

Smart Agriculture untuk Mewujudkan Ketahanan Pangan Berbasis Lora di Desa Kalipadang-Benjeng Gresik

Ida Anisah ¹, I Gede Puja Astawa ², Mochammad Zen Samsono Hadi ³, Prima Kristalina ⁴, Mike Yuliana ⁵, Aries Pratiarso ⁶, Haryadi Amran ⁷, Rahardita Widyatra ⁸, Amang Sudarsono ⁹, Mohamad Ridwan ¹⁰, Rini Satiti ¹¹, Norma Ningsih ^{12*}, Afifah Dwi Ramadhani ¹³

^{1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12*,13} Departemen Teknik Elektro, Politeknik Elektronika Negeri Surabaya, Kota Surabaya, Provinsi Jawa Timur, Indonesia.

Email: amang@pens.ac.id ¹, puja@pens.ac.id ², zenhadi@pens.ac.id ³, prima@pens.ac.id ⁴, mieke@pens.ac.id ⁵, aries@pens.ac.id ⁶, amran@pens.ac.id ⁷, widi@pens.ac.id ⁸, ida@pens.ac.id ⁹, ridwan@pens.ac.id ¹⁰, rini@pens.ac.id ¹¹, norma@pens.ac.id ^{12*}, afifah@pens.ac.id ¹³

Histori Artikel:

Dikirim 13 Desember 2023; *Diterima dalam bentuk revisi* 1 Januari 2024; *Diterima* 20 Januari 2024; *Diterbitkan* 31 Januari 2024. Semua hak dilindungi oleh Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat (LPPM) STMIK Indonesia Banda Aceh.

Abstrak

Peningkatan produksi pertanian menjadi prioritas utama dalam pembangunan pertanian. Ada banyak masalah pertanian yang harus dikelola. Salah satu cara untuk meningkatkan hasil produksi padi adalah dengan memperhatikan kondisi irigasi. Selain irigasi, kenaikan suhu juga mempengaruhi proses pembungaan dan pengisian gabah. Pada suhu tinggi, gabah sebagai hasil produksi pertanian padi akan mengapur, mengakibatkan penurunan jumlah gabah dan massa gabah. Lonjakan suhu juga dapat menurunkan tingkat viabilitas dan ukuran benih ketika benih tersebut mencapai stadia masak. Selain air dan udara, petani juga perlu memperhatikan pH dan kelembapan tanah. Banyak petani belum memiliki indikator yang akurat untuk mengetahui kualitas tanah, mayoritas petani hanya menggunakan perkiraan, penerapan metode perkiraan menyebabkan kualitas tanah di sawah tidak subur. Untuk mengatasi masalah tersebut dibuat sebuah alat untuk memprediksi kondisi lahan pertanian dengan mengambil data suhu, kelembapan, tekanan udara, pH tanah, kelembapan tanah, dan debit aliran air. Data kemudian dikirimkan ke database untuk ditampilkan di web server, sehingga para petani bisa memonitor kondisi lahan. Diharapkan hasil parameter yang diperoleh dapat digunakan sebagai salah satu tindakan preventif bagi petani apabila terjadi kondisi yang dapat menurunkan hasil produktivitas padi. Dengan begitu, kondisi lahan dapat terjaga sehingga gagal panen dapat diminimalisir. Alat ini akan diimplementasikan pada salah satu sawah penduduk Desa Kalipadang-Benjeng-Gresik. Berdasarkan data yang telah diambil menggunakan sensor npk dapat dilihat bahwa tanah basah memiliki kadar rata-rata NPK sebesar 29,3 (Nitrogen); 41 (Phospor); 82 (Kalium). Tanah lembap memiliki kadar NPK 28 (Nitrogen); 40 (Phospor); 82 (Kalium), dan tanah kering memiliki kadar NPK 27.5 (Nitrogen); 39.7 (Phospor); 79.1 (Kalium). Dapat dikatakan bahwa kelembapan tanah berbanding lurus terhadap kadar NPK.

Kata Kunci: Peningkatan Produksi Pertanian; Produktivitas Padi; Petani.

Abstract

Increasing agricultural production is a top priority in agricultural development. There are many agricultural problems to be managed. One way to increase rice production is to pay attention to irrigation conditions. In addition to irrigation, rising temperatures also affect the process of flowering and grain filling. At high temperatures, grain because of rice agricultural production will calcify, resulting in a decrease in grain quantity and grain mass. Temperature spikes can also reduce the viability and size of the seeds when they reach the ripe stage. Apart from water and air, farmers also need to pay attention to soil pH and humidity. Many farmers do not yet have accurate indicators to determine soil quality, most farmers only use estimates, the application of the estimation method causes the quality of the soil in paddy fields to be infertile. To overcome this problem, a tool is made to predict the condition of agricultural land by taking data on temperature, humidity, air pressure, soil pH, soil moisture, and water flow rate. The data is then sent to a database to be displayed on a web server, so that farmers can monitor land conditions. It is expected that the parameter results obtained can be used as a preventive measure for farmers when conditions occur that can reduce rice productivity. That way, the condition of the land can be maintained so that crop failure can be minimized. This tool will be implemented in one of the rice fields of the residents of Kalipadang-Benjeng-Gresik Village. Based on data taken using an NPK sensor, wet soil has an average NPK content of 29.3 (Nitrogen); 41 (Phosphorus); 82 (Potassium). Moist soil has an NPK level of 28 (Nitrogen); 40 (Phosphorus); 82 (Potassium), and dry soil has an NPK level of 27.5 (Nitrogen); 39.7 (Phosphorus); 79.1 (Potassium). It can be said that soil moisture is directly proportional to NPK levels.

Keywords: Increasing Agricultural Production; Rice Productivity; Farmers.

1. Pendahuluan

Pertanian Indonesia mencapai prestasi signifikan dengan masuk dalam peringkat 25 besar dunia menurut riset Food Sustainability Index (FSI) 2017, menjadikannya satu-satunya negara ASEAN yang meraih pencapaian tersebut. Pada bulan Juni 2016, Indonesia berada di peringkat 71 dari 133 negara di dunia (Balai Besar Litbang Sumber Daya Lahan Pertanian, 2017). Keberhasilan ini menjadi landasan yang kokoh bagi Indonesia, terutama mengingat industri pertanian merupakan salah satu pilar ekonomi utama (BPS, 2017). Kontribusi pertanian sebesar 13,70% terhadap Produk Domestik Bruto (PDB) nasional, menempatkannya sebagai sektor terbesar kedua setelah industri pengolahan yang menyumbang 19,88% (BPS, 2017). Analisis data dari website pertanian.go.id menunjukkan bahwa padi merupakan komoditas pertanian utama di Indonesia, diikuti oleh ubi, jagung, kacang-kacangan, dan lainnya. Dalam pembangunan pertanian, peningkatan hasil pertanian menjadi fokus utama. Sejumlah tantangan dalam pengelolaan pertanian perlu diatasi, dan salah satu pendekatan untuk meningkatkan produksi padi adalah dengan optimalisasi sistem pengairan di lahan pertanian (CANDRAKANTA, 2021). Ketersediaan air dalam pertanian padi menjadi kritis karena pengairan yang tidak memadai atau berlebihan dapat berdampak signifikan pada hasil panen. Oleh karena itu, penelitian produktivitas air dengan menerapkan teknologi irigasi menjadi penting untuk memastikan pemberian air yang efisien dan hasil pertanian yang optimal.

Tidak hanya pengairan, fluktuasi suhu udara juga memiliki dampak besar terhadap proses pertumbuhan tanaman, khususnya dalam fase pembungaan dan pengisian gabah. Pada kondisi suhu tinggi, risiko mengapurnya gabah, penurunan jumlah gabah, dan bobot gabah yang rendah dapat terjadi. Peningkatan suhu yang signifikan juga dapat mengurangi tingkat viabilitas dan ukuran benih, terutama saat benih mencapai fase matang (Khamid et al., 2019). Selain faktor air dan suhu, parameter lain seperti pH dan kelembapan tanah juga memainkan peran krusial dalam menentukan kualitas lahan pertanian. Banyak petani yang masih mengandalkan perkiraan untuk menilai kualitas tanah, yang dapat mengakibatkan ketidaksuburan lahan sawah (Wahyudianto *et al.*, 2013). Di tengah tantangan ini, penelitian ini mencoba menghadirkan solusi melalui inovasi teknologi. Sebagai tanggapan terhadap kendala yang dihadapi petani, penulis merancang sebuah alat monitor yang mengintegrasikan berbagai sensor untuk memantau kondisi lahan pertanian. Parameter yang diukur melibatkan suhu, kelembapan lingkungan, tekanan udara, pH tanah, kelembapan tanah, dan debit aliran air. Melalui perangkat monitor ini, diharapkan petani dapat mengambil tindakan preventif lebih cepat dan lebih efektif dalam menjaga kesehatan lahan pertanian, serta mengurangi risiko gagal panen (Sari, 2021). Implementasi alat ini akan diuji coba di salah satu lahan pertanian di Desa Kalipadang-Benjeng-Gresik.

Mengutip beberapa penelitian terkait, seperti yang dijabarkan oleh Prima (2021), teknologi memiliki peran signifikan dalam peningkatan kinerja pertanian. Fungsi teknologi dalam bidang pertanian mencakup penyebaran informasi, pemetaan, manajemen dan tatakelola, analisis data, dan pembelajaran. Konsep Smart Farming, yang merupakan sistem pertanian modern yang mengintegrasikan teknologi terkini, menjadi kunci untuk mendukung produktivitas hasil pertanian agar mencapai tingkat maksimal. Smart Farming bertujuan untuk mengelola dan memprediksi hasil panen, serta mengatasi tantangan yang dihadapi oleh petani (Prima, 2021). Di sisi lain, kajian pengelolaan sistem irigasi mikro oleh Prabowo dan Wiyono (2006) memberikan pandangan tentang praktik-praktik pengelolaan air yang dapat diadopsi atau diperluas dalam pemantauan pengairan melalui alat monitor pertanian. Prototipe alat monitoring untuk Smart Farming menggunakan LoRa dan panel surya, seperti yang dijelaskan oleh Sari (2021), dapat memberikan ide-ide implementatif terkait teknologi dan sumber daya energi. Sistem monitoring pengendalian pengairan berbasis Internet of Things (IoT), seperti FPLANT yang diusulkan oleh Lubis (2019), dan sistem monitoring tanaman hortikultura berbasis IoT di Indramayu (Sumarudin *et al.*, 2019) yang dapat diadopsi untuk meningkatkan fungsionalitas alat monitor pertanian.

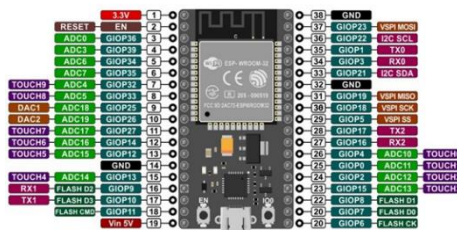
Dengan demikian, penelitian ini menawarkan sebuah solusi praktis untuk memanfaatkan teknologi dalam meningkatkan efisiensi dan hasil pertanian di Indonesia. Alat monitor yang diusulkan diharapkan dapat menjadi langkah awal menuju pertanian yang lebih berkelanjutan dan responsif terhadap perubahan lingkungan. Melalui penggabungan data dari berbagai sensor, petani dapat

memperoleh wawasan yang lebih mendalam tentang kondisi lahan mereka, memungkinkan mereka untuk mengambil tindakan yang lebih tepat waktu dan terinformasi. Sebagai gambaran lanjutan dari pemikiran ini, penelitian akan mengimplementasikan alat monitor ini pada lapangan di Desa Kalipadang-Benjeng-Gresik. Dengan melakukan uji coba di lapangan, diharapkan dapat diperoleh hasil yang lebih konkret mengenai efektivitas alat ini dalam mendukung pertanian lokal. Data dan temuan yang diperoleh dari implementasi lapangan akan menjadi dasar untuk evaluasi dan pengembangan lebih lanjut dari alat ini. Dengan adanya inovasi teknologi seperti alat monitor ini, diharapkan pertanian Indonesia dapat terus berkembang dan semakin berdaya saing di tingkat global. Penerapan teknologi dalam pertanian tidak hanya akan meningkatkan produktivitas, tetapi juga akan membantu menciptakan pertanian yang lebih efisien, berkelanjutan, dan responsif terhadap tantangan lingkungan. Dalam kerangka inilah, penelitian ini berusaha untuk memberikan kontribusi positif terhadap pembangunan pertanian di Indonesia.

2. Metode

2.1 ESP32

ESP 32 adalah mikrokontroler yang dikenalkan oleh Espressif System merupakan penerus dari mikrokontroler ESP8266. Pada mikrokontroler ini sudah tersedia modul WiFi dalam chip sehingga sangat mendukung untuk membuat sistem aplikasi Internet of Things. Pin pada modul ESP32 dapat dijadikan sebagai input atau output untuk menyalakan LCD, lampu, bahkan untuk menggerakkan motor DC. Pin-pin input dan outputnya ditunjukkan pada gambar 1.



Gambar 1. Pin I/O ESP32

Perbedaan ESP32 dengan mikrokontroler lain ditunjukkan pada tabel 1.

Tabel 1. Perbandingan ESP32 dan Mikrokontroler lain

	Arduino uno	Node MCU (ESP8266)	ESP 32
Tegangan	5 volt	3.3 volt	3.3 volt
CPU	A Tmega328-16MHz	Xtensa single core L106-60MHz	Xtensa dual core LX6-160MHz
Arsitektur	8 bit	32 bit	32 bit
Flas Memory	32Kb	16Mb	16Mb
SRAM	2Kb	160Kb	512Kb
GPIO Pin (ADC/DAC/)	14 (6/-)	17 (1/-)	36 (18/2)
Bluetooth	Tidak ada	Tidak ada	Ada
Wifi	Tidak ada	Ada	Ada
SPI/12C/UART	1/1/1	2/1/2	4/2/2

2.2 LoRa

LoRa adalah teknologi komunikasi yang dikembangkan oleh Semtech pada tahun 2012 yang menggunakan frekuensi radio UHF/UHF dengan modulasi unik, sedangkan LoRaWAN adalah sistem standar komunikasi LoRa yang memfasilitasi komunikasi antar *node*, *gateway*, dan *server web*, meskipun pembuatannya bervariasi. Lora EK-S76SXB ini sangat mudah digunakan karena di dalam

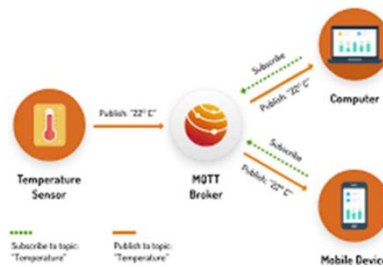
IC nya sendiri sudah termasuk MCU dari ST Microelectronics dengan part number STM32L073 dengan konsumsi daya yang sangat rendah.



Gambar 2. LoRa

2.3 MQTT

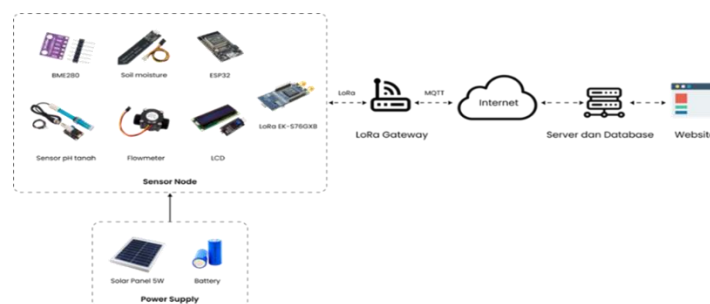
MQTT yaitu protokol untuk komunikasi yang bersifat machine to machine atau M2M dan bekerja di layer ketujuh atau aplikasi dan bersifat lightweight message. Meskipun koneksi dalam keadaan terputus, semua pesan yang dikirim akan terjamin oleh protokol MQTT. Metode komunikasi publish/subscribe merupakan metode pengiriman yang digunakan oleh protokol MQTT. Pesan pada MQTT dikirim ke broker dan berisi topik yang dikirimkan oleh publisher. Kemudian topik tadi diolah untuk diteruskan ke subscriber berdasarkan dari permintaan pengguna.



Gambar 3. Contoh Komunikasi menggunakan protocol MQTT

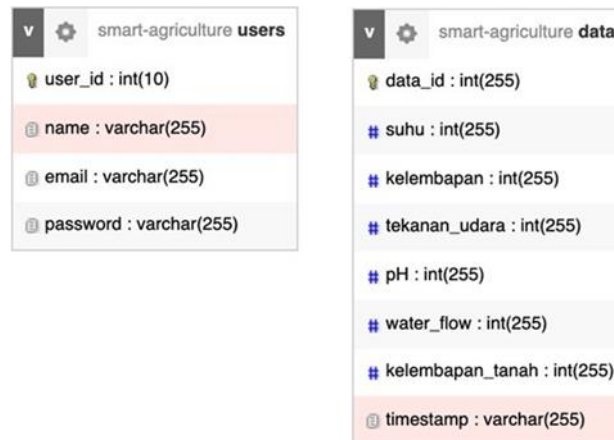
2.4 Detil Mekanisme Kegiatan

Studi literatur dilakukan dalam bentuk pemahaman konsep, teori, dan teknik. Ini akan digunakan dalam pembuatan sistem *monitoring* kondisi lahan pertanian budidaya padi. Literatur yang digunakan dalam bentuk literatur dari internet, artikel, ebook. Sistem *smart agriculture* ini terdiri dari rancangan sensor node, gateway, power supply dan website. Pada sensor node terdiri dari rangkaian ESP32, modul LoRa EK- S76GXB, sensor BME280, sensor soil moisture, sensor water flow, dan sensor pH tanah untuk memprediksi kondisi lahan padi. Parameter yang diambil berupa suhu ($^{\circ}\text{C}$) dan kelembapan (%), tekanan udara (hPa), kelembapan tanah (%), debit aliran air (m^3/s), pH tanah. Kemudian pada sisi software, menggunakan web server Thingsboard untuk menampilkan data-data yang didapat sensor dalam bentuk grafik maupun tabel. Alur kerja dari sistem ini dapat dilihat seperti pada gambar 4 berikut.



Gambar 4. Alur kerja sistem

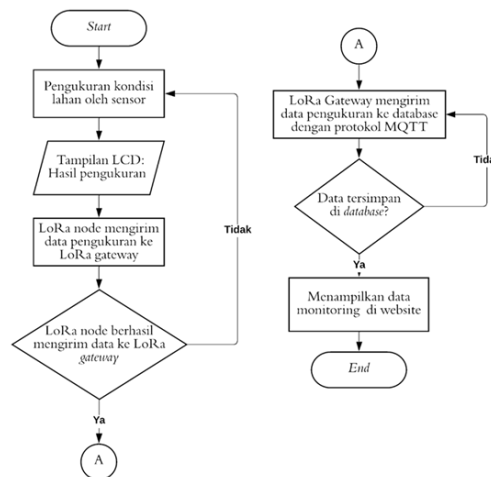
Gambar 5 menunjukkan struktur database yang akan digunakan dalam sistem *monitoring* kondisi lahan pertanian. Terdapat 2 tabel, masing-masing berisi data user dan data pengukuran.



Gambar 5. Struktur database

2.5 Implementasi sistem

Sistem yang akan dibuat memiliki alur kerja seperti *flowchart* pada gambar 6 berikut:



Gambar 6. *Flowchart* implementasi sistem

Cara kerja alat ini adalah sensor node dengan sensor membaca kondisi lahan pertanian dan mengolah data yang diterima di ESP32. *Output* ESP32 kemudian dikirim ke LoRa *gateway* menggunakan komunikasi LoRa. LoRa *gateway* mentransmisikan data yang diterimanya dari sensor node ke server dan database melalui protokol MQTT, dan menampilkannya ke website, sehingga user dengan mudah memperoleh informasi lahan. Selain ditampilkan di website, data juga ditampilkan pada LCD (*Liquid Crystal Display*) yang terpasang di sensor node. Solar Panel 5W digunakan sebagai sumber tegangan untuk mendukung sistem tersebut.

2.6 Pengujian Sistem

Sensor yang akan digunakan untuk pengujian adalah sensor BME280 untuk mengukur kelembapan, suhu, dan tekanan udara. Sensor soil moisture untuk mengukur kelembapan tanah, sensor pH tanah untuk mengukur nilai pH tanah. Ada juga sensor water flow untuk mendeteksi debit aliran air yang mengalir di lahan pertanian. Pengujian sensor-sensor tersebut dilakukan pada serial

monitor. Pengujian tampilan data ke LCD dilakukan untuk memastikan bahwa data yang diperoleh sensor node dapat ditampilkan dengan benar setiap jam. Pengujian pengiriman data dilakukan untuk memastikan bahwa data pengukuran yang diperoleh sensor node setiap jam dapat dikirimkan dengan benar ke LoRa *Gateway* menggunakan LoRa Node *EK-S76GXB*. Kemudian LoRa *Gateway* dapat mengirim dan menyimpan data pengukuran ke database.

Website yang digunakan untuk menampilkan hasil pengukuran adalah *Thingsboard*. Pengujian ini dilakukan untuk memastikan bahwa *website* dapat menampilkan data dari *database* dengan baik. Pengujian integrasi sistem dilakukan untuk memastikan bahwa alat yang dibuat sesuai dengan yang diharapkan dan setiap komponen yang digunakan dapat berfungsi dengan baik. Pengujian pada sawah penduduk dilakukan langsung di lahan pertanian untuk memastikan bahwa sistem yang telah terintegrasi dapat berfungsi dengan baik saat mengambil data setiap jam dalam berbagai kondisi lingkungan.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Perancangan dan Implementasi Sistem

Prinsip kerja alat ini dikelompokkan menjadi 3 bagian utama, yaitu proses input, pengolahan data, dan output. Proses input diperoleh melalui sensor BME 280 untuk mengetahui suhu, kelembapan dan tekanan udara, sensor soil moisture untuk mengetahui kelembapan tanah, sensor NPK untuk mengetahui kadar nitrogen, fosfor, dan kalium pada tanah, sensor pH tanah untuk mengetahui tingkat keasaman tanah, serta sensor water flow untuk mendeteksi aliran air. Modul solar panel dan baterai berfungsi untuk memberikan daya pada sensor node. Proses selanjutnya yaitu pengolahan data oleh mikrokontroler dari sensor.

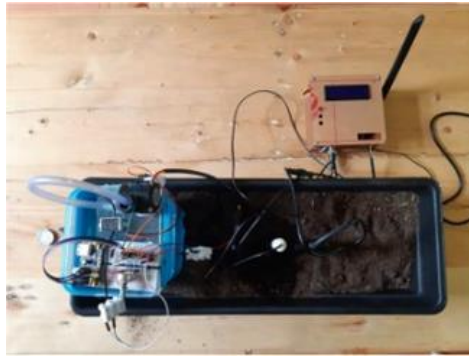
Untuk proses pengolahan data dari sensor, digunakan board ESP32 sehingga dapat menghasilkan output berupa klasifikasi data lingkungan. Selanjutnya proses output dari sistem ini dikirimkan dari LoRa (*client*) ke *gateway*. Setelah data diterima *gateway*, data akan dikirim ke web server menggunakan protokol MQTT. Alat ini dirancang untuk sawah tadah hujan untuk mendeteksi kondisi lahan sawah. Sensor-sensor yang digunakan akan dipasang pada sawah untuk mengetahui kondisi dari sawah. Adapun parameter yang akan dideteksi adalah kelembapan tanah, suhu, kelembapan udara, tekanan udara dan pH tanah, NPK. Kelima parameter tersebut merupakan beberapa hal yang bisa dijadikan parameter untuk indikator kesesuaian dari sawah tadah hujan. Klasifikasi kondisi lingkungan dimulai dari S1 (sangat sesuai), S2 (sesuai), S3 (Marginal) dan N (tidak sesuai) yang merupakan kondisi lahan tidak ideal. Hasil data ini akan mempermudah proses pemantauan kondisi sawah. Apabila kondisi sawah dalam keadaan tidak ideal, maka pemilik sawah lebih tanggap dalam penanganannya sehingga dapat meminimalisir kemungkinan gagal panen.

1) Algoritma

- a) Sensor membaca data lahan dan lingkungan
- b) Mikrokontroler mengolah data yang didapat
- c) Menampilkan data pada LCD
- d) Mengirimkan data menggunakan komunikasi LoRa ke *gateway*
- e) LoRa *Gateway* mengirimkan data ke webserver
- f) Web server mengelola data dari Gateway
- g) API terkoneksi dengan website
- h) Website menampilkan data dan diklasifikasikan menggunakan kelas kesesuaian lahan.

3.2 Pengujian Kondisi Tanah

Pengujian dilakukan dengan cara simulasi pada media tanam yang diasumsikan sebagai lahan padi.



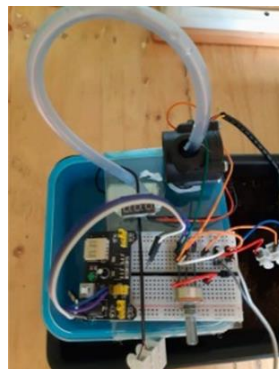
Gambar 7. Setup Pengujian Kinerja Sensor

Dapat dilihat sensor untuk pengukuran data lahan ditancapkan kedalam tanah yang ditempatkan pada sebuah pot. Sensor tersebut meliputi sensor soil moisture, pH meter, NPK. Sensor pengukuran data lingkungan dipasang pada device sensor node. Detail pemasangan sensor lebih detail dapat dilihat pada gambar 8.



Gambar 8. Setup Pemasangan Sensor Pengukuran Lahan

Sedangkan sensor *water flow* disimulasikan dengan mengalir air menggunakan pompa air DC seperti yang terlihat pada gambar 9 berikut.



Gambar 9. Setup Pemasangan Sensor *Water Flow*

Dalam pengimplementasian terlihat pada gambar 9 sensor node dan *power supply* dipasang pada pipa PVC.



Gambar 9. Alat Monitoring

Pengujian sensor BME280 dilakukan pada waktu pagi, siang, dan sore hari untuk mengetahui kinerja dari sensor ini. Pengujian dilakukan dengan interval 1 menit. Namun data yang disajikan merupakan rata-rata pengumpulan data perjam, yang dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 2. Pengujian sensor BME280 pada pagi hari

No	Pukul	Temperature (°C)	Humidity (%)	Pressure (hPa)
1	06.36	27.62	71.90	1001.92
2	07.36	28.02	73.11	1002.56
3	08.36	28.57	71.43	1002.71
4	09.36	29.07	69.84	1002.72
5	10.36	29.56	68.26	1002.17

Tabel 3. Pengujian sensor BME280 pada siang hari

No	Pukul	Temperature (°C)	Humidity (%)	Pressure (hPa)
1	11.36	30.11	66.98	998.50
2	12.36	30.57	65.92	1000.19
3	13.36	30.65	66.42	999.32
4	14.36	30.91	64.97	998.71
5	15.36	30.90	65.56	998.80

Tabel 4. Pengujian sensor BME280 pada sore hari

No	Pukul	Temperature (°C)	Humidity (%)	Pressure (hPa)
1	16.36	30.82	67.70	999.18
2	17.36	30.68	68.65	999.79
3	18.36	30.42	67.82	1000.46
4	19.36	30.22	66.32	1001.28
5	20.36	29.97	68.17	999.50

Dari data hasil pembacaan sensor, dapat dilihat terdapat perbedaan data yang diambil pada pagi hari, siang hari, dan sore hari. Perbedaan data dipengaruhi oleh kondisi cuaca. Hasil yang didapatkan yakni semakin tinggi temperatur kondisi cuaca, maka nilai kelembapan udara semakin rendah dan apabila nilai temperatur semakin rendah maka nilai kelembapan udara semakin tinggi, atau dapat dikatakan temperatur udara berbanding terbalik dengan kelembapan udara. Hal ini dikarenakan tingginya suhu udara mengakibatkan pengembunan molekul yang menyebabkan kelembapan udara

menjadi rendah. Dengan adanya perbedaan hasil pembacaan data pada beberapa kondisi yang berbeda, maka telah terbukti bahwa sensor bekerja dengan sensitivitas yang baik.

3.3 Sensor NPK

Pembacaan sensor NPK memiliki 3 luaran parameter, yaitu Nitrogen, Phospor, dan Kalium. Skema pengujian sensor ini dilakukan pada 3 kondisi tanah yang berbeda, yaitu tanah kering, lembap, dan basah. Pada pengujian ini akan dilihat bagaimana pengaruh tingkat kelembapan tanah terhadap kadar NPK. Data menunjukkan bahwa tingkat kelembapan tanah berpengaruh terhadap kadar NPK pada tanah, dimana semakin tinggi kelembapan tanah, maka semakin tinggi pula tingkat NPK. Data-data tersebut disajikan pada tabel berikut.

Tabel 5. Pembacaan Sensor NPK pada Tanah Kering

No.	Nitrogen	PHospor	Kalium
1.	27	39	77
2.	27	39	77
3.	27	39	77
4.	27	40	80
5.	27	40	80
6.	28	40	80
7.	28	40	80
8.	28	40	80
9.	28	40	80
10.	28	40	80

Tabel 6. Pembacaan Sensor NPK pada Tanah Lembap

No.	Nitrogen	PHospor	Kalium
1.	28	40	80
2.	28	40	80
3.	28	40	80
4.	28	40	80
5.	28	40	80
6.	28	40	80
7.	28	40	80
8.	28	40	80
9.	28	40	80
10.	28	40	80

Tabel 7. Pembacaan Sensor NPK pada Tanah Basah

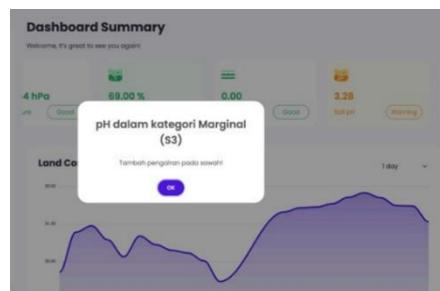
No.	Nitrogen	PHospor	Kalium
1.	29	41	82
2.	29	41	82
3.	29	41	82
4.	29	41	82
5.	29	41	82
6.	29	41	82
7.	29	41	82
8.	30	41	82
9.	30	41	82
10.	30	41	82

Berdasarkan data yang telah diambil dapat dilihat bahwa tanah basah memiliki kadar rata-rata NPK sebesar 29,3 (Nitrogen), 41 (Phospor), 82 (Kalium). Tanah lembap memiliki kadar NPK 28 (Nitrogen), 40 (Phospor), 82 (Kalium), dan tanah kering memiliki kadar NPK 27.5 (Nitrogen), 39.7

(Phospor), 79.1 (Kalium). Dapat dikatakan bahwa kelembapan tanah berbanding lurus terhadap kadar NPK.

3.4 Pengujian Rangkaian Integrasi

Setelah semua sensor telah diuji dan berfungsi dengan baik, maka selanjutnya adalah mengintegrasikan seluruh sensor dengan mikrokontroler ESP32. Dengan rangkaian yang telah terintegrasi, maka sistem dapat membaca beberapa data sekaligus secara nonstop dan kemudian mengirimkannya pada Gateway dengan interval waktu 10 detik. Setelah diintegrasikan seluruh sensor maka sistem dapat membaca data lingkungan dan lahan berupa temperature, humidity, pressure, soil moisture, soil pH, NPK, dan flowmeter. Maka dari datayang dihasilkan petani dapat mengetahui kondisi lahannya dan dapat melakukan tindakan preventif untuk mencegah terjadinya gagal panen dengan melihat saran yang ada pada pop-up website. Seperti yang tertampil pada gambar 10 berikut.



Gambar 10. Pop-up Kelas Kondisi Lahan dan Solusi

Pengklasifikasian kondisi lahan tersebut diolah pada sisi website. Data yang didapat dibandingkan dengan nilai dari tabel kelas kesesuaianlahan padi.

3.5 Implementasi pada Sawah Tadah Hujan

Setelah melakukan pengujian dan memastikan alat dan sistem bekerja dengan baik maka tahap selanjutnya adalah melakukan implementasi alat pada sawah tadah hujan. Adapun dokumentasi implementasi pada sawah tadah hujan adalah seperti gambar 11.



Gambar 11. Implementasi pada Sawah Tadah Hujan





4. Kesimpulan

Peningkatan hasil pertanian menjadi prioritas utama dalam pembangunan pertanian. Banyak masalah pertanian yang harus dikelola, salah satu cara meningkatkan produksi tanaman padi adalah dengan memperhatikan pengairan di lahan. Ketersediaan air dalam pertanian padi harus mendapat perhatian yang serius sebab pengairan yang kurang atau berlebihan akan berpengaruh pada hasil pertanian. Kajian produktivitas air dengan adanya input teknologi irigasi dilakukan agar dapat diketahui pemberian air yang efisien dan mendapatkan produksi yang optimum. Selain pengairan, meningkatnya suhu udara juga mempengaruhi proses pembungaan dan pengisian gabah. Pada suhu udara tinggi gabah sebagai hasil produksi pertanian padi akan mengapur, jumlah gabah berkurang dan bobot gabah menurun. Berinovasi untuk membuat alat yang dapat digunakan untuk *monitoring* kondisi lahan pertanian dengan mengintegrasikan sensor-sensor yang digunakan dalam satu sistem. Parameter yang diambil adalah suhu, kelembapan lingkungan, tekanan udara, pH tanah, kelembapan tanah dan debit aliran air.

Dengan adanya alat *monitoring* ini diharapkan menjadi solusi dalam upaya tindakan preventif petani dalam menjaga kondisi lahan sehingga dapat meminimalisir terjadinya gagal panen. Alat ini akan diimplementasikan pada salah satu sawah penduduk Desa Kalipadang-Benjeng-Gresik. Prinsip kerja alat ini dikelompokkan menjadi 3 bagian utama, yaitu proses input, pengolahan data, dan output. Adapun parameter yang akan dideteksi adalah kelembapan tanah, suhu, kelembapan udara, tekanan udara dan pH tanah, NPK. Kelima parameter tersebut merupakan beberapa hal yang bisa dijadikan parameter untuk indikator keseuaian dari sawah tadah hujan. Klasifikasi kondisi lingkungan dimulai dari S1 (sangat sesuai), S2 (sesuai), S3 (Marginal) dan N (tidak sesuai) yang merupakan kondisi lahan tidak ideal. Hasil data ini akan mempermudah proses pemantauan kondisi sawah. Apabila kondisi sawah dalam keadaan tidak ideal, maka pemilik sawah lebih tanggap dalam penanganannya sehingga dapat meminimalisir kemungkinan gagal panen. Berdasarkan data yang telah diambil menggunakan sensor NPK dapat dilihat bahwa tanah basah memiliki kadar rata-rata NPK sebesar 29,3 (Nitrogen), 41 (Phospor), 82 (Kalium). Tanah lembap memiliki kadar NPK 28 (Nitrogen), 40 (Phospor), 82 (Kalium), dan tanah kering memiliki kadar NPK 27.5 (Nitrogen), 39.7 (Phospor), 79.1 (Kalium). Dapat dikatakan bahwa kelembapan tanah berbanding lurus terhadap kadar NPK. Saran dan Rekomendasi untuk penelitian selanjutnya adalah pengembangan pada alat dapat dibuat dalam versi aplikasi *smartphone* yang dapat diakses melalui Android maupun iOS. Selain itu, Alat sistem *monitoring*

dapat dikembangkan lagi dengan menambah beberapa sensor yang dapat menunjukkan kondisi lahan secara detail, sehingga informasi yang diperoleh petani lebih mudah dipahami.

5. Daftar Pustaka

- Augustin, J. Yi, T. Clausen, and W. M. Townsley. (2016). A Study of LoRa: Long Range & Low Power Networks for the Internet of Things. *Sensors*, 16(9).
- B. CANDRAKANTA. (2021). Pengaruh Leverage, Profitabilitas, Intensitas Modal dan Corporate Governance Terhadap Penghindaran Pajak Pada Perusahaan Pertambangan dan Pertanian Yang Terdaftar Di Bursa Efek Indonesia, 7, 6.
- Badan Ketahanan Pangan Dan Penyuluh Pertanian Aceh Bekerja Sama Dengan Balai Pengkajian Teknologi Pertanian Nad, Budidaya Tanaman Padi. (2009).
- Balai Besar Litbang Sumber Daya Lahan Pertanian. (2017). Pertanian Indonesia Masuk Peringkat 25 Besar Dunia. Tersedia: https://bbsdlp.litbang.pertanian.go.id/ind/index.php?option=com_content&view=article&id=656:pertanian-indonesiamasukperingkat-25-besar-dunia1&catid=129&Itemid=305. Diakses pada 27 Oktober 2021.
- Bosch Sensortec. *BME280*. Tersedia: <https://www.boschsensortec.com/products/environmental-sensors/humidity-sensors-bme280/>. Diakses pada 3 Januari 2022.
- D. Amandasari and E. Noersasongko. Sistem Informasi Penjualan Online Obat Pertanian pada UD. Rizki Abadi Pati. *Universitas Dian Nusantoro*.
- D. F. Putra and S. Stefanus. (2019). Kajian Literatur –Penggunaan Sensor Waterflow Pada proses Pencampuran Cairan dalam Industri. *Ultima Computing: Jurnal Sistem Komputer*, 11(1), 20–23.
- D. K. Wahyudianto, G. S. Rahmat, M. Masrur, R. I. Permana, and L. Abidin. (2013). Perancangan Alat Bantu Indikator Kualitas Tanah Dengan Parameter Resistivitas Tanah Dan Ph Tanah Untuk Tanaman Padi. *Pekan Ilmiah Mahasiswa Nasional Program Kreativitas Mahasiswa - Karsa Cipta*.
- D. Sari. (2021). Prototype Alat Monitoring Suhu, Kelembapan dan Kecepatan Angin Untuk Smart Farming Menggunakan Komunikasi LoRa dengan Daya Listrik Menggunakan Panel Surya. *Kilat*, 10(2).
- DFRobot. *PH_meter_SKU_SEN0161_*. Tersedia: [https://wiki.dfrobot.com/PH_meter_SKU_SEN0161_](https://wiki.dfrobot.com/PH_meter_SKU_SEN0161_). Diakses pada 6 Januari 2022.
- E. Prima (Ed.). (2021). Ciptakan aplikasi Pembaca Cuaca Untuk Petani, DosenUGM: Perkecil gagal panen. *Tempo*. Tersedia: <https://tekno.tempo.co/read/1454413/ciptakan-aplikasi-pembaca-cuaca-untuk-petanidosen-ugm-perkecil-gagal-panen>. Diakses pada 11 Januari 2022.

- G. Bucci, M. Faccio and C. Landi. (1997). The implementation of a smart sensor based on a piece-linear A/D converter. *IEEE Instrumentation and Measurement Technology Conference Sensing, Processing, Networking, IMTC Proceedings, 1173-1177 vol.2*. doi: 10.1109/IMTC.1997.612385.
- G. H. Prathama, D. Andaresta, and K. Darmaastawan. (2021). Instalasi framework IOT berbasis platform thingsboard di ubuntu server. *TIERS Information Technology Journal, 2(2)*, 1–9.
- H. A. Nugraha and M. Chistianti J. (2013). Sistem Informasi Hasil Pertanian Lembaga Pusat Pelayanan dan Konsultasi Agrabisnis. *KNSI17, STMIK Bumigora Mataram, 14-16 Feb*.
- H. S. Lestari. (2020). Pertanian Cerdas Sebagai Upaya Indonesia Mandiri Pangan. *AGRITA (AGri), 2(1)*, 55. doi: 10.35194/agri.v2i1.983.
- H. Yang, Y. Qin, G. Feng, and H. Ci. (2013). Online Monitoring of Geological CO₂ Storage and Leakage Based on Wireless Sensor Networks. *IEEE Sensors Journal, 13(2)*, 556-562. doi: 10.1109/JSEN.2012.2223210.
- Hafeez, S., & Hasnu, S. (2010). Customer satisfaction for cellular phone in Pakistan: A case study of Mobilink. *Business and Economics Research Journal, 1(3)*, 35-44.
- Kusbiono Wisnu Pambudi, Jusak, Pauladie Susanto. (2014). Rancang Bangun Wireless Sensor Network untuk Monitoring Suhu dan Kelembaban pada Lahan Tanaman Jarak. *Journal of Control and Network Systems, 3(2)*, 09-17.
- M. B. R. Khamid, A. Junaedi, I. Lubis, dan Y. Yamamoto. (2019). Respon Pertumbuhan dan Hasil Padi (*Oryza sativa* L.) terhadap Cekaman Suhu Tinggi. *J. Agron. Indonesia, 47(2)*, 119-125.
- Maier, A. Sharp, and Y. Vagapov. (2017). Comparative analysis and practical implementation of the ESP32 microcontroller module for the internet of things. *2017 Internet Technologies and Applications (ITA)*, 143-148. doi: 10.1109/ITECHA.2017.8101926.
- Prabowo A. Wiyono J. (2006). Pengelolaan Sistem Irigasi Mikro Untuk Tanaman Hortikultura dan Palawija. *J. Enj. Pertan., IV(2)*.
- R. A. Light. (2017). Mosquitto: Server and client implementation of the MQTT protocol. *The Journal of Open Source Software, 2(13)*, 265.
- S. A. Jaya. (2021). Analisis Umur Pakai Baterai Lithium Iron Phosphate (LifePO₄) Berdasarkan Tingkat Dod dan Variasi Charge/Discharge Daya Baterai. *Antares*. Tersedia: <https://antares.id/id/docs.html>.
- Sumarudin, W. Putra, E. Ismantohadi, S. Supardi, and M. Qomarrudin. (2019). SISTEM MONITORING TANAMAN HORTIKULTURA PERTANIAN DI KABUPATEN INDRAMAYU BERBASIS INTERNET OF THINGS. *JATI, 9(1)*, 45-54.
- T. M. Lubis. (2019). FPLANT: SISTEM MONITORING PENGENDALIAN PENGAIRAN DAN KONSULTASI BUDIDAYA PERTANIAN BERBASIS INTERNET OF THINGS (IOT). *Universitas Gadjah Mada*.
- Techship. *AcSIP S76GXB Developer Kit*. Tersedia: <https://techship.com/products/acsip-s76gxb-developer-kit>. Diakses pada 8 Januari 2022.