

PENDETEKSI UNSUR HARA NPK PADA PUPUK PADAT SINTETIS DAN ALAMI BERBASIS *INTERNET OF THINGS (IOT)*

DETECTION OF NPK NUTRIENTS IN SYNTHETIC AND NATURAL SOLID FERTILIZERS BASED ON THE INTERNET OF THINGS (IOT)

Angga Adriana Imansyah¹, Prihatina Kurniawati²,
Siti Yiyis Rahmah³, Riza Trihaditia⁴

^{1, 2, 3, 4} Universitas Suryakencana

¹ anggasains@unsur.ac.id, ² prihatinacs@gmail.com, ³ yiyis@unsur.ac.id, ⁴ rizatrihaditia@unsur.ac.id

Masuk: 06 Mei 2025

Penerimaan: 24 Juni 2025

Publikasi: 27 Juni 2025

ABSTRAK

Pada penelitian rancang bangun berbasis *Internet of Things (IoT)* ini merupakan salah satu teknologi untuk untuk mendeteksi dan menguji pupuk padat sintetis Phonska 30 gram dan 60 gram, NPK 15-10-12 30 gram dan 60 gram, pupuk padat alami kiambang 200 gram dan 300 gram, dan kontrol. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui alat pendeteksi NPK *Internet of Things (IoT)* dapat mendeteksi dan menguji kandungan unsur hara NPK. Penelitian ini dilakukan pada bulan Januari 2023 – Mei 2024 bertempat di Kp. Cisalak Kidul RT. 004 RW. 004 Kecamatan Cibeber Kabupaten Cianjur Provinsi Jawa Barat. Metode penelitian ini dilakukan secara kualitatif deskriptif dan melakukan perancangan perangkat keras, perancangan perangkat lunak, pengujian sistem alat *Internet of Things (IoT)* dan analog dan pengujian *delay* pengiriman data. Hasil penelitian yang didapatkan bahwa alat pendeteksi *Internet of Things (IoT)* dapat mendeteksi dan menguji perlakuan tanpa tanaman dan dengan tanaman pada pupuk padat sintetis Phonska 30 gram dan 60 gram, NPK 15-10-12 30 gram dan 60 gram, padat alami kiambang 200 gram dan 300 gram, dan kontrol terhadap kandungan unsur hara NPK.

Kata Kunci: Rancang bangun, Pupuk padat sintetis, Pupuk padat alami, *Internet of Things (IoT)*.

ABSTRACT

This Internet of Things (IoT)-based design research is one of the technologies used to detect and test synthetic solid fertilizers Phonska 30 grams and 60 grams, NPK 15-10-12 30 grams and 60 grams, natural solid fertilizers kiambang 200 grams and 300 grams, and controls. The objective of this study is to determine whether the IoT NPK detector can detect and test the NPK nutrient content. The study was conducted from January 2023 to May 2024 in Kp. Cisalak Kidul RT. 004 RW. 004, Cibeber District, Cianjur Regency, West Java Province. The research method used was qualitative descriptive, involving hardware design, software design, testing of the IoT device system and analog system, and testing of data transmission delay. The research findings indicate that the IoT detection device can detect and test treatments with and without plants using synthetic solid fertilizer Phonska at 30 grams and 60 grams, NPK 15-10-12 at 30 grams and 60 grams, natural solid fertilizer kiambang at 200 grams and 300 grams, and control treatments for NPK nutrient content.

Keywords: Design, Synthetic solid fertilizer, Natural solid fertilizer, Internet of Things (IoT).

PENDAHULUAN

Dalam era pertanian modern yang semakin berkembang, ketersediaan dan kualitas tanaman tidak hanya ditentukan oleh faktor alamiah, tetapi pemahaman mendalam mengenai unsur hara makro sebagai proses pembentukan klorofil yang sangat dibutuhkan untuk diserap dalam jumlah besar. Unsur hara makro adalah unsur-unsur yang dibutuhkan tanaman dalam jumlah besar yaitu 0,1% - 5% (Munawar, 2018). Unsur hara makro tersebut, diantaranya Nitrogen (N), Fosfor (P), Kalium (K), Magnesium (Mg), Kalsium (Ca) dan Belerang (S) (Aidah, 2017).

Dalam pupuk alami padat terdapat tiga unsur hara makro yang memiliki fungsi yaitu N berfungsi sebagai bahan sintesis, perangsangan pertumbuhan tunas, batang dan proses pembentukan zat hijau daun untuk proses fotosintesis, unsur hara K berfungsi sebagai pertumbuhan benih, akar, meningkatkannya kekebalan tanaman terhadap hama dan penyakit dan daun, bunga serta buah pada tanaman agar kuat sehingga tidak mudah gugur dan unsur hara F berfungsi sebagai penyusun banyaknya protein, koenzim, fosfolipida dan substrat (Nisa, 2016).

Seiring dengan kebutuhan unsur hara untuk kesuburan tanah dan menghasilkan tanaman optimal maka dibutuhkan pemupukan yang secara efisien, teratur dan tepat yaitu menggunakan pupuk sintetis tanpa terus menerus dan berlebihan. Selain daripada itu, menggunakan pupuk alami padat yang berfungsi untuk meningkatkan ketersediaan unsur hara, meningkatkan kesuburan tanah baik secara biologi, kimia, fisika serta memperbaiki struktur tanah (Syahputra, 2018).

Pupuk majemuk memiliki kandungan unsur hara makro yang seimbang yaitu NPK Phonska terdiri dari 15% Nitrogen (N), 15% P_2O_5 (P) dan 15% K_2O (K), sedangkan NPK 15-10-12 terdiri dari 15% Nitrogen (N), 10% P_2O_5 (P) dan 12% K_2O (K). Dalam pupuk alami padat kiambang kering memiliki kandungan unsur hara sebesar 3-15% Nitrogen (N), 05-09% Fospat (P) dan 2-4,5% Kalium (K) (Sinaga, 2012). Unsur hara NPK sangat diperlukan oleh tanaman sehingga kadar NPK yang terkandung dalam pupuk atau tanah harus diketahui dengan cara menganalisis di laboratorium. Namun, analisis laboratorium sangat membutuhkan biaya yang relatif mahal, waktu relatif lama dan akses petani pun yang sulit pada laboratorium (Amri dan Sumiharto, 2019).

Dengan adanya kemajuan teknologi dibidang pertanian tersebut, salah satunya sistem pertanian berbasis *Internet of Things (IoT)* yang menjadi solusi untuk mempermudah mengakses kadar unsur hara secara cepat. *Internet of Things (IoT)* adalah suatu konsep yang bertujuan untuk memperluas manfaat dari konektivitas internet dengan tersambung secara terus menerus. Konsep *Internet of Things (IoT)* memiliki tiga elemen dengan cara kerja yang cukup sederhana yaitu barang fisik yang dilengkapi oleh modul *Internet of Things (IoT)*, perangkat koneksi ke internet seperti modem dan *Router Wireless Speedy* dan *Cloud Data Center* tempat untuk menyimpan aplikasi beserta data base (Efendi, 2018).

Ada pun penelitian yang mengembangkan alat pendeteksi kadar NPK pada pupuk kompos menggunakan Arduino Mega 2560 dan sensor NPK JXCT, yang mampu menampilkan data secara langsung melalui layar *Liquid Crystal Display* (LCD) TFT untuk memudahkan analisis (Rustan *et al.*, 2022). Selain daripada itu, Aplikasi *Internet of Things* (IoT) menggunakan Arduino Mega dan ESP8266 untuk monitoring kondisi tanah dengan sensor NPK, suhu dan kelembaban. Sistem ini mengirimkan notifikasi langsung kepada pengguna melalui *platform Blynk* jika terdeteksi kondisi tanah yang kering atau ketidaksesuaian kadar pupuk (Rahman *et al.*, 2021).

Berdasarkan pemaparan di atas maka, penulis melakukan perlu adanya penelitian dengan rancang alat pendeteksi kadar unsur hara NPK pada pupuk padat sintetis dan alami menggunakan sensor NPK digital berbasis *Internet of Things* (IoT). Sensor NPK digunakan untuk pembacaan unsur hara NPK dan data yang ditampilkan akan menjadi kumpulan data.

METODE PENELITIAN

Waktu dan Tempat Penelitian

Waktu penelitian ini dilaksanakan pada bulan Januari 2023 – Mei 2024. Sedangkan tempat penelitian tersebut dilaksanakan di Kp. Cisalak Kidul RT. 004 RR. 004 Kecamatan Cibeber Kabupaten Cianjur Provinsi Jawa Barat.

Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Perangkat Keras : Sensor NPK JXCT, WEMOS D1 R2, *Liquid Crystal Display* (LCD), *Jumper Wire* dan *Powerbank*.
2. Perangkat Lunak : Arduino IDE dan *Blynk*.
3. Pembuatan pupuk padat sintetis dan alami : Ember, golok, talenan, ayakan, timbangan, toples 1 liter 2 liter dan 1 liter, botol bekas, selang, lakban, gunting, label, alat tulis dan kamera.

Bahan yang digunakan untuk penelitian ini diantaranya kiambang 1 kg, *Trichoderma* sp, 5 gram, air aquades 100 ml, gula merah 50 gram, dedak 100 gram dan tanah 700 gram/media (4,9 kg tanah untuk 7 perlakuan) (Damanik, 2018). Bahan pupuk padat sintetis yaitu NPK Phonska dan NPK 15-10-12.

Pengujian Sistem

Dalam uji kinerja alat pendeteksi unsur hara NPK pupuk padat sintetis Phonska dan NPK 15-10-12 30 gram/700 gram tanah dan 60 gram/700 gram tanah (Rahman *et al.*, 2021) dan pupuk padat

organik kiambang 200/700 gram tanah dan 300 gram/700 gram tanah yang dibandingkan berbasis *Internet of Things* (IoT) dengan sistem analog adalah sebagai berikut :

Tabel 1. Sistem Berbasis *Internet of Things* (IoT).

No	Level	Range		
		N	P	K
1.	<i>Low</i>	0 - 155.5 ppm	0 - 6.1 ppm	0 - 65.5 ppm
2.	<i>Medium</i>	155 - 250 ppm	6.1 -12.2 ppm	65.5 - 155.5 ppm
3.	<i>Highb</i>	> 250 ppm	> 12.2 ppm	> 155.5 ppm

Sumber : Madhumathi *et al.*, 2020.

Tabel 2. Sistem Berbasis Alat analog.

No	Level	Range		
		N	P	K
1	<i>Too Little</i>	50 ppm	4 ppm	50 ppm
2	<i>Ideal</i>	50 - 200 ppm	4 - 14 ppm	50 - 200 ppm
3	<i>Too Much</i>	200 ppm	14 ppm	200 ppm

Sumber : Asri, 2021.

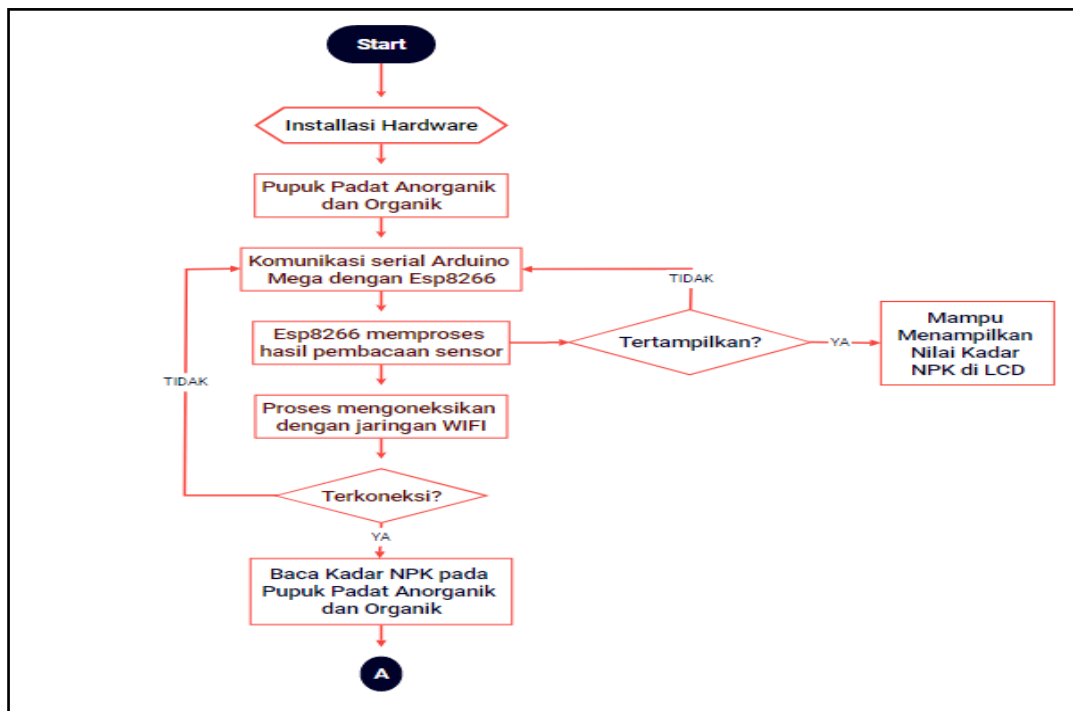
Pengujian *Delay* Pengiriman Data

Pengujian *delay* pada aplikasi *Blynk* akan dilakukan untuk mengetahui *delay* data dalam waktu 8 jam/1 hari yang terkirim dari mikrokontroler ESP8266 ke *Blynk cloud* pada aplikasi.

Rancangan Sistem

1. Gambaran Umum Sistem

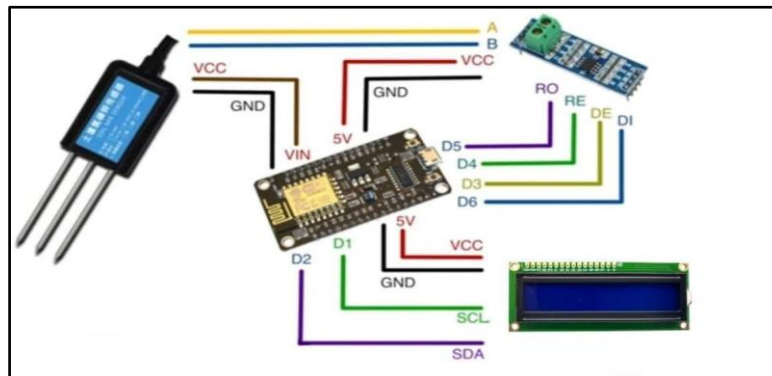
Gambaran umum digunakan untuk memperlihatkan gambaran secara umum dari *sistem* yang dibuat dan disajikan pada gambar adalah sebagai berikut :



Gambar 1. Alir Gambaran Umum Sistem.

Gambaran umum sistem dari penelitian yang dilakukan yaitu pengguna dapat menggunakan alat pendeteksi kadar unsur hara NPK untuk mengetahui tingkat NPK pada pupuk padat sintetis NPK Phonska, NPK 15-10-12, pupuk padat alami kiambang dan tanah steril (tanpa pupuk padat sintetis dan alami).

2. Perancangan Perangkat Keras (*Hardware*)

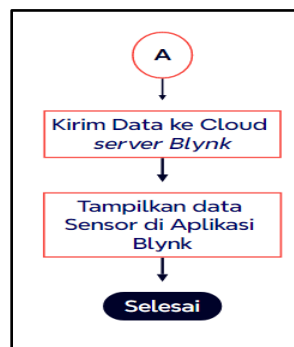


Gambar 2. Perancangan Perangkat Keras (*Hardware*).

Pada rangkaian ini *input* sensor NPK terhubung ke *WEMOS* D1 R2, yaitu sebagai data untuk membaca sensor yang masuk ke mikrokontroler akan diproses. Sensor NPK bekerja dengan cara mendeteksi konsentrasi NPK dalam tanah.

3. Perancangan Perangkat Lunak (*Software*)

Pada proses perancangan perangkat lunak (*software*) menggunakan sebuah perangkat lunak Arduino IDE untuk membaca dan mengendalikan komponen terhubung kepada mikrokontroler untuk membaca sensor NPK. Proses sistem kerja perangkat lunak yang dirancang untuk menjalankan perangkat ini adalah sebagai berikut :



Gambar 3. Perancangan Perangkat Lunak (*Software*).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian *Delay* Pengiriman Data

Pengujian *delay* pada aplikasi *Blynk* yang telah dilakukan selama 36 hari dengan terdapat 12 data yaitu tanpa tanaman 6 data dan menggunakan tanaman 6 data. Pengujian tersebut dilakukan 3 hari setelah pupuk dimasukkan ke dalam wadah dengan rentang waktu untuk mengetahui waktu *delay* data yang terkirim dari mikrokontroler ESP8266 ke *Blynk cloud* pada aplikasi yaitu waktu 8 jam/1 hari yang dimulai setiap pagi pukul 08.00 WIB. Berdasarkan data hasil pengujian waktu *delay* pada aplikasi *Blynk* adalah sebagai berikut :

Tabel 3. Pengujian Waktu *Delay*.

Perlakuan	Hari ke-											
	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30	33	36
	Pengujian ke-											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	Tanpa Tanaman (Detik)						Dengan Tanaman (Detik)					
Phonska 30 gram	8,57	5,96	9,48	8,84	8,13	7,74	8,82	8,02	11,8	11,4	16,8	22,8
Phonska 60 gram	8,07	9,17	8,35	8,58	10,4	8,91	10,3	9,07	13,7	15,2	11,2	19
NPK 30 gram	7,86	8,83	7,48	9,6	9,46	8,44	11,5	7,03	13	15,3	14,8	22,90
NPK 60 gram	8,57	10	8,43	8,58	9,02	7,3	8,99	7,08	13,1	12,9	15,4	13,7
Kiambang 200 gram	16,68	12,5	9,96	13,5	13,9	17,5	24,4	21,1	18,5	19,7	19,4	12,9
Kiambang 300 gram	8,11	10,3	17,5	10	15,2	17,5	9,95	19	26,7	19,4	20,2	15
Kontrol	10,4	10,2	12,7	9,94	9,7	7,49	7,47	22	18,1	13,4	11	16,6

Pada hasil penelitian waktu *delay* yang telah dilakukan dari hari ke-3 sampai ke-36 berdasarkan tabel di atas pada perlakuan tanpa tanaman pengujian ke-1 sampai ke-6 dan dengan tanaman pengujian ke-7 sampai ke-12 terhadap pupuk padat sintetis Phonska 30 gram dan 60 gr, NPK 15-10-12 30 gram dan 60 gram, padat alami kiambang 200 gram dan 300 gram, dan kontrol memiliki hasil waktu *delay* yang berbeda yaitu naik turun atau tidak konsisten karena terjadinya ketidakstabilan kecepatan jaringan *WiFi* yang disediakan oleh *Provider*. Oleh karena itu, kualitas jaringan pada *smartphone* sangat berpengaruh terhadap kecepatan pengujian *delay* terkecil dan terbesar agar alat tersebut dapat melakukan pengujian dengan baik (Asri, 2021).

Waktu *delay* pada perlakuan tanpa tanaman pengujian ke-1 sampai ke-6 terhadap pupuk padat sintetis Phonska 30 gram hasil waktu *delay* terkecil 05,96 detik dan terbesar 09,48 detik, sedangkan pada perlakuan dengan tanaman pengujian ke-7 sampai ke-12 terhadap Phonska 30 gram hasil waktu *delay* terkecil 08,02 detik dan terbesar 22,81 detik. Pada perlakuan tanpa tanaman pengujian ke-1 sampai ke-6 terhadap pupuk padat sintetis Phonska 60 gram hasil waktu *delay* terkecil 08,07 detik dan terbesar 10,35 detik, sedangkan pada perlakuan dengan tanaman pengujian ke-7 sampai ke-12 terhadap Phonska 60 gram hasil waktu *delay* terkecil 09,07 detik dan terbesar 19,01 detik.

Waktu *delay* pada perlakuan tanpa tanaman pengujian ke-1 sampai ke-6 terhadap pupuk padat sintetis NPK 15-10-12 30 gram hasil waktu *delay* terkecil 07,48 detik dan terbesar 09,60

detik, sedangkan pada perlakuan dengan tanaman pengujian ke-7 sampai ke-12 terhadap NPK 15-10-12 30 gram hasil waktu *delay* terkecil 07,03 detik dan terbesar 22,90 detik. Pada perlakuan tanpa tanaman pengujian ke-1 sampai ke-6 terhadap pupuk padat sintetis NPK 15-10-12 60 gram hasil waktu *delay* terkecil 07,30 detik dan terbesar 10,04 detik, sedangkan pada perlakuan dengan tanaman pengujian ke-7 sampai ke-12 terhadap NPK 15-10-12 60 gram hasil waktu *delay* terkecil 07,08 detik dan terbesar 15,43 detik.

Berdasarkan pengujian waktu *delay* yang telah dilakukan berdasarkan tabel di atas pada perlakuan tanpa tanaman pengujian ke-1 sampai ke-6 dan dengan tanaman pengujian ke-7 sampai ke-12 terhadap pupuk padat sintetis Phonska 30 gram dan 60 gram, dan NPK 15-10-12 30 gram dan 60 gram, pada saat alat sensor NPK berbasis *Internet of Things (IoT)* ditancapkan ke dalam tanah sangat mudah mendeteksi sehingga respon waktu *delay* tersebut sangat cepat. Hal ini karena, pupuk padat sintetis yang digunakan adalah pupuk makro majemuk yang memiliki kandungan unsur hara lebih dari satu yaitu NPK yang sudah seimbang berdasarkan peraturan pemerintah tanpa adanya unsur hara lain (Aliyah *et al.*, 2022; Purba *et al.*, 2021).

Waktu *delay* pada perlakuan tanpa tanaman pengujian ke-1 sampai ke-6 terhadap pupuk padat alami kiambang 200 gram hasil waktu *delay* terkecil 09,96 detik dan terbesar 17,48 detik, sedangkan pada perlakuan dengan tanaman pengujian ke-7 sampai ke-12 terhadap kiambang 200 gram hasil waktu *delay* terkecil 12,92 detik dan terbesar 24,40 detik. Pada perlakuan tanpa tanaman pengujian ke-1 sampai ke-6 terhadap pupuk padat alami kiambang 300 gram hasil waktu *delay* terkecil 08,11 detik dan terbesar 17,51 detik, pada perlakuan dengan tanaman pengujian ke-7 sampai ke-12 terhadap kiambang 300 gr hasil waktu *delay* terkecil 09,95 detik dan terbesar 26,65 detik.

Berdasarkan pengujian waktu *delay* yang telah dilakukan berdasarkan tabel di atas pada perlakuan tanpa tanaman pengujian ke-1 sampai ke-6 dan dengan tanaman pengujian ke-7 sampai ke-12 terhadap pupuk padat alami kiambang 200 gram dan 300 gram, pada saat alat sensor NPK berbasis *Internet of Things (IoT)* ditancapkan ke dalam tanah sangat sulit untuk mendeteksi sehingga respon waktu *delay* tersebut sangat lama. Hal ini dikarenakan, pupuk padat organik kiambang adalah pupuk hayati yang distarter oleh cendawan *Trichoderma* sp. sehingga di dalam tanah terdapat mikroorganisme yang dapat menyuburkan tanah dan terdapat hormon (Kumar *et al.*, 2015).

Bahan organik yang telah diuraikan oleh cendawan *Trichoderma* sp. pada senyawa kompleks maka dapat melepaskan unsur hara yang terikat menjadi unsur hara yang tersedia terutama NPK (Intifadha *et al.*, 2023). Selain daripada itu, diduga bahwa pada *Pack Internet or Inter-Network Gropher (PING) test* pada jaringan berubah karena Protokol PING standarnya *Internet Control Message Protocol (ICMP)* namun berubah menjadi *Encapsulating Security Payload (ESP)* sehingga data di dalamnya tersembunyikan walaupun IP tersebut ada yang masih sama (Alviendra *et al.*, 2022).

Waktu *delay* pada perlakuan tanpa tanaman pengujian ke-1 sampai ke-6 terhadap kontrol hasil waktu *delay* terkecil 07,49 detik dan terbesar 12,70 detik, sedangkan pada perlakuan dengan tanaman pengujian ke-7 sampai ke-12 terhadap kontrol hasil waktu *delay* terkecil 07,47 detik dan terbesar 22,01 detik.

Berdasarkan pengujian waktu *delay* yang telah dilakukan berdasarkan tabel di atas pada perlakuan tanpa tanaman pengujian ke-1 sampai ke-6 dan dengan tanaman pengujian ke-7 sampai ke-12 terhadap kontrol, pada saat alat sensor NPK berbasis *Internet of Things (IoT)* ditancapkan ke dalam tanah sangat mudah untuk mendeteksi sehingga respon waktu *delay* tersebut sangat cepat. Hal ini dikarenakan, perlakuan kontrol tidak adanya pemberian pupuk padat sintetis dan alami terutama pada pengujian yang ke-12 dengan tanaman karena unsur hara sudah diserap oleh tanaman tersebut.

Pengujian Alat

Tabel 4. Pengujian Alat (Perlakuan Media Tanah).

Pengujian Ke-		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Hari Ke-		3	6	9	12	15	18	21	24	27	30	33	36
Tanpa Tanaman (ppm)								Dengan Tanaman (ppm)					
NPK Phonska 30 gram													
Berbasis IoT	N	207	207	207	207	207	207	207	207	198	172	159	134
	P	207	207	207	207	207	207	207	207	106	94	54	42
	K	207	207	207	207	207	207	207	207	197	167	156	145
	Status	Medium	Medium	Medium	Medium	Medium	Medium	Medium	Medium	Medium	Medium	Medium	Medium
Berbasis Alat analog	Status	Too Little	Too Little	Too Little	Ideal	Ideal	Ideal	Ideal	Ideal	Ideal	Ideal	Ideal	Too Little
NPK Phonska 60 gram													
Berbasis IoT	N	207	207	207	207	207	207	207	207	171	168	139	122
	P	207	207	207	207	207	207	207	207	205	94	49	41
	K	207	207	207	207	207	207	207	207	167	162	146	123
	Status	Medium	Medium	Medium	Medium	Medium	Medium	Medium	Medium	Medium	Medium	Medium	Medium
Berbasis Alat analog	Status	Too Little	Too Little	Too Little	Ideal	Ideal	Ideal	Ideal	Ideal	Ideal	Ideal	Ideal	Too Little
NPK 15-10-12 30 gram													
Berbasis IoT	N	207	207	207	207	207	207	207	207	198	176	159	108
	P	207	207	207	207	207	207	207	207	106	101	52	30
	K	207	207	207	207	207	207	207	207	196	182	167	115
	Status	Medium	Medium	Medium	Medium	Medium	Medium	Medium	Medium	Medium	Medium	Medium	Medium
Berbasis Alat analog	Status	Too Little	Too Little	Too Little	Ideal	Ideal	Ideal	Ideal	Ideal	Ideal	Ideal	Ideal	Too Little
NPK 15-10-12 60 gram													
	N	207	207	207	207	207	207	207	207	195	180	168	149

Berbasis IoT	P	207	207	207	207	207	207	207	207	179	135	64	49
	K	207	207	207	207	207	207	207	207	205	185	178	146
	Status	Medium	Medium	Medium	Medium	Medium	Medium	Medium	Medium	Medium	Medium	Medium	Medium
Berbasis Alat analog	Status	<i>Too Little</i>	<i>Too Little</i>	<i>Too Little</i>	Ideal	Ideal	Ideal	Ideal	Ideal	Ideal	Ideal	<i>Too Little</i>	<i>Too Little</i>
Kiambang 200 gram													
Berbasis IoT	N	159	226	209	250	250	247	218	199	174	163	133	132
	P	162	190	182	164	165	164	151	179	58	53	40	40
	K	165	231	212	250	252	247	216	203	181	169	140	139
	Status	Medium	Medium	Medium	Medium	Medium	Medium	Medium	Medium	Medium	Medium	Medium	Medium
Berbasis Alat analog	Status	Ideal	Ideal	Ideal	Ideal	Ideal	Ideal	Ideal	Ideal	Ideal	Ideal	Ideal	<i>Too Little</i>
Kiambang 300 gram													
Berbasis IoT	N	203	224	247	229	220	227	217	198	183	170	147	126
	P	181	153	165	157	153	154	151	178	62	56	46	44
	K	209	226	252	233	223	227	220	203	190	177	154	149
	Status	Medium	Medium	Medium	Medium	Medium	Medium	Medium	Medium	Medium	Medium	Medium	Medium
Berbasis Alat analog	Status	Ideal	Ideal	Ideal	Ideal	Ideal	Ideal	Ideal	Ideal	Ideal	Ideal	Ideal	Ideal
Tanah Kontrol (Tanpa Pupuk Padat sintetis dan alami)													
Berbasis IoT	N	184	184	189	169	178	170	167	122	97	66	49	20
	P	62	62	64	56	60	56	63	35	25	12	4	0
	K	191	190	195	176	184	177	163	128	103	73	57	28
	Status	Medium	Medium	Medium	Medium	Medium	Medium	Medium	Medium	Medium	low	low	low
Berbasis Alat analog	Status	Ideal	Ideal	Ideal	Ideal	Ideal	Ideal	Ideal	Ideal	Ideal	<i>Too Little</i>	<i>Too Little</i>	<i>Too Little</i>

Pengujian perlakuan terhadap pupuk padat sintetis NPK Phonska 30 gram pada aplikasi *Blynk* yang telah dilakukan dengan menggunakan alat sensor NPK berbasis *Internet of Things (IoT)* dan alat analog selama 36 hari dengan terdapat 12 data yaitu tanpa tanaman 6 data dan menggunakan tanaman 6 data.

Pada hasil penelitian yang telah dilakukan berdasarkan tabel di atas pengujian berbasis *Internet of Things (IoT)*, bahwa pada perlakuan tanpa tanaman pengujian ke-1 sampai ke-6 memiliki nilai unsur hara NPK yang sama yaitu 207 ppm dengan status medium. Namun pada hasil tersebut, bahwa tanpa tanaman tidak adanya proses penyerapan unsur hara NPK melalui akar yang melibatkan beberapa mekanisme perpindahan unsur hara NPK dari dalam tanah ke permukaan akar yang diserap ke dalam akar (Purba, 2021). Selain daripada itu, diduga bahwa mikroorganisme di dalam media tanah mati karena terjadinya plasmolisis sehingga dapat meningkatkan kadar garam pada larutan media tanah tersebut (Karolinoerita dan Annisa, 2020).

Pada perlakuan tanpa tanaman berbasis alat alat analog pengujian ke-1 sampai ke-3 berstatus *Too Little*, diduga bahwa pupuk sintetis Phonska 30 gram unsur hara tersebut belum terbentuk menjadi ion yang terlarut dalam tanah dengan baik sehingga masih berstatus *Too Little* (Mursyid *et al.*, 2023). Sedangkan pengujian ke-4 sampai ke-6 berstatus ideal. Hal ini karena, diduga bahwa pupuk sintetis Phonska 30 gram tanah sudah terlarut dengan baik karena larutan molekul yang encer terlarut menjadi pekat sehingga dapat mencapai status ideal (Purba *et al.*, 2021).

Pengujian berbasis *Internet of Things (IoT)*, bahwa pada perlakuan dengan tanaman pengujian ke-7 sampai ke-8 memiliki nilai unsur hara NPK yang sama yaitu 207 ppm dengan status medium. Namun pada hasil tersebut, bahwa tanah yang sudah larut namun tanaman padi belum menyerap unsur hara NPK karena kondisi tanaman padi masih penyesuaian terhadap struktur tanah dan pH tanah yang terjadi baik secara sifat fisik tanah ataupun kimia tanah yang diserap oleh akar (Mursyid *et al.*, 2023).

Perlakuan dengan tanaman pada pengujian ke-9 sampai ke-12 unsur hara NPK pada pupuk padat sintetis mengalami penurunan yaitu pengujian ke-9 N 198 ppm, P 106 ppm dan K 197 ppm dengan status medium, pengujian ke-10 N 172 ppm, P 94 ppm dan K 167 ppm dengan status medium, pengujian ke-11 N 159 ppm, P 54 dan K 156 ppm dengan status medium dan pengujian ke-12 N 134 ppm, P 42 ppm dan 145 ppm dengan status medium. Hal ini karena, diduga bahwa tanaman padi telah beradaptasi dan unsur hara NPK bersifat higroskopis atau mudah larut sehingga akar tanaman padi langsung menyerap dengan cepat dan meningkatkan pertumbuhan tanaman (Effendi, 2020).

Proses penyerapan unsur hara NPK tersebut ditranslokasikan ke dalam jaringan tanaman dengan terjadinya perpindahan unsur hara NPK dari dalam tanah dan tanah yang terlarut menuju ke permukaan akar melalui mekanisme intersepsi akar yang disebabkan terjadinya pertumbuhan akar tanaman dan terbentuknya bulu akar serta proses aliran massa pada unsur hara NPK di dalam media tanah yang menuju ke permukaan akar tersebut bersama dengan massa air dan terjadi difusi karena konsentrasi unsur hara NPK pada permukaan akar tanaman lebih rendah daripada konsentrasi unsur hara NPK pada larutan tanah (Purba *et al.*, 2021).

Pada perlakuan dengan tanaman berbasis alat analog pengujian ke-7 sampai ke-11 berstatus ideal. Sedangkan pengujian ke-12 berstatus *Too Little* diduga pupuk sintetis Phonska 30 gram dari ideal ke *Too Little* karena unsur hara sintetis mudah terurai dalam tanah sehingga sangat diserap oleh tanaman (Sari *et al.*, 2016).

Pengujian perlakuan terhadap pupuk padat sintetis NPK Phonska 60 gram pada aplikasi *Blynk* yang telah dilakukan dengan menggunakan alat sensor NPK berbasis *Internet of Things (IoT)* dan alat analog selama 36 hari dengan terdapat 12 data yaitu tanpa tanaman 6 data dan menggunakan tanaman 6 data.

Pada hasil penelitian yang telah dilakukan berdasarkan tabel di atas pengujian berbasis *Internet of Things (IoT)*, bahwa pada perlakuan tanpa tanaman pengujian ke-1 sampai ke-6 memiliki nilai unsur hara NPK yang sama yaitu 207 ppm dengan status medium. Namun pada hasil tersebut, bahwa tanpa tanaman tidak adanya penyerapan unsur hara karena akar tanaman yang diserap memiliki dua cara yaitu melalui proses aktif dengan melakukan penyerapan unsur hara secara energi aktif dan proses selektif yang dilakukan secara selektif dengan ditentukan oleh membran sel (Purba *et al.*, 2021).

Pada perlakuan tanpa tanaman berbasis alat analog pengujian ke-1 sampai ke-3 berstatus *Too Little*, diduga bahwa tanah dengan pupuk sintetis Phonska 60 gram belum terlarut dengan baik sehingga unsur hara tersebut belum terbentuk menjadi kation dan anion dari larutan tanah sehingga menghasilkan status *Too Little* (Roni, 2015). Sedangkan pengujian ke-4 sampai ke-6 berstatus ideal. Hal ini karena, diduga bahwa pupuk sintetis Phonska 60 gram tanah sudah terlarut dengan baik karena larutan molekul yang encer terlarut menjadi pekat sehingga dapat mencapai status ideal, (Purba *et al.*, 2021). Selain daripada itu, pupuk Phonska yang bersifat higroskopis atau mudah larut memiliki volatilitas tinggi sehingga dapat mengalami penguapan unsur hara, terutama tanaman yang menyerap N dari Phonska dapat mengkonversi ammonium menjadi amonia atas terjadinya proses hidrolisis (Azmi, 2023).

Pada perlakuan dengan tanaman berbasis alat analog pengujian ke-7 sampai ke-11 berstatus ideal. Sedangkan pengujian ke-12 berstatus *Too Little* diduga pupuk sintetis Phonska 60 gram dari ideal ke *Too Little* karena unsur hara sintetis lebih diserap oleh akar tanaman. Pengujian ke-9 sampai ke-12 unsur hara NPK mengalami penurunan yaitu pengujian ke-9 N 171 ppm, P 205 ppm dan K 167 ppm dengan status medium, pengujian ke-10 N 168 ppm, P 94 ppm dan K 162 ppm dengan status medium, pengujian ke-11 N 139 ppm, P 49 dan K 146 ppm dengan status medium dan pengujian ke-12 N 122 ppm, P 41 ppm dan 123 ppm dengan status *Too Little*. Hal ini karena, diduga bahwa tanaman padi sudah beradaptasi dan akar melakukan penyerapan unsur hara karena konsentrasi hara lebih rendah sehingga dapat memicu pergerakan hara menuju akar, yang sebelumnya tidak bersinggungan dengan akar. Kemudian akar dapat menyerap hara tersebut (Wiraatmaja, 2016).

Pengujian perlakuan terhadap pupuk padat sintetis NPK 15-10-13 30 gram pada aplikasi *Blynk* yang telah dilakukan dengan menggunakan alat sensor NPK berbasis *Internet of Things (IoT)* dan alat analog selama 36 hari dengan terdapat 12 data yaitu tanpa tanaman 6 data dan menggunakan tanaman 6 data.

Pada hasil penelitian yang telah dilakukan berdasarkan tabel di atas pengujian berbasis *Internet of Things (IoT)*, bahwa pada perlakuan tanpa tanaman pengujian ke-1 sampai ke-6 memiliki nilai unsur hara NPK yang sama yaitu 207 ppm dengan status medium. Namun pada hasil tersebut, bahwa pupuk pupuk padat sintetis NPK 15-10-12 tidak memiliki karakteristik seperti pupuk alami yang dapat memperbaiki sifat biologi, kimia dan fisika tanah sehingga nilai kadar unsur hara pada pupuk sintetis tidak adanya penambahan.

Pada perlakuan tanpa tanaman berbasis alat analog pengujian ke-1 sampai ke-3 berstatus *Too Little*, diduga bahwa tanah dengan pupuk sintetis NPK 15-10-12 30gr belum terlarut dengan baik sehingga belum berubah menjadi ion yang terlarut di dalam tanah sehingga memiliki nilai *Too Little* (Roni, 2015) dan pengujian ke-4 sampai ke-6 berstatus *ideal*. Hal ini dikarenakan, diduga bahwa tanah dengan pupuk sintetis Phonska 60 gram sudah terlarut dengan baik karena larutan molekul sudah terlarut menjadi pekat sehingga dapat mencapai status *ideal* (Roni, 2015).

Pengujian berbasis *Internet of Things (IoT)*, bahwa pada perlakuan dengan tanaman pengujian ke-7 sampai ke-8 memiliki nilai unsur hara NPK yang sama yaitu 207 ppm dengan status medium. Namun pada hasil tersebut, bahwa tanah yang sudah larut namun tanaman padi belum menyerap unsur hara NPK. Hal ini karena, diduga bahwa kondisi tanaman padi masih penyesuaian terhadap tanah, sehingga berdasarkan selisih hara yang datang ke permukaan akar (pasokan) dengan banyaknya hara kemudian masuk ke akar. selain daripada itu, dapat terjadinya

zone penimbunan atau *accumulation zone* atau tertimbunnya hara di permukaan akar tersebut sehingga belum terjadi penyerapan unsur hara (Wiraatmaja, 2016).

Pengujian ke-9 sampai ke-12 unsur hara NPK mengalami penurunan yaitu pengujian ke-9 N 198 ppm, P 106 ppm dan K 196 ppm dengan status medium, pengujian ke-10 N 176 ppm, P 94 ppm dan K 162 ppm dengan status medium, pengujian ke-11 N 159 ppm, P 52 dan K 167 ppm dengan status medium dan pengujian ke-12 N 108 ppm, P 30 ppm dan 155 ppm dengan status *Too Little*. Hal ini diduga bahwa sensor NPK sudah menggunakan prinsipnya yaitu membaca membran elektrolit yang sensitif terhadap ion nitrogen, fosfor dan kalium. Pada saat larutan melewati membran, ion-ion spesifik akan bereaksi dengan membran ini. Penurunan membran akibat penyerapan unsur hara terbaca oleh sensor NPK sehingga nilai data semakin kecil (Widiasmadi, 2022).

Pengujian perlakuan terhadap pupuk padat sintetis NPK 15-10-13 60 gram pada aplikasi *Blynk* yang telah dilakukan dengan menggunakan alat sensor NPK berbasis *Internet of Things (IoT)* dan alat analog selama 36 hari dengan terdapat 12 data yaitu tanpa tanaman 6 data dan menggunakan tanaman 6 data.

Pada hasil penelitian yang telah dilakukan berdasarkan tabel di atas pengujian berbasis *Internet of Things (IoT)*, bahwa pada perlakuan tanpa tanaman pengujian ke-1 sampai ke-6 memiliki nilai unsur hara NPK yang sama yaitu 207 ppm dengan status medium. Namun pada hasil tersebut, bahwa sensor NPK dapat mendeteksi kandungan unsur hara menggunakan prinsip elektrokonduktivitas terhadap pupuk padat sintetis NPK 15-10-13 60 gram (Widiasmadi, 2022).

Pada perlakuan tanpa tanaman berbasis alat analog pengujian ke-1 sampai ke-3 berstatus *Too Little*, diduga bahwa tanah dengan pupuk sintetis NPK 15-10-12 60 gram belum terlarut dengan baik sehingga belum berubah menjadi ion yang terlarut di dalam tanah sehingga memiliki nilai *Too Little* (Roni, 2015) dan pengujian ke-4 sampai ke-6 berstatus ideal. Hal ini dikarenakan, diduga bahwa tanah dengan pupuk sintetis Phonska 60 gram sudah terlarut dengan baik karena larutan molekul sudah terlarut menjadi pekat sehingga dapat mencapai status ideal (Roni, 2015).

Pengujian berbasis *Internet of Things (IoT)*, bahwa pada perlakuan dengan tanaman pengujian ke-7 sampai ke-8 memiliki nilai unsur hara NPK yang sama yaitu 207 ppm dengan status medium. Namun pada hasil tersebut, bahwa tanah yang sudah larut namun tanaman padi belum menyerap unsur hara NPK karena kondisi tanaman padi masih penyesuaian terhadap tanah sehingga berdasarkan selisih hara yang datang ke permukaan akar (pasokan) dengan banyaknya hara yang masuk ke akar, dapat terjadi zone penimbunan atau *accumulation zone*

(tertimbunnya hara di permukaan akar) sehingga belum terjadi penyerapan unsur hara (Wiraatmaja, 2016).

Pengujian ke-9 sampai ke-12 unsur hara NPK mengalami penurunan yaitu pengujian ke-9 N 198 ppm, P 106 ppm dan K 196 ppm dengan status medium, pengujian ke-10 N 176 ppm, P 94 ppm dan K 162 ppm dengan status medium, pengujian ke-11 N 159 ppm, P 52 dan K 167 ppm dengan status medium dan pengujian ke-12 N 108 ppm, P 30 ppm dan 155 ppm dengan status *Too Little*. Hal ini karena, diduga bahwa tanaman padi sudah beradaptasi dan akar melakukan penyerapan unsur hara karena adanya proses serapan hara melalui akar, pergerakan hara dari dalam tanah diawali dengan ketersediaan hara dalam bentuk ion yang terlarut dalam air tanah dan tersedia bagi tanaman (Widiasmadi, 2022).

Pada hasil penelitian yang telah dilakukan berdasarkan tabel di atas pengujian berbasis *Internet of Things (IoT)*, pada perlakuan tanpa tanaman pengujian ke-1 sampai ke-2 terhadap pupuk padat alami kiambang 200 gram bahwa nilai unsur hara NPK mengalami kenaikan yaitu nilai pengujian ke-1 N 159 ppm, P 162 ppm dan K 165 ppm dengan status medium, Ke-2 N 226 ppm, P 190 ppm dan K 231 ppm dengan status medium, pada pengujian ke-3 mengalami penurunan yaitu ke-3 N 209 ppm, P 182 ppm dan K 212 ppm dengan status medium. Hal ini diduga karena, *Trichoderma* sp. masih berada pada fase lag (*Lag phase*) yang pertumbuhannya masih lambat dan membutuhkan waktu untuk beradaptasi dengan lingkungan atau tanah tersebut (A'yun, 2022).

Perlakuan tanpa tanaman pengujian ke-4 sampai ke-6 merupakan fase mengalami kenaikan yaitu nilai unsur hara NPK pengujian ke-4 N 250 ppm, P 164 ppm dan K 250 ppm dengan status medium, pengujian ke-5 N 250 ppm, K 165 ppm dan P 252 ppm dengan status medium dan pengujian ke-6 N 247 ppm, P 164 ppm dan K 247 ppm dengan status medium. Hasil pengujian pada unsur hara N mengalami naik, stabil dan turun, sedangkan unsur hara K mengalami naik dan turun serta unsur hara P di pengujian ke-4 masih mengalami penurunan dan pengujian ke-5 mengalami kenaikan dan turun kembali. Hal ini karena, diduga *Trichoderma* sp. sudah berada di fase eksponensial (*Exponential phase*) yang telah berkembang konstan atau mendapatkan nutrisi yang cukup dengan lingkungannya (A'yun, 2022).

Pada perlakuan tanpa tanaman berbasis alat analog terhadap pupuk padat alami pengujian ke-1 sampai ke-6 berstatus ideal, diduga bahwa di dalam pupuk padat alami kiambang terdapat *Trichoderma* sp. sebagai *starter* atau pengurai bahan alami kiambang agar dapat terdekomposisi dengan cepat dan berperan penting dalam kesuburan tanah untuk mengatur

daur hara agar membantu proses penyerapan air dan unsur hara yang akan diproses metabolisme pada tubuh tanaman (Charisma, *et al.*, 2012).

Pengujian berbasis *Internet of Things (IoT)*, bahwa pada perlakuan dengan tanaman terhadap pupuk padat alami pada pengujian ke-7 sampai ke-12 nilai unsur hara NPK yaitu pengujian ke-7 N 218 ppm, P 151 ppm dan K 216 ppm dengan status medium, pengujian ke-8 N 199 ppm, P 179 ppm, K 203 ppm dengan status medium, pengujian ke-9 N 174 ppm, P 58 ppm dan K 181 ppm dengan status medium, pengujian ke-10 N 163 ppm, P 53 ppm dan K 169 ppm dengan status medium, pengujian ke-11 N 133 ppm, P 40 ppm dan K 140 ppm dengan status medium, dan pengujian ke-12 N 132 ppm, P 40 ppm dan K 139 ppm dengan status medium, Hasil pengujian pada unsur hara P pada pengujian ke-7 sampai ke-8 mengalami kenaikan sedangkan pengujian ke-9 sampai 12 mengalami penurunan. Hal ini karena, diduga bahwa *Trichoderma* sp. yang telah tumbuh dengan maksimal mengalami fase stasioner (*Stationary phase*) dengan laju pertumbuhan nol atau tidak adanya peningkatan jumlah sel dan tetap masih aktif dalam melakukan metabolisme serta proses biosintesis di dalam sel tersebut (A'yun, 2022). Selain daripada itu, *Trichoderma* sp. sebagai starter bahan organik sehingga kandungan unsur hara NPK menjadi lebih baik dan meningkatkan kesuburan tanah baik secara biologi, kimia dan fisika (Atman, 2020)

Pada perlakuan tanpa tanaman berbasis alat analog terhadap pupuk padat alami pengujian ke-7 sampai ke-11 berstatus ideal, sedangkan pengujian ke-12 berstatus *Too Little* mengalami penurunan unsur hara diduga bahwa unsur hara NPK tersebut sudah diserap oleh akar tanaman padiyang tumbuh dengan baik telah mengalami penurunan laju pertumbuhan sehingga dari berstatus ideal menjadi *Too Little* (A'yun, 2022).

Pada hasil penelitian yang telah dilakukan berdasarkan tabel di atas pengujian berbasis *Internet of Things (IoT)*, pada perlakuan tanpa tanaman pengujian ke-1 sampai ke-3 terhadap pupuk padat alami kiambang 300 gram bahwa nilai unsur hara NPK mengalami kenaikan yaitu pengujian ke-1 N 203 ppm, P 181 dan K 209 dengan status medium, pengujian ke-2 N 224 ppm, P 152 ppm dan K 226 ppm dengan status medium, dan pengujian ke-3 N 224 ppm, P 153 ppm dan K 226 ppm dengan status medium. Pada pengujian ke-4 sampai 5 mengalami penurunan yaitu pengujian ke-4 N 229 ppm, P 157 ppm dan K 233 ppm dengan status medium, pengujian ke-5 N 220 ppm, P 153 ppm dan K 223 ppm dengan status medium. Sedangkan pengujian ke-6 mengalami kenaikan yaitu N 227 ppm, P 154 ppm dan K 227 ppm dengan status medium. Hal ini diduga Hal ini diduga karena *Trichoderma* sp. masih berada pada *fase lag*, di mana

pertumbuhannya masih lambat dan memerlukan waktu untuk beradaptasi dengan lingkungan atau tanah tersebut (A'yun, 2022).

Pada perlakuan tanpa tanaman berbasis alat analog terhadap pupuk padat alami kiambang 300 gr pengujian ke-1 sampai ke-6 berstatus ideal, diduga bahwa pupuk padat alami kiambang *Trichoderma* sp. memiliki enzim selulase dan *xilem* sehingga bahan alami dapat terdekomposer dengan baik. Oleh karena itu, bahan alami akan menyediakan unsur hara yang dibutuhkan oleh tanaman padi (Suharti *et al.*, 2018).

Pengujian berbasis *Internet of Things (IoT)*, bahwa pada perlakuan dengan tanaman terhadap pupuk padat alami kiambang 300 gram pada pengujian ke-7 sampai ke-12 mengalami penurunan yaitu pengujian ke-7 N 217 ppm, P 151 ppm dan K 220 ppm dengan status medium dan pengujian ke-8 N 198 ppm, P 178 ppm dan K 203 ppm dengan status medium, pengujian ke-9 N 183 ppm, P 62 ppm dengan status medium dan K 190 ppm dengan status medium, pengujian ke-10 N 170 ppm, P 56 ppm dan K 177 ppm dengan status medium, pengujian ke-11 N 147 ppm, P 46 ppm dan K 154 ppm dengan status medium, dan pengujian ke-12 N 126 ppm, P 44 ppm dan K 149 ppm dengan status medium hal ini diduga bahwa unsur hara NPK diserap oleh akar tanaman karena pupuk padat alami kiambang dapat meningkatkan kandungan unsur hara NPK yang distarter oleh *Trichoderma* sp. terjadi laju pertumbuhan dengan adanya peningkatan jumlah sel dan tetap aktif melakukan metabolisme dan biosintesis di dalam sel tersebut sehingga proses fermentasi bahan organik semakin cepat serta meningkatkan kesuburan tanah (A'yun, 2022; Aliyah *et al.*, 2022). Hasil pengujian pada unsur hara P pada pengujian ke-7 sampai ke-8 mengalami kenaikan karena diduga bahwa adanya aktivitas tinggi terhadap *Trichoderma* sp. sehingga unsur hara ikut tinggi (A'yun, 2022).

Pada perlakuan dengan tanaman berbasis alat analog terhadap pupuk padat alami pengujian ke-7 sampai ke-12 berstatus ideal, hal ini diduga bahwa *Trichoderma* sp. sebagai pengurai dan berperan dalam memberikan sinyal auksin untuk merangsang pertumbuhan tanaman padi. Pada pembukaan stomata yang dipengaruhi oleh adanya ketersediaan air dan unsur hara yang diberikan *Trichoderma* sp. dalam membuka dan menutupnya sel penjaga terhadap masuknya air ke sel melalui osmosis dan melakukan proses fotosintesis (Rokhminarsi *et al.*, 2020).

Pada hasil penelitian yang telah dilakukan berdasarkan tabel di atas pengujian berbasis *Internet of Things (IoT)*, pada perlakuan tanpa tanaman pengujian ke-1 sampai ke-3 terhadap kontrol (tanpa pupuk padat sintetis dan alami) pengujian ke-1 sampai ke-3 mengalami kenaikan yaitu nilai unsur hara NPK pengujian ke-1 N 184 ppm, P 62 ppm dan K 191 ppm dengan status

medium, pengujian ke-2 N 184 ppm, P 62 ppm dan K 190 ppm dengan status medium, pengujian ke-3 N 189 ppm, P 64 ppm dan K 195 ppm dengan status medium. Hal ini diduga bahwa, tanah kontrol terdapat populasi bakteri bawaan diantaranya bakteri penambat nitrogen (*Rhizobium* dan *Azotobacter*), bakteri pelarut fosfat (*Bacillus* dan *Pseudomonas*) dan bakteri pelarut kalium. Bakteri *Rhizobium* dan *Azotobacter* adalah bakteri yang dapat menyediakan unsur nitrogen (N) dan menyediakan unsur fosfat (P) bagi tanaman serta memproduksi hormon auksin IAA (*Indole Asam Asetat*) (Widawati dan Muharam, 2012). Kelimpahan bakteri penambat nitrogen (N), pelarut fosfat (P) dan kalium (K) di dalam tanah dapat mempengaruhi kesuburan tanah, pertumbuhan tanaman, Kesehatan lingkungan dan keseimbangan ekosistem (Wardani *et al.*, 2018)

Pada pengujian ke-4 sampai 6 mengalami turun naik dan turun lagi yaitu pengujian ke-4 N 169 ppm, P 56 ppm dan K 176 ppm dengan status medium, pengujian ke-5-mengalami kenaikan yaitu N 178 ppm, P 60 ppm dan K 184 dengan status medium, dan pengujian ke-6 N 170 ppm, P 56 ppm dan K 177 ppm dengan status medium. Hal ini diduga bakteri mengalami fluktuasi aktivitas di dalam tanah sehingga bahan mineral atau bahan dalam tanah yang bereaksi langsung dan kadar kelembaban dapat mempengaruhi populasi mikroorganisme sehingga jumlah mikroorganisme di tanah tersebut dipengaruhi oleh kelembaban, temperature, sumber energi dan kerapatan vegetasi (Mansyur *et al.*, 2021)

Hasil pengujian pada unsur hara K pada pengujian ke-5 mengalami kenaikan dan pengujian ke-6 mengalami penurunan. Hasil data tersebut diduga karena unsur hara NPK diserap oleh akar tanaman sehingga diduga bahwa tanah tanpa perlakuan adanya ketersediaan unsur hara. Unsur hara tersebut salah satunya aktivitas mikroorganisme seperti bakteri pengikat nitrogen seperti *Rhizobium* sp (Siswanto, 2018). Oleh karena itu, mikroorganisme tersebut masih berada di fase lag (*Lag phase*) atau beradaptasi dengan lingkungan atau tanah tersebut (A'yun, 2022).

Pada perlakuan tanpa tanaman berbasis alat analog pada perlakuan dengan tanaman pengujian ke-1 sampai ke-6 terhadap kontrol berstatus *ideal*, diduga bahwa adanya ketersediaan unsur hara tersebut berasal dari berbagai sumber diantaranya pelapukan batuan, dekomposisi bahan alami, dan aktivitas mikroorganisme seperti bakteri pengikat nitrogen seperti *Rhizobium* sp (Siswanto, 2018).

Pengujian berbasis *Internet of Things (IoT)*, bahwa pada perlakuan dengan tanaman terhadap kontrol (tanpa pupuk padat sintesis dan alami) pengujian ke-7 sampai ke-12 mengalami penurunan yaitu pengujian ke-7 N 187 ppm, P 63 ppm dan K 193 ppm dengan status medium,

pengujian ke-8 N 122 ppm, P 35 ppm dan K 128 ppm dengan status medium, pengujian ke-9 N 97 ppm, P 25 ppm dan K 103 ppm dengan status medium, pengujian ke-10 N 66 ppm, P 12 ppm dan K 73 ppm dengan status *low*, pengujian ke-11 N 49 ppm, P 4 ppm dan K 57 ppm dengan status *low*, dan pengujian ke-12 N 20 ppm, P 0 ppm dan K 28 ppm dengan status *low*. Hasil pengujian pada unsur hara P pada pengujian ke-12 mengalami penurunan dengan mencapai 0. Hal ini bahwa tanaman padi telah menyerap banyak nutrisi dari tanah, dan kondisi ini memerlukan intervensi berupa penambahan pupuk sintetis dan alami untuk mempertahankan kesuburan tanah dan memastikan pertumbuhan optimal tanaman (Purba *et al.*, 2021; A'yun *et al.*, 2022).

Pada perlakuan dengan tanaman berbasis alat analog terhadap kontrol (tanpa pupuk padat sintetis dan alami) pengujian ke-7 sampai ke-10 berstatus *ideal* dan pada pengujian ke-11 sampai ke-12 berstatus *Too Little*. Hal ini diduga, bahwa tanah tidak lagi dapat menyediakan nutrisi yang memadai untuk tanaman. Intervensi berupa penambahan pupuk dan pemantauan yang berkelanjutan sangat penting untuk menjaga kesuburan tanah dan memastikan pertumbuhan tanaman yang optimal (Siswanto, 2018; A'yun *et al.*, 2022).

PENUTUP

Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan pada “Pendeteksi Unsur Hara NPK pada Pupuk Padat Sintetis dan Alami Berbasis *Internet of Things (IoT)*” bahwa pendeteksian dan pengujian tersebut adalah sebagai berikut:

1. Alat pendeteksi NPK *Internet of Things (IoT)* dapat mendeteksi kandungan NPK dengan adanya pengujian waktu *delay*:
 - a. Perlakuan tanpa tanaman pengujian ke-1 sampai ke-6 terhadap pupuk padat sintetis waktu *delay* terkecil 5,96 detik (Phonska 30 gram) dan terbesar 10,4 (Phonska 60 gram). Sedangkan perlakuan dengan tanaman pengujian ke-7 sampai ke-12 waktu *delay* terkecil 7,03 (NPK 15-10-12 30 gram) detik dan terbesar 22,90 detik (NPK 15-10-12 30 gram).
 - b. Perlakuan tanpa tanaman pengujian ke-1 sampai ke-6 terhadap pupuk padat alami waktu *delay* terkecil 8,11 detik (Kiambang 300 gram) dan terbesar 17,5 detik (Kiambang 200 gram dan 300 gram). Sedangkan perlakuan dengan tanaman pengujian ke-7 sampai ke-12 waktu *delay* terkecil 9,95 detik (kiambang 300 gram) dan terbesar 26,7 detik (kiambang 300 gram).

- c. Perlakuan tanpa tanaman pengujian ke-1 sampai ke-6 terhadap kontrol waktu *delay* terkecil 7,49 detik dan terbesar 12,7. Sedangkan dengan tanaman pengujian ke-7 sampai ke-12 waktu *delay* terkecil 7,47 detik dan terbesar 22 detik.
2. Alat pendeteksi NPK *Internet of Things (IoT)* dapat menguji kandungan NPK dengan nilai ppm:
 - a. Perlakuan tanpa tanaman pengujian ke-1 sampai ke-6 terhadap pupuk padat sintetis 207 ppm (Phonska 30 gram dan 60 gram, dan NPK 15-10-12 30 gram dan 60 gram). Sedangkan dengan tanaman pengujian ke-7 sampai ke-12 terkecil 30 ppm (NPK 15-10-12 30 gram) dan terbesar 207 ppm (Phonska 30 gram dan 60 gram, dan NPK 15-10-12 30 gram dan 60 gram).
 - b. Perlakuan tanpa tanaman pengujian ke-1 sampai ke-6 terhadap pupuk padat alami 153 ppm (Kiambang 300 gram) dan terbesar 252 ppm (Kiambang 200 gram dan 300 gram). Sedangkan dengan tanaman pengujian ke-7 sampai ke-12 terkecil 40 ppm (Kiambang 200 gram) dan terbesar 220 ppm ((Kiambang 300 gram).
 - c. Perlakuan tanpa tanaman pengujian ke-1 sampai ke-6 terhadap kontrol 62 ppm dan terbesar 195 ppm. Sedangkan dengan tanaman pengujian ke-7 sampai ke-120 ppm dan terbesar 167 ppm.

DAFTAR PUSTAKA

- Aidah, S.N. (2021). *Mengenal Macam-Macam Nutrisi Tanaman*. Jogjakarta: Penerbit KBM Indonesia.
- Alviendra, I. M., Setijadi, E dan Kusrahardjo, G. (2022). Pengembangan dan Penerapan Sistem Virtual Private Network (VPN) pada *Internet of Things (IoT)* Menggunakan Simulasi. *Jurnal Teknik ITS*, 11(1), A15-A22.
- Aliyah, M., Halim, M. I. dan Nurdin, D. (2022). Uji Efektivitas Berbagai Waktu Aplikasi dan Dosis Pupuk NPK Phonska yang Beragam terhadap Pertumbuhan dan Produksi Tanaman Padi (*Oryza sativa* L.) pada Sistem Pertanaman Hazton. *Jurnal Agroterpadu*, 1(2), 119-124.
- Amri, M. M dan Sumiharto. (2019). Sistem Pengukuran Nitrogen, Fosfor, Kalium dengan Local Binary Pattern dan Analisis Regresi. *Indonesian Journal of Electronics and Instrumentation System (IJEIS)*, 9(2), 107-118.
- Asri. (2021). Implementasi Sistem *Monitoring* dan *Controlling* Unsur Hara Tanah pada Tanaman Kedelai Berbasis *IoT* Menggunakan Lora. *Skripsi*. Fakultas Teknik Elektro. Universitas Telkom. Bandung.
- Atman. (2020). Peran Pupuk Kandang dalam Meningkatkan Kesuburan Tanah dan Produktivitas Tanaman. *Jurnal Sains Agro*, 5(1), 1-12.
- A'yun, Qorritun., R. Anja. A., Fitriyah, D., Awaluddin., Rini, I. A., Mahyarudin., Argaheni, N. B., Sinaga, J., Suaryanti, E., Kristianto, Y., Asril, M dan Hamida, F. (2022). *Mikrobiologi Dasar*. Medan : Yayasan Kita Menulis.

- Azmi, M. I. (2023). Pembuatan Pupuk Lepas Lambat Nitrogen Berbasis Silika Sekam Padi-Kitosan-Asam Fulvat Urea. *Skripsi*. Program Studi Kimia. Fakultas Sains dan Teknologi. Universitas Islam Negeri Walisongo. Semarang.
- Charisma, A.M., Y.S. Rahayu, dan Isnawati. (2012). Pengaruh Kombinasi Kompos *Trichoderma* dan Mikoriza Vesikular Arbuskular (MVA) terhadap Pertumbuhan Tanaman Kedelai (*Glycine max* (L.) Merrill) pada Media Tanam Tanah Kapur. *LenteraBio*, 1 (3), 111-116.
- Damanik, B. R. (2018). Pengaruh Pemberian Kompos Kiangbang dan Pupuk NPK Majemuk 20-10-10 terhadap Pertumbuhan Bibit Kelapa Sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) di *Pre Nursery*. *Skripsi*. Fakultas Pertanian. Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. Medan.
- Efendi, Yoyon. (2018). *Internet of Things (IoT) Sistem Pengendalian Lampu Menggunakan Raspberry Pi Berbasis Mobile*. *Jurnal Ilmiah Ilmu Komputer*, 4(1), 19-26.
- Effendi, Febi. (2020). Pengaruh Bokashi Kotoran Walet dan NPK Phonska terhadap Pertumbuhan serta Produksi Tanaman Cabai Rawit (*Capsicum frutescens* L.). *Skripsi*. Fakultas Pertanian. Universitas Islam Riau. Pekanbaru.
- Intifadha, A. F. A., Nafiah, H. H., dan Sativa, N. (2023). Pemanfaatan Cendawan *Trichoderma* sp. terhadap Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Selada (*Lactuca Sativa* (L.). *Jagros (Jurnal Agroteknologi dan Sains)*, 8(1), 10-18.
- Karolinoerita, V., dan Annisa, W. (2020). Salinisasi Lahan dan Permasalahannya di Indonesia. *Jurnal Sumber Daya Lahan*, 14(2), 91-99.
- Kumar, SPM, Chowdappa P. dan Krishna V. (2015). Development of Seed Coating Formulation Using Consortium of *Bacillus subtilis* OTPB1 and *Trichoderma harzianum* OTPB3 for Plant Growth Promotion and Induction of Systemic Resistance in Field and Horticultural Crops. *Indian Phytopathol*, 68(1), 25-31.
- Madhumathi, R., Arumuganathan, T. dan Shruthi, R. (2020). *Soil NPK and Moisture analysis using Wireless Sensor Networks*. India : Institute of Electrical and Electronics Engineers.
- Munawar, A. (2018). *Kesuburan Tanah dan Nutrisi Tanaman*. Bogor: PT Penerbit IPB Press.
- Mansyur, N. I., Pudjiwati, E. H dan Murtiلاكsono, A. (2021). *Pupuk dan Pemupukan*. Banda Aceh : Syiah Kuala University Press.
- Mursyid., Anwar. A., Siahaan. A. S. A., Iswahyudi., Citraresmini, A., Satriawan, H., Purba, T., Fitri, R., Junairiah., Septyani, I. A. P., Paulina, M dan Bachtiar, T. (2023). *Sifat dan Morfologi Tanah*. Medan: Yayasan Kita Menulis.
- Nisa, K. (2016). *Memproduksi Kompos dan Mikro Organisme Lokal*. Jakarta Timur: Bibit Publisher.
- Purba, T., Ningsih, H., Junaedi, P. A. S., Junairiah, B. G., Figiyanto, R dan Arsi. (2021). *Tanah dan Nutrisi Tanaman*. Medan: Yayasan Kita Menulis.
- Purba, T., Situmeang, R., Rohman. H. F., Mahyati., Firgiyanto, R., Junaedi, A. S., Saadah, T. T., Junairiah., Herawati, J dan Suhastyo, A. A. (2021). *Pupuk dan Teknologi Pemupukan*. Medan: Yayasan Kita Menulis.
- Rahman, M. F., Budiman, F dan Faudi, A. Z. (2021). Sistem Monitoring Keadaan Tanah Berbasis IoT. *E-Proceeding of Engineering*, 8(2), 1039-1050.
- Rokhminarsi, Eny., Utami, Darini, S dan Begananda. (2021). Hasil dan Kualitas Tomat pada Pemberian Pupuk *Mikotricho* dan Pupuk N-P-K. *Jurnal Hort*, 11 (3), 192-201.
- Roni, N. Gusti Ketut. (2015). Tanah sebagai Media Tumbuh. *Bahan Ajar*. Fakultas Peternakan. Universitas Udayana.
- Rustan, Ramadhan, F. D., Afrianto, M. F., Handayani, L., Lestari, A. P dan Manin, F. (2016). Perancangan Alat Pengukur Kadar Unsur Hara NPK Pupuk Kompos. *Journal Online of Physics (JoP)*, 8(1), 55-60.
- Sinaga, A. D. (2012). Pengaruh Takaran Pupuk NPK dan Penataan Tanam terhadap Pertumbuhan dan Hasil Kacang Hijau yang Ditanam Secara Tumpang Sari dengan Pepaya. *Skripsi*. Fakultas Pertanian. Universitas Sriwijaya. Sumatera Selatan.

- Siswanto, Bambang. (2018). Sebaran Unsur Hara N, P, K dan pH dalam Tanaman. *Buana Sains*, 18 (2), 109-124.
- Suharti, Tati., Bramasto, Yulianti dan Yuniarti Naning. (2018). Pengaruh Pemberian *Trichoderma* sp. pada Media Tanam dan Mankozeb terhadap Persentase Tumbuh dan Pertumbuhan Bibit Jabon Merah (*Anthocephalus macrophyllus*). *Jurnal Pembenihan Tanaman Hutan*, 6 (1), 41-48.
- Syahputra, Wahyu. (2018). Kompos Kiambang dan Kulit Buah Pisang Berpengaruh terhadap Pertumbuhan Bibit Kelapa Sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.). *Skripsi*. Fakultas Pertanian. Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. Medan.
- Wardani, D. A. K., Abadi, A. L dan Aini, L. Q. (2018). Kelimpahan Bakteri *Pseudomonas* sp., *Bacillus* sp., Penambat Nitrogen dan Pelarut Fosfat pada Lahan Padi Sawah PHT dan Konvensional di Desa Bayem Kecamatan Kasembon Kabupaten Malang. *Jurnal HPT*, 6(1), 15-19.
- Widawati, S dan A. Muharam. (2012). Uji Laboratorium *Aspergillum* sp. yang Diisolasi dari Beberapa Ekosistem. *Journal Hortikultura*, 22 (3), 258-26.
- Widiasmadi, Nugroho. (2022). Konservasi Lahan melalui Katalisa Unsur Hara Makro organik Cair N-P-K. *Jurnal Pendidikan dan Konseling*, 4(5), 2526-2537.
- Wiraatmaja, I. Wayan. (2016). Pergerakan Hara Mineral dalam Tanaman. *Bahan Ajar*. Program Studi Agroekoteknologi. Fakultas Pertanian Unud. Bali