\ \frac{x-a}{b-a} & \text{jika } a < x \leq b \\ \frac{c-x}{c-b} & \text{jika } b < x < c \end{cases} \quad (1)$$

Di mana a , b , dan c adalah parameter yang menentukan posisi dan bentuk segitiga.

Wireless Sensor Network

Wireless Sensor Network merupakan jaringan komunikasi tanpa kabel yang terdiri dari banyak sensor yang tersebar di suatu area untuk mengumpulkan dan mengirimkan data. Setiap sensor dalam jaringan ini dilengkapi dengan kemampuan untuk mendeteksi, mengukur dan mengumpulkan informasi dari lingkungan sekitarnya. WSN terdiri dari beberapa node sensor khusus yang dilengkapi dengan kemampuan penginderaan dan komputasi, yang mampu mendeteksi dan memantau parameter fisik serta mengirimkan data yang terkumpul ke pusat melalui teknologi komunikasi nirkabel [13]. Penggunaan *Wireless Sensor Networks* (WSN) memberikan fleksibilitas tinggi dalam pengelolaan, mengurangi kebutuhan instalasi kabel yang kompleks, dan mempermudah penambahan sensor jika diperlukan. Namun, tantangan seperti keterbatasan daya pada sensor node dan potensi interferensi nirkabel perlu diatasi dengan teknologi komunikasi yang tepat dan perencanaan jaringan yang baik. Dengan penerapan WSN, penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan efisiensi dalam manajemen nutrisi tanah, mengoptimalkan pemanfaatan sumber daya, serta memberikan solusi inovatif dalam budidaya tanaman anggur.

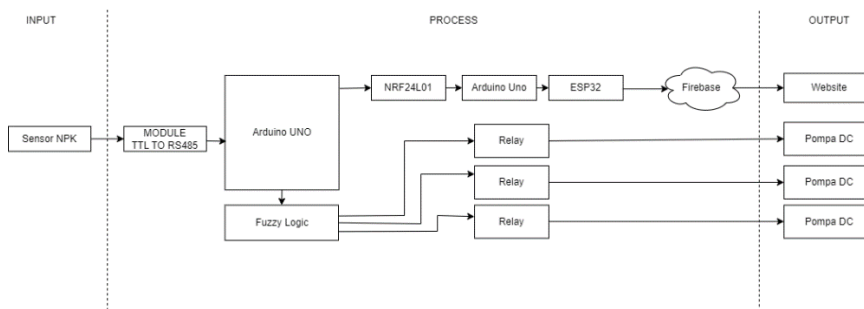
Sensor NPK Tanah

Sensor tanah NPK adalah alat yang dibuat khusus untuk mengukur konsentrasi nutrisi tanaman dalam tanah, yaitu Nitrogen (N), Phosphorous (P), dan Kalium (K), yang dikenal sebagai NPK. Sensor ini sangat cocok untuk mendeteksi kandungan nitrogen, phosphorous dan kalium dalam tanah, serta menilai kesuburan tanah secara sistematis dengan mendeteksi kadar nutrisi tersebut [14].

3. Sistem yang Dibangun

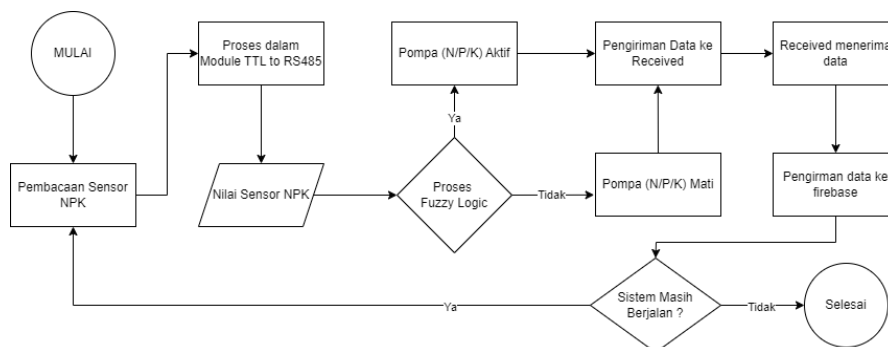
Perancangan Sistem

Pada penelitian ini, diagram blok sistem dapat dilihat pada Gambar 1. Sistem ini terdiri dari sensor NPK yang terhubung ke modul TTL to RS485. Penentuan durasi pompa untuk penyiraman otomatis dilakukan oleh *fuzzy logic*. Modul NRF24L01 digunakan untuk mengirim data ke modul NRF24L01 pusat sebagai penerima data dari transmitter. ESP32 mengirim data ke Firebase untuk penyimpanan dan menampilkannya dalam bentuk *website*.



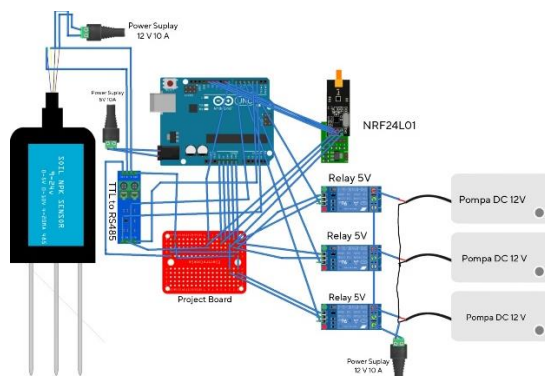
Gambar 1. Diagram Blok Sistem

Bagian selanjutnya adalah membuat diagram alur sistem yang menggambarkan cara kerja alat secara keseluruhan. Diagram ini dimulai dari pembacaan sensor, dilanjutkan dengan proses *fuzzy logic*, kerja pompa, dan proses pengiriman data melalui modul NRF24L01. Pada Gambar 2, dapat dilihat desain alur sistem.



Gambar 2. Diagram Alur Sistem

Berikut merupakan desain dari komponen perangkat keras. Semua perangkat terhubung menggunakan kabel jumper yang tersambung pada Arduino Uno.



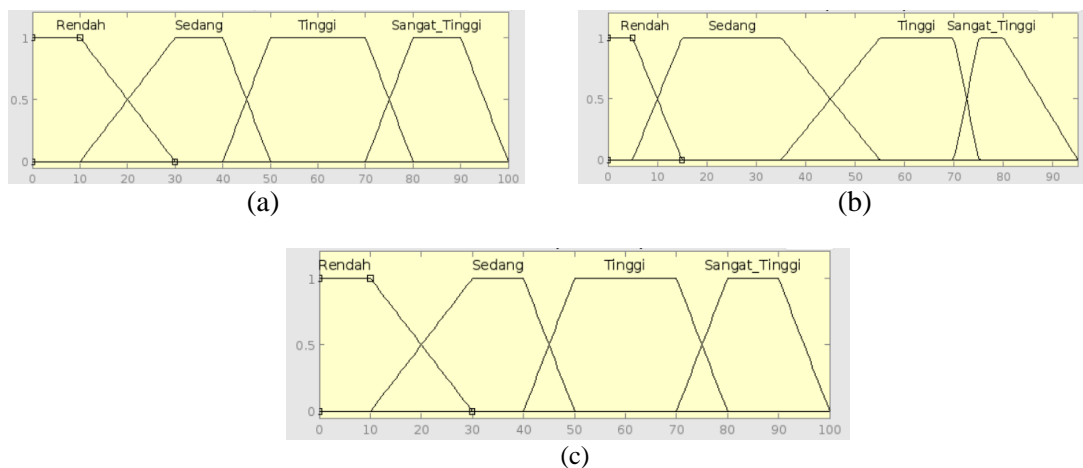
Gambar 3. Desain Perangkat keras

Perancangan Fuzzy Logic

Pada perancangan *fuzzy logic*, dilakukan tahapan untuk menentukan durasi aktif pompa pada proses pemupukan dengan *input* parameter N, P, dan K. dengan tahapan awal sebagai berikut :

1. Fungsi Keanggotaan Fuzzy

Terdapat tiga variabel *input* yaitu Nitrogen (N), Phosphorous (P), dan Kalium (K). Variabel *fuzzy* Nitrogen terdiri dari empat himpunan *fuzzy* yaitu rendah (kurang dari 30), sedang (30 hingga 50), tinggi (50 hingga 80), dan sangat tinggi (lebih dari 100). Variabel *fuzzy* Phosphorous terdiri dari empat himpunan *fuzzy* yaitu rendah (kurang dari 15), sedang (15 hingga 55), tinggi (55 hingga 75), dan sangat tinggi (lebih dari 95). Variabel *fuzzy* Kalium terdiri dari empat himpunan *fuzzy* yaitu rendah (kurang dari 30), sedang (30 hingga 50), tinggi (50 hingga 80), dan sangat tinggi (lebih dari 100). Pada Gambar 4, ditampilkan grafik fungsi keanggotaan untuk Nitrogen, Phosphorous, dan Kalium.



Gambar 4. Fungsi Keanggotaan Fuzzy (a) Nitrogen (b) Phosphorous (c) Kalium

2. Komposisi Aturan

Pada tahap ini, aturan *fuzzy* dirancang berdasarkan nilai Nitrogen (N), Phosphorous (P), dan Kalium (K) untuk menentukan *output* yang diinginkan. Durasi aktif pompa penyiraman dan pemupukan diperoleh dari hasil pengujian sistem, dengan nilai mati (0 detik), sangat cepat (10 detik), cepat (20 detik), dan lama (30 detik).

Tabel 1. Komposisi Aturan Fuzzy

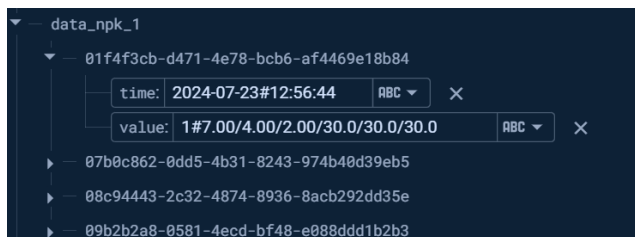
Nitrogen	Phosphorous	Kalium	PompaN	PompaP	PompaK
Rendah	Rendah	Rendah	Lama	Lama	Lama
Sedang	Sedang	Sedang	Cepat	Cepat	Cepat
Tinggi	Tinggi	Tinggi	Sangat Cepat	Sangat Cepat	SangatCepat
Sangat Tinggi	Sangat Tinggi	Sangat Tinggi	Mati	Mati	Mati
Rendah	Sedang	Sedang	Lama	Cepat	Cepat
Rendah	Sedang	Rendah	Lama	Cepat	Lama
Rendah	Sedang	Tinggi	Lama	Cepat	Sangat Cepat
Rendah	Sedang	Sangat Tinggi	Lama	Cepat	Mati
Rendah	Rendah	Sedang	Lama	Lama	Cepat
Rendah	Rendah	Tinggi	Lama	Lama	Sangat cepat
Rendah	Rendah	Sangat Tinggi	Lama	Lama	Mati
Rendah	Tinggi	Sangat Tinggi	Lama	Sangat Cepat	Mati
Rendah	Sangat Tinggi	Sangat Tinggi	Lama	Mati	Mati
Sedang	Rendah	Rendah	Cepat	Lama	Lama
Sedang	Rendah	Tinggi	Cepat	Lama	Sangat Cepat
Sedang	Rendah	Sedang	Cepat	Lama	Cepat
Sedang	Rendah	Sangat Tinggi	Cepat	Lama	Mati
Sedang	Sedang	Rendah	Cepat	Cepat	Lama
Sedang	Tinggi	Sangat Tinggi	Cepat	Sangat cepat	Mati
Sedang	Sangat Tinggi	Sangat Tinggi	Cepat	Mati	Mati
Tinggi	Rendah	Sedang	Sangat Cepat	Lama	Cepat
Tinggi	Rendah	Rendah	Sangat Cepat	Lama	Lama
Tinggi	Sedang	Tinggi	Sangat Cepat	Cepat	Sangat Cepat
Tinggi	Tinggi	Sangat Tinggi	Sangat Cepat	Sangat Cepat	Mati
Tinggi	Sangat Tinggi	Sangat Tinggi	Sangat Cepat	Mati	Mati
Sangat Tinggi	Rendah	Sedang	Mati	Lama	Cepat
Sangat Tinggi	Sedang	Rendah	Mati	Cepat	Lama

Sangat Tinggi	Tinggi	Sangat Tinggi	Mati	Sangat Cepat	Mati
Sangat Tinggi	Sangat Tinggi	Tinggi	Mati	Mati	Sangat Cepat
Sangat Tinggi	Sangat Tinggi	Rendah	Mati	Mati	Lama

Pada Tabel 1 terdapat 30 aturan *fuzzy*, di mana jika semua parameter rendah, pompa akan menyala selama 30 detik. Sebaliknya, jika semua parameter sangat tinggi, pompa akan mati.

Perancangan Website

Pada Gambar 5, terlihat database Firebase sebagai penyimpanan data. Penelitian ini menerapkan sistem yang menampilkan *output* nilai NPK dan durasi pompa melalui *website*. Perancangan *website* menggunakan bahasa HTML, JavaScript, dan Firebase *Cloud*.

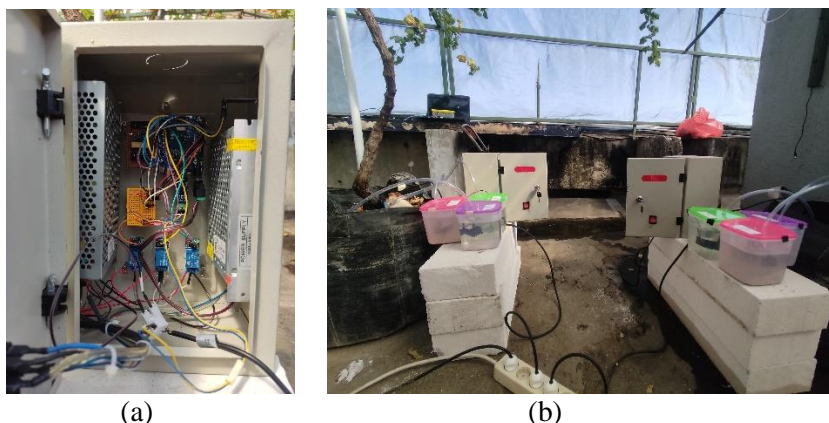


Gambar 5. Data di Firebase

4. Evaluasi

Hasil Perancangan Prototype

Pada bagian ini, terdapat hasil *prototype* pemantauan dan pengendalian NPK tanah yang digunakan dalam penelitian. Semua komponen dikemas dalam sebuah *box panel*. Sensor NPK harus terpasang dengan baik agar dapat membaca kadar NPK tanah. Terdapat tiga *box* berisi larutan pupuk yang akan disiramkan secara otomatis ketika tanah memerlukan tambahan pupuk. Gambar 6, merupakan hasil *prototype* yang telah dibuat.



Gambar 6. Prototype, (a) Box Panel Komponen (b) Implementasi Alat di Greenhouse

Hasil Pengujian Sensor NPK

Pengujian sensor NPK dilakukan pada *polybag* yang akan digunakan dalam penelitian ini. Dua sensor NPK digunakan karena terdapat dua panel *box* dalam penelitian ini. Pengujian dilakukan dengan menggunakan *delay* 2 menit pada sensor. Berikut merupakan hasil pengujian sensor NPK pada *polybag* penelitian.

Tabel 2. Hasil Pengujian Sensor NPK

No	Nitrogen (1)	Phosphorous (1)	Kalium (1)	Nitrogen (2)	Phosphorous (2)	Kalium (2)
1	18	5	7	10	6	4
2	18	5	6	10	5	4
3	17	5	6	10	5	4
4	17	4	7	9	4	4
5	17	4	6	9	3	4
6	16	3	6	9	3	3
7	15	3	5	8	3	3
Rata Rata	16,8	4,14	6,14	9,28	4,14	3,71

Hasil Pengujian Sinyal Data pada WSN

Pengujian sinyal data pada NRF24L01 dilakukan berdasarkan variasi jarak dengan interval 5 meter, bertujuan agar hasil yang diperoleh lebih rinci. Pengujian dimulai dari jarak 5 meter dengan mengirimkan 20 data bertipe struct yang berasal dari pembacaan sensor NPK. Hasil pengujian tersebut disajikan dalam Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Pengujian Sinyal dari NRF24L01

Jarak (M)	Jumlah Data		Presentase Loss
	Kirim	Terima	
5	20	20	0%
10	20	20	0%
15	20	20	0%
20	20	18	20%
25	20	16	40%

Hasil Pengujian Transmisi Data pada Pengaruh Halangan

Pengujian ini dilakukan dengan menggunakan beberapa penghalang, seperti besi, kayu, dan tembok. Tujuan dari pengujian ini adalah untuk mengukur sejauh mana kehilangan data terjadi ketika frekuensi radio terhalang oleh objek-objek tersebut. Tabel 4 merupakan hasil dari pengujian.

Tabel 4. Hasil Pengujian Transmisi dari NRF24L01

Jenis Halangan	Jumlah Data		Presentase Loss
	Kirim	Terima	
Besi	20	20	0%
Kayu	20	20	0%
Tembok	20	0	100%

Hasil Pengambilan Data NPK Pada Tanaman Anggur

Pengujian ini bertujuan untuk memastikan apakah sistem dapat berjalan normal sesuai dengan kondisi yang diinginkan, berdasarkan aturan *fuzzy* yang telah diinput secara otomatis. Tabel 5 dan Tabel 6 menunjukkan hasil pengujian pompa dan perubahan kondisi tanah setelah pemupukan, sesuai dengan hasil monitoring pada sistem.

Tabel 5. Hasil Pengambilan Data Pada Sensor 1

WAKTU PENGUJIAN	SENSOR			OUTPUT			HASIL SETELAH PEMUPUKAN
	N	P	K	N	P	K	
8-7-2024	7	3	2	Lama	Lama	Lama	54-50-57
	14	6	5	Lama	Lama	Lama	58-43-46
	9	8	9	Lama	Lama	Lama	47-41-52
...
14-7-2024	80	83	88	Mati	Mati	Mati	(tetap)
	47	34	40	Sangat Cepat	Sangat Cepat	Sangat Cepat	51-45-49
	42	31	38	Sangat Cepat	Sangat Cepat	Sangat Cepat	53-38-45

Tabel 6. Hasil Pengambilan Data Pada Sensor 2

WAKTU PENGUJIAN	SENSOR			OUTPUT			HASIL SETELAH PEMUPUKAN
	N	P	K	N	P	K	
8-7-2024	8	4	4	Lama	Lama	Lama	48-56-40
	10	2	7	Lama	Lama	Lama	52-48-55
	12	5	6	Lama	Lama	Lama	53-56-44
...
14-7-2024	70	72	71	Mati	Mati	Mati	(tetap)
	42	30	46	Sangat Cepat	Sangat Cepat	Sangat Cepat	50-42-53
	39	27	40	Sangat Cepat	Sangat Cepat	Sangat Cepat	46-31-42

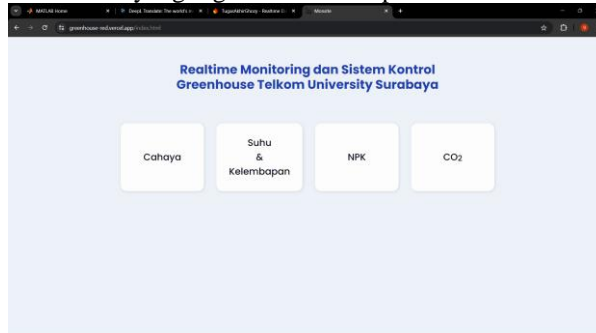
Analisis Perubahan Nilai NPK pada Tanaman Anggur

Dari hasil pemantauan kadar NPK tanah, ditemukan bahwa kadar NPK mengalami perubahan setiap hari. Hal ini mungkin disebabkan oleh perbedaan jenis tanah dalam *polybag* penelitian dibandingkan dengan tanah asli seperti di pekarangan. Tanah dalam *polybag* mengalami penguapan yang drastis, sehingga kadar air dan NPK bisa cepat berkurang. Pada awal penelitian, tanah sangat kering dan kadar NPK rendah. Namun, setelah hari ke-7, tanah mulai menunjukkan kondisi yang lebih baik dan tanaman yang awalnya kekurangan nutrisi atau

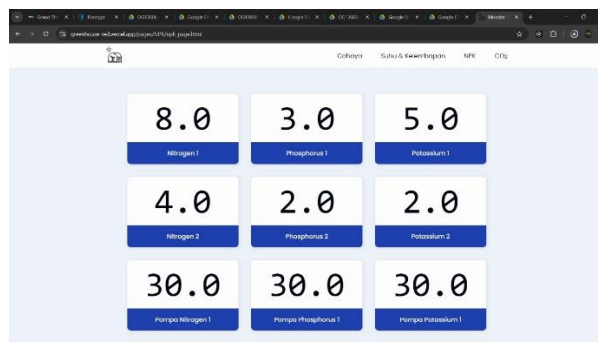
kering mulai menunjukkan perubahan positif. Perubahan ini ditandai dengan batang tanaman anggur yang mulai tampak lebih sehat dan tidak kering.

Hasil Monitoring Website

Pada bagian ini hasil pembacaan sensor, status pompa aktif, dan waktu terakhir pengambilan data ditampilkan di *website*. Selain itu, terdapat fitur untuk melihat kondisi suhu, kelembapan, cahaya, dan CO₂ pada *greenhouse*, karena *website* yang digunakan dalam penelitian ini terhubung dengan sistem lain di *greenhouse* Universitas Telkom Kampus Surabaya. Gambar 7 merupakan halaman utama *website*, sementara Gambar 8 menampilkan halaman *monitoring* NPK tanah yang digunakan dalam penelitian ini.



Gambar 7. Halaman utama *website*



Gambar 8. Halaman *monitoring* NPK

5. Kesimpulan

Kesimpulan dari penelitian ini adalah bahwa sistem pemantauan dan pengendalian NPK tanah yang dikembangkan telah berhasil diimplementasikan serta diuji dengan baik. Prototipe yang dirancang, termasuk *box panel* komponen dan implementasi alat pada *greenhouse*, mampu menjalankan fungsi utamanya untuk mengukur dan mengendalikan kadar NPK tanah secara otomatis. Pengujian sensor NPK menunjukkan hasil yang konsisten, meskipun terdapat perbedaan nilai antara dua sensor yang digunakan. Sistem transmisi data menggunakan NRF24L01 juga terbukti efektif pada jarak dekat, tetapi mengalami penurunan kinerja dengan meningkatnya jarak dan adanya penghalang seperti tembok. Pengambilan data NPK pada tanaman anggur menunjukkan bahwa kadar NPK tanah mengalami perubahan signifikan setelah pemupukan, yang berdampak positif pada kondisi tanaman. Monitoring melalui *website* juga memungkinkan pengawasan secara *real-time* terhadap kondisi tanah dan lingkungan di *greenhouse*. Secara keseluruhan, sistem ini dapat diandalkan dalam pemantauan dan pengendalian nutrisi tanah, serta memberikan dampak positif pada pertumbuhan tanaman anggur.

Daftar Pustaka

- [1] Ichwan, A. Syakur, S. Anjar Lasmini, "PENGARUH PEMBERIAN BERBAGAI MACAM PUPUK KANDANG TERHADAP PERTUMBUHAN STEK TANAMAN ANGGUR (*Vitis vinifera* L.)," e-J Agrotekbis 8 (3) 588 - 596, Juni 2020.
- [2] Z. Saputra, "PENGARUH HORMON TANAMAN UNGGUL DAN NPK 16:16:16 TERHADAP PERTUMBUHAN SERTA PRODUKSI TANAMAN GAMBAS (*Luffa acutangula*)", Pekanbaru: Universitas Islam Riau, 2021
- [3] I. Ruslianto, U. Ristian, H. Hasfani, "Sistem Pintar Untuk Anggur (Sipunggur) Pada Kawasan Tropis Berbasis Internet of Things (IoT)," JEPIN (Jurnal Edukasi dan Penelitian Informatika), Vol. 8 No. 1 April 2022.

- [4] D. Auliya Saputra, "RANCANG BANGUN ALAT PEMBERI PAKAN IKAN MENGGUNAKAN MIKROKONTROLER," 2020. [Online]. Available: <http://jim.teknokrat.ac.id/index.php/teknikelektro/index>
- [5] F. Prasetyo Eka Putra, "Sleep Mode: Strategi Efisiensi Wireless Sensor Network," *Informatics for Educators And Professionals : Journal of Informatics*, vol. 8, no. 1, pp. 52–56, 2023.
- [6] H. Benyezza, M. Bouhedda, R. Kara, and S. Rebouh, "Smart platform based on IoT and WSN for monitoring and control of a greenhouse in the context of precision agriculture," *Internet of Things (Netherlands)*, vol. 23, Oct. 2023, doi: 10.1016/j.iot.2023.100830.
- [7] I. Ruslianto, U. Ristian, H. Hasfani, "Sistem Pintar Untuk Anggur (Sipunggur) Pada Kawasan Tropis Berbasis Internet of Things(IoT)," *JEPIN (Jurnal Edukasi dan Penelitian Informatika)*, Vol. 8 No. 1 April 2022.
- [8] R. Dwi Pratama, G. Pria Utama, J. C. Chandra, and D. Kusumaningsih, "Prototipe Penyiraman Otomatis Air dan Pupuk Menggunakan Arduino Dengan Metode Fuzzy Logic Berbasis Website Pada Toko Rezeki Sumber Pot," *SKANIKA: Sistem Komputer dan Teknik Informatika*, vol. 6, no. 2, pp. 109–118, 2023.
- [9] H. Pratama, A. Yunan, and R. Arif Candra, "Design and Build a Soil Nutrient Measurement Tool for Citrus Plants Using NPK Soil Sensors Based on the Internet of Things," *Brilliance: Research of Artificial Intelligence*, vol. 1, no. 2, pp. 67–74, Dec. 2021, doi: 10.47709/brilliance.v1i2.1300.
- [10] A. Atwa Magriyanti, "Perancangan Sistem Monitoring Kualitas Tanah Sawah Dengan Parameter Suhu Dan Kelembaban Tanah Menggunakan Arduino Berbasis Internet Of Things (Iot)," vol. 15, no. 2, pp. 234–241, 2022, [Online]. Available: [http://journal.stekom.ac.id/index.php/elkom page234](http://journal.stekom.ac.id/index.php/elkom/page234)
- [11] N. Chairiyah, A. Murtalaksono, M. Adiwena, and R. Fratama, "Pengaruh Dosis Pupuk NPK Terhadap Pertumbuhan Vegetatif Tanaman Cabai Rawit (*Capsicum frutescens* L.) di Tanah Marginal," 2022. [Online]. Available: <http://ejournal.urindo.ac.id/index.php/pertanian>
- [12] A. Rahma Putri, "Perancangan Logika Fuzzy Untuk Sistem Pengendali Kelembaban Tanah dan Suhu Tanaman," vol. 3, no. 4, 2019.
- [13] L. Berbasis Android Tarmidi, A. taqwa, A. Silvia Handayani, J. Teknik Elektro, P. Studi Teknik Telekomunikasi Politeknik Negeri Sriwijaya Jl Srijaya Negara, and B. Besar Palembang, "Penerapan Wireless Sensor Network Sebagai Monitoring," 2019.
- [14] F. Dwi Ramadhan, M. Ficky Afrianto, L. Handayani, A. Puji Lestari, and F. Manin, "PERANCANGAN ALAT PENGUKUR KADAR UNSUR HARA NPK PUPUK KOMPOS," *JoP*, vol. 8, no. 1, pp. 55–60, 2022.