Rancang Bangun Sistem Monitoring Pertanian Cerdas Berbasis LoRa Untuk Pemantauan Kondisi Persawahan Secara *Real-Time*

Faizal Rahmansyah[1], Prihadi Murdiyat[2], Rusda[3]
Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Samarinda
pmurdiyat@polnes.ac.id

Abstrak- **Dalam bidang pertanian, teknologi pertanian cerdas atau *smart agriculture system* telah menjadi perhatian utama dalam upaya meningkatkan produktivitas pertanian. Pertanian cerdas mempunyai peran besar dalam mencapai pertanian presisi, yang dikenal sebagai masa depan pertanian. Penelitian ini bertujuan untuk merancang sistem monitoring pertanian cerdas berbasis teknologi Long Range (LoRa) yang mampu memantau kondisi persawahan dalam area yang luas di Kalimantan Timur secara *real-time*. Penelitian kemampuan LoRa di kondisi pertanian daerah Kalimantan Timur yang spesifik dapat memberikan kontribusi tentang kemudahan dan tantangan yang dihadapi ketka menerapkan teknologi sistem monitoring pertanian cerdas. Sistem ini terdiri dari node sensor yang mengukur parameter lingkungan seperti kelembaban tanah, pH tanah, suhu, kecepatan angin, kelembaban udara, dan tekanan udara. Data yang dikumpulkan oleh node sensor dikirim ke Node Master melalui komunikasi LoRa. Node Master kemudian mengintegrasikan data tersebut dengan Node-RED Dashboard untuk pemantauan visual dan menyimpan data di Google Spreadsheet untuk analisis lebih lanjut. Pengujian dilakukan di Desa Manunggal Jaya, Kabupaten Kutai Kartanegara, Kalimatan Timur untuk mengevaluasi RSSI, akurasi sensor, dan kestabilan *database*. Pengujian juga menunjukkan bahwa peningkatan jarak antara pengirim (Node Sensor) dan penerima (Node Master) menyebabkan nilai RSSI menurun. Penurunan RSSI tidak terjadi secara linear dengan nilai terendah tercatat sebesar -91,70 dBm, yang masih berada jauh di atas batas sensitivitas minimum modul LoRa (-139 dBm). Pengiriman data dari Node Sensor ke *database* melalui Node Master berjalan dengan baik, meskipun ada beberapa nilai yang tidak wajar pada awal pengoperasian. Sistem *database* menggunakan Google Spreadsheet mampu mengumpulkan, menyimpan, dan menampilkan data secara akurat selama periode satu tahun, menunjukkan bahwa sistem dapat menangani volume data yang besar dalam jangka waktu panjang.**

Kata Kunci: Pertanian cerdas, LoRa, pemantauan real-time, sensor lingkungan, Node-RED, database

I. PENDAHULUAN

Desa Manunggal Jaya, yang terletak di Kabupaten Kutai Kertanegara, memiliki potensi besar dalam sektor pertanian, khususnya lahan persawahan atau perkebunan, karena mempunyai lahan pertanian seluas 280 hektar. Saat ini, sebagian besar petani di desa tersebut masih mengandalkan metode pertanian tradisional yang bergantung pada pengalaman dan intuisi. Tidak adanya data pengukuran secara langsung dan pemantauan kondisi pertanian mengakibatkan penggunaan sumber daya seperti air dan pupuk, menjadi tidak efisien, sehingga dapat menyebabkan penurunan hasil panen.

Sementara itu, teknologi pertanian cerdas atau *smart agriculture system* telah menjadi perhatian utama dalam upaya meningkatkan produktivitas pertanian, karena mampu melakukan pengukuran parameter seperti kelembaban tanah, pH tanah, suhu, kecepatan angin yang sangat mempengaruhi baik tidaknya hasil panen yang akan diperoleh. Dengan mengetahui parameter-parameter tersebut proses penanaman, pemeliharaan, pemupukan, dan panen dapat diatur lebih baik untuk mendapatkan hasil panen dengan kuantitas dan kualitas maksimal. Parameter-parameter yang diukur biasanya dikirim secara otomatis melalui jaringan komunikasi data seperti *internet of things* (IoT) menuju komputer atau pusat data untuk dianalisa.

Untuk membentuk jaringan IoT yang dapat diterapkan pada sektor pertanian dengan lahan yang luas seperti di Desa Manunggal Jaya, teknologi radio *Long-Range* (LoRa) dapat dipilih karena menawarkan konektivitas jarak jauh dengan konsumsi daya yang rendah. Teknologi LoRa digunakan dalam sistem pertanian untuk mengirim data kelembapan dan pH tanah, terdapat Node Sensor yang mengumpulkan data dan mengirimkannya ke Node Master melalui LoRa. Data kemudian diproses oleh Node-RED, yaitu antarmuka pengguna yang memungkinkan pengguna untuk melakukan pemantauan kondisi pertanian. Selanjutnya, data akhirnya disimpan dalam Google Spreadsheet untuk pelacakan dan analisis lebih lanjut. Dengan ini, petani dapat memantau kondisi tanah secara *real-time* dan mengoptimalkan pengelolaan pertanian mereka.

Dalam konteks sistem *monitoring* pertanian cerdas berbasis LoRa, beberapa permasalahan yang muncul antara lain adalah keterbatasan akses petani terhadap teknologi canggih dan pemahaman yang cukup tentang cara mengoperasikan sistem tersebut. Selain itu, infrastruktur yang kurang mendukung di beberapa daerah juga menjadi hambatan dalam implementasi teknologi ini secara luas.

Untuk mengatasi permasalahan tersebut, penting untuk memberikan pencerdasan dan pendampingan kepada petani dalam penggunaan teknologi pertanian cerdas berbasis LoRa. Selain itu, perlu dilakukan peningkatan infrastruktur di daerah pedesaan untuk mendukung implementasi teknologi ini, seperti penyediaan akses internet yang stabil dan infrastruktur komunikasi yang memadai. Dengan langkah-langkah ini, diharapkan petani dapat memanfaatkan teknologi pertanian cerdas berbasis LoRa secara optimal untuk meningkatkan produktivitas dan kesejahteraan petani.

Submitted: 10/06/2025; Revised: 29/06/2025;
Accepted: 29/06/2025; Online first 29/06/2025
https://doi.org/10.46964/poligrid.v6i1.62

LoRa [1] merupakan teknologi komunikasi nirkabel yang mampu mentransmisikan data jarak jauh dengan konsumsi daya yang sangat rendah., sehingga cukup tepat untuk diterapkan di area persawahan yang luas dan terpencil, di mana infrastruktur komunikasinya tidak memadai. Dengan jangkauan komunikasi yang luas dan ketahanan terhadap gangguan, LoRa sangat cocok untuk diimplementasikan dalam sistem *smart farming* di area persawahan yang luas dan terpencil seperti di Desa Manunggal Jaya.

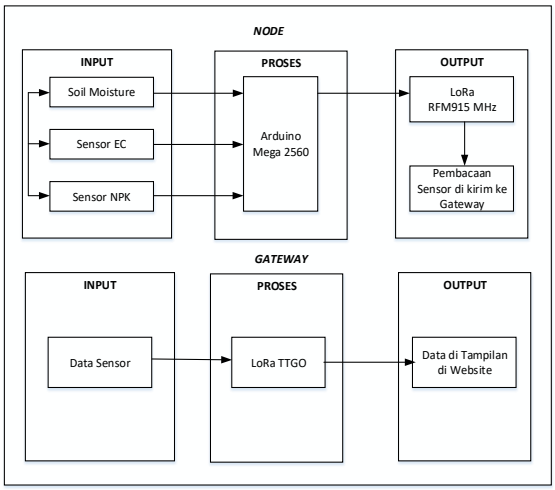
Penelitian ini bertujuan untuk merancang sistem *monitoring* kondisi pertanian di area luas, yang belum pernah dilakukan di Kalimantan Timur. Kontribusi hasil penelitian dapat memberikan wawasan tentang potensi dan keterbatasan teknologi LoRa dalam mendukung implementasi *smart farming* yang lebih luas di wilayah lain dengan kondisi serupa. Selain itu juga menunjukkan bagaimana teknologi LoRa, NodeRED, dan Google Spreadsheet diuji langsung di lingkungan pertanian yang nyata dengan cakupan multisensor.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Penelitian Terdahulu

Penelitian tentang penggunaan teknologi LoRa dalam sistem pertanian cerdas telah banyak dilakukan, menunjukkan berbagai keunggulan dan potensi aplikasi dalam meningkatkan produktivitas dan efisiensi pertanian.

Salah satu penelitian terdahulu yang relevan dengan implementasi teknologi pertanian cerdas, dilakukan oleh Alfarani Sari Dewi *et.all* tahun 2023. Penelitian tersebut berupa rancang bangun *agriculture node* untuk *monitoring* kualitas tanah berbasis Lora AS923-2 guna mendukung penelitian *integrated smart farming* di Laboratorium Inacos Universitas Telkom. *Agriculture* Node Sensor pada penelitian tersebut bertanggung jawab untuk pengukuran, pemrosesan dan pengiriman data menuju *gateway.* Pengiriman data, menggunakan *transceiver wireless* Lora AS923-2. Dari hasil pengujian, perangkat *Agriculture* ini mampu membaca nilai pada setiap sensornya dan dapat mengambil data dari tiap – tiap sensor [2]. Dari penelitian tersebut dapat diadaptasi konsep Node Sensor dan Node Master berbasis LoRa untuk sistem pertanian cerdas, seperti diagram sistem dari konsep *Agriculture Node System* pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram konsep dari *Agriculture Node System* [2]

Penelitian oleh Hye Won Yoon *et all*. tahun 2020 berjudul "L&M *Farm*" mengembangkan sistem pertanian cerdas berbasis LoRa dan MQTT [3]. Sistem ini menggabungkan teknologi LoRa dan *Message Queue Telemetry Transport* (MQTT) untuk pertanian cerdas, menggunakan dua board Arduino dengan Dragino LoRa Hat. Salah satu *board* terhubung ke sensor kelembapan tanah dan sensor DHT11, sementara yang lain terhubung ke *aktuator* irigasi. Raspberry Pi digunakan untuk memperoleh data cuaca melalui *Open WeatherAPI*, dan sistem ini dilengkapi dengan aplikasi berbasis web untuk memudahkan pengelolaan oleh petani. kombinasi teknologi LoRa dan MQTT memungkinkan pemantauan dan pengelolaan pertanian secara *real-time* dengan jangkauan luas dan konsumsi daya rendah. Sistem ini meningkatkan efisiensi irigasi dan pemantauan lingkungan, serta mempermudah petani dalam pengelolaan lahan melalui integrasi data cuaca dan aplikasi web.

B. Long Range

LoRa, yang merupakan kependekan dari *long range*, adalah teknologi nirkabel yang dirancang untuk menciptakan jaringan komunikasi jarak jauh. Ketika kebanyakan teknologi nirkabel umumnya menggunakan modulasi *frequency shift keying* (FSK) sebagai lapisan fisik karena efisiensinya yang tinggi untuk mendapatkan daya yang rendah, LoRa menggunakan modulasi *chirp spread spectrum* (CSS), yang mempertahankan efisiensi daya rendah seperti FSK, tetapi secara signifikan dapat memperpanjang jangkauan komunikasi. Komunikasi LoRa dapat mencapai jarak yang sangat jauh, bahkan hingga beberapa puluh kilometer, memungkinkan stasiun untuk berkomunikasi dengan *gateway* dalam satu jangkauan. Namun, jangkauan LoRa sangat dipengaruhi oleh kondisi lingkungan termasuk *noise* dan penghalang (*obstacle*) di lokasi [4].

Modulasi CSS merupakan teknologi komunikasi yang memanfaatkan *chirp* atau kicauan sebagai pembawa informasi atau data. Penggunaan CSS dipengaruhi oleh *bandwidth* dan *spreading factor,* yang menentukan kinerja dan jangkauan komunikasi. Semakin besar *bandwith* yang digunakan, maka ukuran data yang dapat dikirimkan akan semakin besar, hal ini berpengaruh terhadap *delay* yang dihasilkan, sehingga data

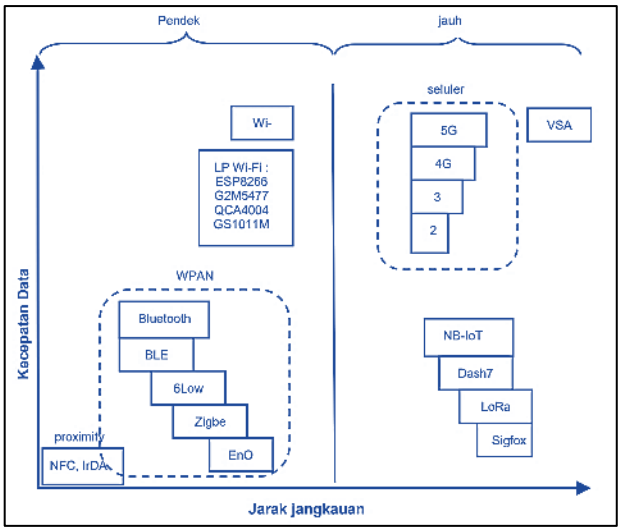
Submitted: 10/06/2025; Revised: 29/06/2025;
Accepted: 29/06/2025; Online first 29/06/2025
https://doi.org/10.46964/poligrid.v6i1.62

akan lebih cepat sampai apabila nilai *bandwith* yang digunakan besar [5].

S*preading factor* (SF) mengacu pada jumlah bits yang di-enkode pada setiap simbol, nilai SF dapat berkisaran antara 7 hingga 12. *Spreading factor* mempengaruhi kecepatan dan waktu pengiriman data. Penggunaan SF yang tinggi dapat mengurangi *presentase packet loss,* namun dapat memperpanjang waktu pengiriman data. Teknologi ini dapat beroperasi pada frekuensi khusus yang dialokasikan untuk keperluan industri, sains, dan medis atau disingkat (ISM) yaitu frekuensi 433 MHz, 868 MHz, atau 915 MHz, tergantung pada alokasi frekuensi yang ditentukan oleh negara bersangkutan [5].

Pengaplikasian LoRa sangat beragam di berbagai bidang, tertama dalam konteks *Machine to Machine* (M2M). Salah satu contohnya adalah pengembangan *smart city.* Dalam bidang kelistrikan, LoRa memungkinkan pemantauan penggunaan energi dan daya listrik pada suatu gedung secara *real – time,* memberikan manfaat besar dalam efisiensi energi dan pengelolaan konsumsi listrik [6].

LoRa memiliki beberapa kelebihan dibandingkan dengan teknologi komunikasi lainnya seperti seluler (GSM), Bluetooth maupun WiFi. Pada Gambar 2, terlihat LoRa memiliki keunggulan utama yaitu dapat berkomunikasi jarak jauh seperti seluler, namun dengan konsumsi daya rendah seperti Bluetooth. Hal ini membuat LoRa sangat cocok untuk perangkat sensor yang dioperasikan dengan baterai selama bertahun – tahun dan digunakan di area yang luas. Meskipun LoRa memiliki keterbatasan dan kecepatan transmisi data, yaitu hanya 0.3 kbps hingga 50 kbps, hal ini tidak menjadi permasalahan selama data yang dikirimkan berukuran kecil. Penggunaan aplikasi LoRa sangat cocok untuk berbagai macam sensor yang digunakan dalam pemantauan dan pengumpulan data [6].



Gambar 2. Profil LoRa [7]

C. Pengujian Sinyal Radio LoRa

Aspek menjanjikan dari teknologi LoRa menginspirasi penelitian ini untuk menguji peforma LoRa di Indonesia. Terdapat penelitian oleh Asma Yanziah *et all.* tahun 2020 yang berfokus pada pengujian jarak jangkauan Chip LoRa Rfm 95/96 pada frekuensi 920 MHz dan SF7 untuk area urban. Penelitian ini menganalisis pengaruh jarak transmisi terhadap persentase paket yang hilang (packet loss) dan nilai RSSI, yang merupakan indikator kekuatan sinyal yang diterima. Secara khusus, perbandingan dilakukan antara perhitungan RSSI menggunakan model *log-normal shadowing* dengan hasil pengukuran langsung [8]. Stabilitas dan jangkauan RSSI yang diperoleh dari penelitian tersebut menunjukkan RSSI yang relatif stabel pada setiap titik pengujian, ada tren penurunan RSSI rata – rata dan peningkatan *packet loss* seiring dengan bertambahnya jarak.

Untuk menguji kemampuan kerja LoRa sebagai media komunikasi pada *smart farming,* terdapat beberapa parameter kunci yang diukur dan dianalisis untuk menentukan efektivitasnya. Parameter yang dapat digunakan adalah sebagai berikut:

1) RSSI

Dalam mekanisme pengiriman data, terdapat istilah *received signal strength indikator* (RSSI) yang merupakan salah satu parameter penting dalam transmisi radio. RSSI dapat mempresentasikan kekuatan sinyal yang diterima oleh *transceiver* dan dipengaruhi oleh beberapa faktor, seperti daya transmisi (*TX Power*), hambatan jarak, dan jenis antena yang digunakan. Pada proses pengiriman data dapat dijelaskan melalui besaran daya sebagai berikut: ketika data dikirim, sinyal dihasilkan oleh *transceiver* akan melewati hambatan berupa kabel, dan kemudian sinyal akan diperbesar dayanya oleh antena pengirim.

Sinyal akan merambat melalui udara, di mana akan berpotensi terdapat hambatan seperti *noise* dan *obstacle.* Ketika sinyal mencapai antena penerima, kekuatannya akan diperbesar oleh antena penerima sebelum diteruskan melalui kabel menuju *transceiver* penerima. Pada akhirnya, besaran nilai *receive power* atau RSSI akan didapatkan, yang mempresentasikan seberapa kuat sinyal yang diterima setelah melewati semua hambatan tersebut [5].

2) SNR

Signal-to-Noise Ratio atau SNR adalah parameter yang digunakan untuk menentukan kualitas sinyal yang diterima terhadap gangguan oleh derau (*noise*). SNR merupakan perbandingan antara sinyal informasi dengan *noise* yang terdapat pada media transmisi data dan penerima/*receiver*. SNR yang tinggi merepresentasikan kualitas sinyal yang baik dibanding *noise* yang ada [9]. Semakin besar nilai SNR, maka semakin baik kualitas sinyal tersebut. Sebaliknya *noise* yang tinggi akan menyebabkan nilai SNR menurun. Selain itu jarak transmisi juga mempengaruhi SNR [4]. Dengan deskripsi tersebut, nilai sinyal (RSSI) yang tinggi bukan merupakan jaminan kualitas komunikasi data yang baik jika nilai noisenya cukup tinggi. SNR yang rendah dapat menyebabkan kesalahan pembacaan data.

D. Spesifikasi LoRa

LoRa adalah modul komunikasi nirkabel yang hemat dalam penggunaan daya dan dapat berkomunikasi pada area yang luas. LoRa dapat melakukan komunikasi dengan jarak maksimal 15 kilometer pada area yang tidak terdapat hambatan [10]. Spesifikasi dari LoRa SX1276 dapat dilihat pada Tabel 1.

Submitted: 10/06/2025; Revised: 29/06/2025;
Accepted: 29/06/2025; Online first 29/06/2025
https://doi.org/10.46964/poligrid.v6i1.62

TABEL 1
SPESIFIKASI LORA [10]

Spesifikasi	Deskripsi
Model Tipe	LoRa SX1276-MODULE
Rentang Frekuensi	868/915 MHz
Catu Daya	3.3 V
Sensitivitas	Hingga – 139 dBm
Output Power Maksimum	20 dBm
Konsumsi Arus	13 mA (*receiver mode*) 120 mA (*transmitter mode*), 200 nA (*sleep*)
Kecepatan Transfer Data	1.2 - 300 Kbps
Modulasi	Lora, FSK, GFSK & OOK
Proteksi	Dilengkapi Built-in ESD *Protection*
Range RSSI	127 dB *Dynamic Range* RSSI

E. Protokol Komunikasi LoRa

LoRa termasuk jenis sistem komunikasi *Low Power Wide Area Network* (LPWAN) tanpa kabel yang memiliki kemampuan untuk mentransmisikan data pada jarak jauh dan kebutuhan daya yang rendah. Sistem ini dikembangkan oleh sejumlah perusahaan, termasuk IBM, Semtech, dan Actility, yang tergabung dalam LoRa Alliance. LoRa Alliance telah mengembangkan protokol komunikasi khusus untuk LoRa yang disebut LoRaWAN [11].

Sebagaimana pengguna spektrum frekuensi radio lainnya, penggunaan LoRa juga diatur oleh regulasi yang menentukan alokasi penggunaan spektrum frekuensi radio. Di Indonesia, regulasi tersebut berupa Peraturan Menteri Komunikasi dan Informatika (Permenkominfo) Nomor 2 Tahun 2023 tentang penggunaan spektrum frekuensi radio berdasarkan izin kelas [12]. Menurut Permenkominfo tersebut, alokasi frekuensi untuk perangkat LPWAN termasuk LoRa ditunjukkan pada Tabel 2.

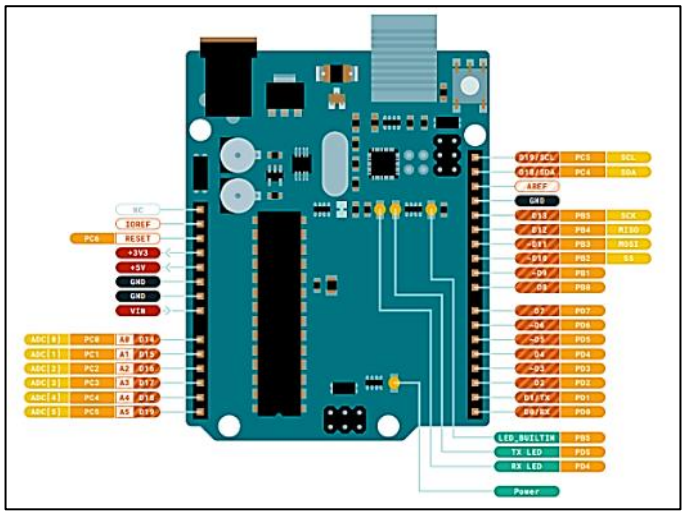
TABEL 2
LOW POWER WIDE AREA NETWORK (LPWAN)

Spektrum Frekuensi Radio	Penggunaan daya Pancar maksimum (EIRP)	Bandwidth Maksimum per Kanal Frekuensi Radio	Duty Cycle Maksimum
433,05-434,79 MHz	16,4mW (12,15 dBm)	125 kHz	Tidak diatur
920 - 923 MHz	**Gateway/Base Station:** 400 mW (26 dBm) **EndNode/ Sucscriber Station**: 100 mW (20 dBm)	250 kHz	*Downlink* 1% *Uplink* 1 %
2400 – 2483,5 MHz	1 Watt (30 dBm)	1 MHz	Tidak diatur

Berdasarkan Tabel 2, karena pada penelitian ini digunakan struktur LoRa yang terdiri dari *gateway* dan beberapa *end node/sensor node*, maka digunakan frekuensi 920 – 923 MHz. Untuk bekerja pada frekuensi tersebut, modul LoRa dengan frekuensi 915 MHz yang terdapat di pasaran dapat digunakan karena frekuensi kerjanya bisa diatur pada 920 – 923 MHz.

F. Arduino Uno

Arduino Uno adalah papan mikrokontroler berbasis ATmega328P, yang memiliki 14 pin *input/output* digital (6 diantaranya dapat digunakan sebagai output PWM), 6 input analog, resonator keramik 16 MHz, koneksi USB, colokan listrik, header ISCP, dan tombol *reset* [13]. Berikut pada Gambar 3 ialah konfigurasi pin pada Arduino Uno, sedangkan Tabel 3 menampilkan spesifikasinya.



Gambar 3. Konfigurasi pin Arduino Uno [13]

TABEL 3
SPESIFIKASI ARDUINO UNO [13]

Spesifikasi	Deskripsi
Microcontroller	ATmega328p
Operating Voltage	5V
Input Voltage (recommended)	7 – 12 V
Input Voltage (limit)	6 – 20 V
Digital I/O Pins	14 (*of which 6 provide PWM output*)
PWM Digital I/O Pins	6
Analog Input Pins	6
DC Current per I/O Pin	20 mA
Flash Memory	32 KB (ATmega328P) *of which 0.5 KB used by bootloader*
SRAM	2 KB
EEPROM	1 KB
Clock Speed	16 MHz
LED_BUILTIN	13
Lenght	68.6 mm
Width	53.4 mm
Weight	25 gr

G. ESP32

ESP32 merupakan modul yang sudah dilengkapi dengan transceiver WiFi, mikrokontroler, dan port GPIO, sehingga dapat secara langsung dihubungkan dengan masukan seperti sensor atau keluaran seperti LCD *display*. Modul WiFinya merupakan jenis *system on chip* (SoC) yang sudah megandung *protocol* TCP/IP terintegrasi. Gambar ESP32 ditunjukkan pada Gambar 4, sedangkan spesifikasinya ditunjukkan oleh Tabel 4.

Submitted: 10/06/2025; Revised: 29/06/2025;
Accepted: 29/06/2025; Online first 29/06/2025
https://doi.org/10.46964/poligrid.v6i1.62

Gambar 4. Bentuk modul ESP32 [14]

TABEL 4
SPESIFIKASI MODUL ESP32 [14]

Spesifikasi	Keterangan
CPU	Tensilica Xtensa LX6 32Bit dual-core di 160/240 MHz
SRAM	520 Kb
FLASH	2 Mb (max. 64Mb)
Tegangan	2.2V s/d 3.6V
Arus Kerja	*Average* 80Ma
Konektifitas	
Wi-Fi	802.11 b/g/n
Bluetooth	4.2BR/EDR + BLE
UART	3
I/O	
GPIO	32
SPI	4
I2C	2
PWM	8
ADC	18(12 bit)
DAC	2 (8 bit)

H. Sensor Kelembapan Tanah

Sensor kelembapan ini dapat membaca tingkat kelembapan tanah di sekitarnya [15]. Meskipun teknologi dari sensor ini sederhana, sensor ini sangat berguna untuk memantau berbagai kondisi tanah seperti di kebun kota atau kebutuhan air tanaman di pertanian. Sensor *soil moisture* ini menggunakan dua buah probe untuk mengalirkan arus melalui tanah, kemudian sensor ini akan mengukur nilai resistansi atau tahanan yang ada di dalam tanah untuk dapat menentukan tingkat kelembapan yang ada di tanah.

Gambar 5. Sensor kelembapan tanah [15]

Kontruksi dari sensor kelembapan tanah ini seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5 dan Tabel 5 menunjukkan spesifikasi sensor *soil moisture.* Modul sensor kelembapan tanah terdiri dari empat pin yaitu VCC, GND, D0, dan A0. Pin output digital terhubung ke pin output IC komparator LM393 sedangkan pin analog terhubung ke sensor kelembapan.

TABEL 5
SPESIFIKASI SENSOR KELEMBAPAN TANAH [15]

Spesifikasi	Keterangan
Operating Voltage	3.3V to 5V DC
Operating Current	15mA
Output Digital	0V to 5V, *Adjustable trigger level from preset*
Output Analog	0V to 5V *based on infrared radiation from fire flame falling on the sensor*
Indicator	*indicating output and power*
Dimensions	PCB *Size*: 3.2cm x 1.4cm
Operating Voltage	3.3V to 5V DC
Operating Current	15mA

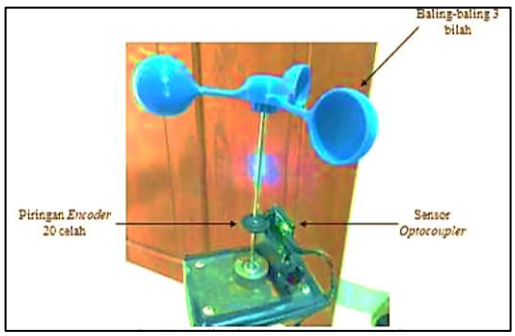
I. Sensor BME280

Sensor BME280 merupakan sebuah sensor yang terdiri dari kombinasi untuk kelemban (*humidity*), tekanan (*pressure*), dan suhu udara (*temperature*) yang berdasarkan dengan prinsip – prinsip pembacaan dari sensor tersebut [16]. Modul dari sensor ini dirancang dalam paket LGA yang solid dengan memiliki ukuran hanya 2.5 *x* 2.5 mm^2 dan tinggi 0.93 mm. Dimensi dari sensor ini memiliki ukuran yang kecil dan konsumsi daya yang rendah, sehingga memungkinkan untuk dapat diimplementasikan dalam perangkat yang ditenagai dengan baterai seperti baterai *rechargeable* Lithium Ion 3.7V. Sensor BME280 memiliki tiga mode daya yang berbeda, seperti mode tidur (*sleep mode*), mode normal (*normal mode*), dan mode paksa (*forced mode*). BME280 seperti yang ditunjukkan pada Gambar 6.

Gambar 6. Sensor BME280 [16]

J. Sensor Kecepatan Angin

Sensor kecepatan angin atau *anemometer* merupakan suatu alat elektronika yang berfungsi sebagai mengukur kecepatan angin, dimana kata *anemometer* berasal dari bahasa Yunani, *anemos* yang berartikan sebagai angin [17]. Dalam perancangannya, sensor kecepatan angin menggunakan beberapa komponen utama, seperti baling-baling mangkok dengan 3 bilah, *encoder* dengan 20 celah, dan sensor *optocoupler* tipe FC-03. Konstruksi sensor kecepatan angin dapat dilihat pada Gambar 7.

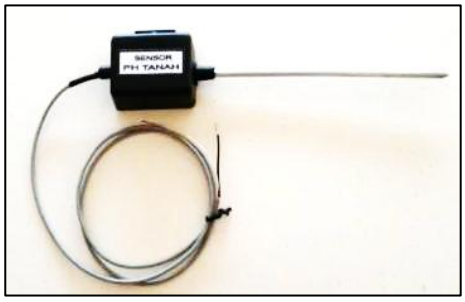


Gambar 7. Sensor kecepatan angin [17]

Submitted: 10/06/2025; Revised: 29/06/2025;
Accepted: 29/06/2025; Online first 29/06/2025
https://doi.org/10.46964/poligrid.v6i1.62

K. Sensor pH Tanah

Pengukuran pH berbasis pada penggunaan dari suatu elektroda yang sensitive terhadap pH, yang mana reaksi tanah menunjukkan sifat kemasaman atau alkalinitas tanah yang dinyatakan dengan nilai pH. Nilai dari pH tanah menunjukkan banyaknya konsentrasi dari ion *hydrogen* (H^+) di dalam tanah. Tanah yang lebih masam memiliki jumlah ion H^+ yang lebih tinggi, sedangkan tanah alkalis memiliki jumlah ion OH^- yang lebih tinggi. Bila kandungan H^+ sama dengan OH^- maka tanah bereaksi netral yaitu mempunyai pH = 7 [18]. Gambar 8 merupakan model kontruksi dari sensor pH meter analog.



Gambar 8. Sensor pH tanah [18]

L. Baterai

Baterai berperan sebagai penrimpan energi yang dihasilkan oleh panel surya, kemudian energi ini dapat digunakan untuk memasok daya pada beban. Terdapat beberapa jenis baterai yang banyak digunakan untuk keperluan kendaraan listrik maupun perangkat elektronik, yaitu seperti baterai *lithium – ion* dan baterai Aki (*Lead-Acid Battery*).

Baterai *Lithium – ion* atau Li-ion merupakan salah satu jenis baterai yang memiliki elektroda aktif (*lithium metal oxide*) untuk *electrode* positif, sedangkat *carbon* pada elektrode negatif [19]. Tabel 6 menunjukkan karakteristik dari baterai li-ion.

TABEL 6
KARAKTERISTIK BATERAI LI-ION [19]

Spesifikasi	Keterangan
Capacity (25±5℃)	*Nominal Capacity* : 2600mAh (0.52A *Discharge*, 2.75V) Typical *Capacity* : 2550mAh (0.52A *Discharge*, 2.75V) Minimum *Capacity* : 2500mAh (0.52A *Discharge*, 2.75V)
Nominal Voltage	3.7 V
Internal Impedance	≤ 70mΩ
Discharge Cut-off Voltage	3.0V
Max Charge Voltage	4.20±0.05V
Standard Charge Current	0.52A
Standard Discharge Current	0.52A
Max. Dimension	*Diameter*(Ø): 18.4mm *Height* (H): 65.2mm
Operating Temperature	*Charge*: 0 ~ 45℃ *Discharge*: -20 ~ 60℃

Baterai aki (*lead – acid*) merupakan jenis baterai yang menggunakan elektrolit jenis asam sulfat dan memiliki sel yang terdiri dari lempengan timbal (Pb) dan timbal dioksida (PbO_2) yang terendam dalam larutan asam sulfat [20]. Spesifikasi dari baterai aki seperti yang ditunjukkan pada Tabel 7.

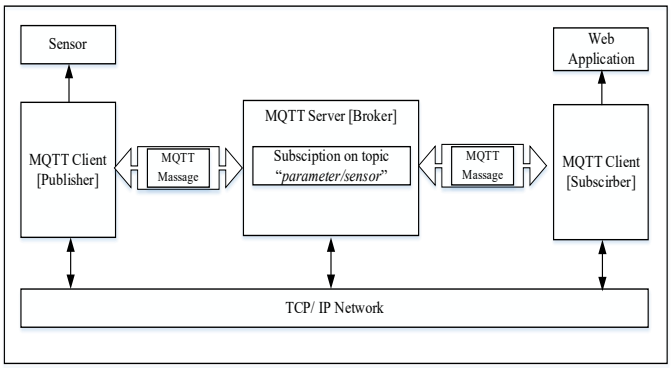
TABEL 7
KARAKTERISTIK BATERAI AKI [20]

Spesifikasi	Keterangan
Merek	SMT POWER – Battery
Model	SMT127
Tegangan	12V
Kapasitas	7.5V
Tahanan (resistance - mΩ)	≤ 22 mΩ
Ukuran	Panjang : 151 mm Lebar : 64 mm Tinggi : 94 mm
Berat	2.05 kg
Model Terminal	Ukuran T2 , tipe L

M. Komunikasi Protokol MQTT

Message Queuing Telemetry Transport (MQTT) adalah standar ISO (ISO/IEC PRF 20922) yang ringan untuk komunikasi data dengan protokol pesan pub/sub (*publish/subscribe*). Protokol ini sangat cocok untuk perangkat dengan sumber daya terbatas. Prinsip dasar MQTT adalah mempublikasikan pesan oleh *publisher* dan berlangganan topik oleh *subscriber* sesuai minat mereka. Dengan MQTT, banyak klien dapat berlangganan ke topik yang sama dan berbagi informasi yang diinginkan [21].

MQTT broker berfungsi sebagai jembatan yang menghubungkan semua perangkat. Pesan dalam MQTT dipublikasikan berdasarkan topik tanpa konfigurasi khusus, dan topik dianggap sebagai hierarki dengan garis miring (/) sebagai pemisah. Klien dapat menerima pesan dengan berlangganan ke topik tertentu atau menggunakan karakter pengganti seperti + atau # untuk menerima pesan dari topik yang sesuai dengan pola tertentu [21]. Gambar 9 merupakan diagram protokol MQTT.

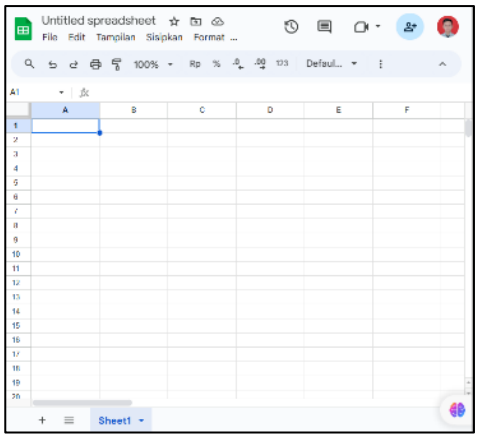


Gambar 9. Diagram protokol MQTT [21]

N. Google Spreadsheet

Tampilan Google Spreadsheet seperti yang ditunjukkan pada Gambar 10. Pada tampilan tersebut, dimana Google Sheets memiliki antarmuka pengguna yang bersih dan intuitif. Terdapat menu dan toolbar di bagian atas lembar kerja untuk mengelola dokumen. Lembar kerja terdiri dari baris dan kolom di mana Anda dapat memasukkan data dan rumus. Formula bar di bagian atas memungkinkan Anda untuk menulis rumus. Fitur kolaborasi real-time memungkinkan pengguna untuk bekerja bersama-sama secara online. Google Sheets juga menyediakan berbagai jenis grafik untuk visualisasi data [22].

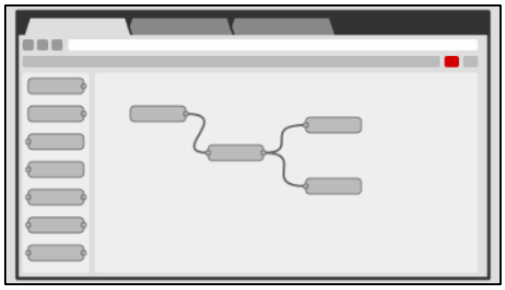
Submitted: 10/06/2025; Revised: 29/06/2025;
Accepted: 29/06/2025; Online first 29/06/2025
https://doi.org/10.46964/poligrid.v6i1.62



Gambar 10. Tampilan google sheet [22]

O. NodeRED

Node-RED adalah suatu alat pemprograman untuk menghubungkan perangkat keras, API, dan layanan online berbasis browser yang memudahkan pengguna untuk menghubungkan aliran data menggunakan berbagai node dalam palet yang dapat diimplementasikan ke dalam *runtime*-nya dengan sekali klik [23]. Tampilan antarmuka dari Node-RED seperti yang ditunjukkan pada Gambar 11.


Gambar 11. Tampilan Node-RED [23]

Node-RED dapat dijalankan dengan berbagai *platform* seperti yang ditunjukkan pada Tabel 8.

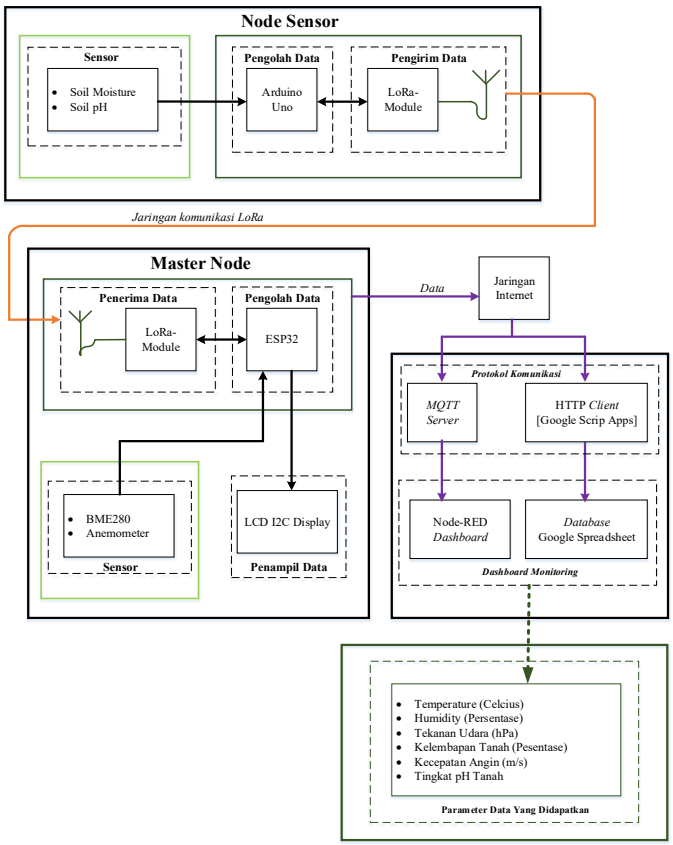
TABEL 8
GETTING STARTED NODE-RED [23]

Platform	Keterangan
Running locally	Menginstal Node-RED di komputer lokal pada komputer.
Raspberry Pi	Node-RED dapat dijalankan pada Raspberry Pi, sebuah komputer kecil yang populer untuk proyek IoT.
Docker	Dapat menjalankan Node-RED dalam kontainer Docker untuk isolasi dan portabilitas.
Install form Git	Proses mengunduh dan menginstal aplikasi Node-RED langsung dari repositori Git.
Android	Node-RED dapat dijalankan pada perangkat Android dengan menggunakan aplikasi khusus.
FlowFuse	*platform* berbasis cloud untuk mengelola dan memantau aliran Node-RED. Ini menyediakan berbagai fitur tambahan untuk pengembangan dan manajemen aliran.
AWS	*Amazon Web Services* (AWS) menyediakan layanan cloud yang dapat digunakan untuk menjalankan Node-RED.
Microsoft Azure	Microsoft Azure juga menyediakan layanan *cloud* untuk menjalankan Node-RED.

III. METODE PENELITIAN

A. Gambaran Umum Sistem

Gambar 12 merupakan gambaran umum sistem *monitoring* pertanian cerdas berbasis LoRa melibatkan beberapa komponen utama untuk pemantauan kondisi pertanian secara *real-time*. Pertama, Node Sensor terdiri dari sensor kelembapan tanah dan sensor pH tanah yang mendeteksi kondisi tanah. Data dari sensor ini diolah oleh Arduino Uno dan dikirim melalui modul LoRa. Kedua, Node Master menerima data dari Node Sensor menggunakan modul LoRa. Pada Node Master, mikrokontroler ESP32 mengolah data dan menampilkan informasi sementara pada display LCD I2C. Node Master juga dilengkapi dengan sensor BME280 dan anemometer untuk memantau kondisi lingkungan di area pertanian. Data dari semua sensor ini dikirimkan melalui jaringan internet ke *database* dan dashboard monitoring. ESP32 bertugas mengirim data melalui permintaan HTTP ke Google Apps Script, yang kemudian menulis data tersebut ke Google Spreadsheet sebagai *database*. Untuk komunikasi antara ESP32 sebagai pengirim data (*publisher*) dan NodeRED – *dashboard* sebagai penerima data (*subscriber*), digunakan protokol MQTT.



Gambar 12. Diagram blok rangkaian pengujian

B. Waktu dan Lokasi

Pengujian dilakukan pada bulan Mei 2024, dengan tempat di Desa Manunggal Jaya, Kecamatan Tenggarong Seberang, Kabupaten Kutai Kertanegara. Lokasi area persawahan yang digunakan untuk melakukan penelitian dan pengambilan data

Submitted: 10/06/2025; Revised: 29/06/2025;
Accepted: 29/06/2025; Online first 29/06/2025
https://doi.org/10.46964/poligrid.v6i1.62

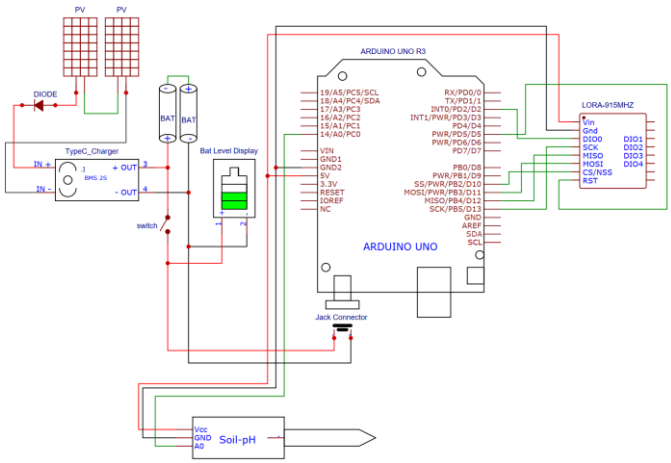
seperti pada Gambar 13, di mana daerah tersebut memiliki luas lahan yaitu 389,477.77 m^2 dan area lahan yang digunakan untuk dilakukannya pengambilan data memiliki luas lahan sebesar 10,978.53 m^2.

Gambar 13. Lokasi pertanian Desa Manunggal Jaya, Tenggarong Seberang

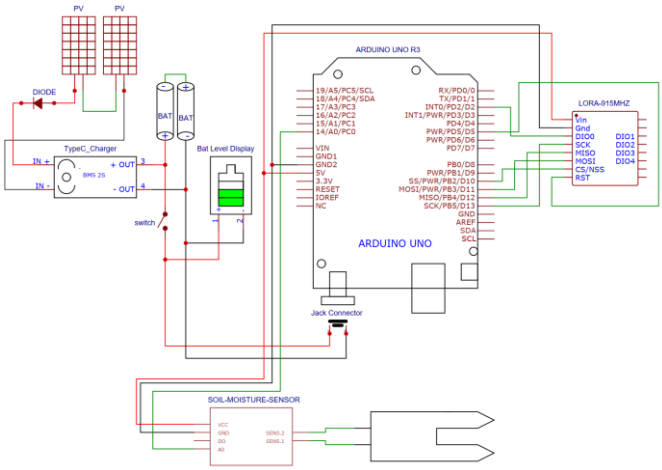
C. Rangkaian LoRa Sender dan Receiver

Untuk keperluan pengujian, dibuatlah rangkaian LoRa sender dan *receiver*, yang masing-masing ditunjukkan oleh Gambar 14, Gambar 15, dan Gambar 16. Dalam implementasi sistem komunikasi *smart farming*, rangkaian LoRa *sender* berfungsi sebagai *sensor node* atau *end node*, sementara rangkaian LoRa *receiver* berfungsi sebagai *gateway* atau *base station*. Kedua rangkaian tersebut dilengkapi dengan perangkat tambahan seperti panel surya, pengontrol pengisian surya, dan baterai.

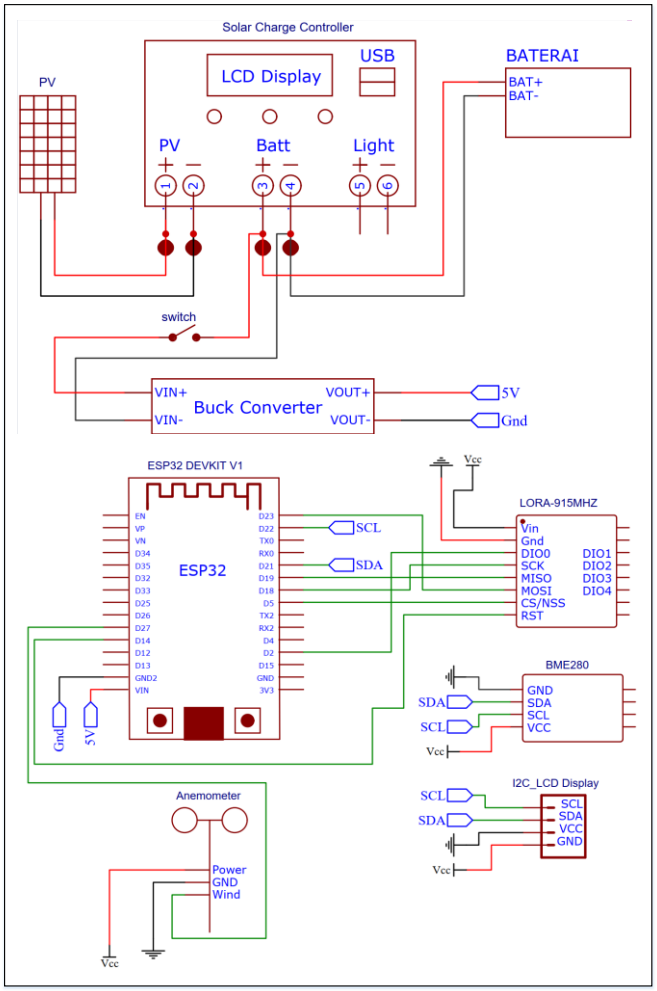
Pada sistem ini, terdapat dua Node Sensor. Node Sensor 1 bertugas mengirim data dari sensor pH tanah, sedangkan Node Sensor 2 mengirim data dari sensor kelembapan tanah. Data yang dikumpulkan oleh masing-masing sensor diolah oleh Arduino Uno sebelum dikirim melalui modul LoRa ke Node Master.



Gambar 14. Rangkaian LoRa *sender* – Node Sensor 1



Gambar 15. Rangkaian LoRa *sender* – Node Sensor 2



Gambar 16. Rangkaian LoRa *receiver*

IV. Hasil Dan Pembahasan

Pengujian dilakukan pada penelitian mencangkup beberapa aspek penting yaitu: pengujian sensor, pengujian kemampuan LoRa, pengujian pengiriman data, pengujian kemampuan *gateway,* pengujian sistem *monitoring* dan pengolahan *database,* serta pengujian konsumsi daya dan masa pemakaian baterai.

Submitted: 10/06/2025; Revised: 29/06/2025;
Accepted: 29/06/2025; Online first 29/06/2025
https://doi.org/10.46964/poligrid.v6i1.62

A. Pengujian Sensor BME280

Pengujian sensor BME280 dilakukan untuk mengevaluasi kemampuan pengukuran suhu, kelembapan udara, dan tekanan udara dengan membandingkan hasilnya dengan alat ukur digital *Thermo-higrometer* HTC-2. Pengujian dilakukan di Laboratorium Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Samarinda, dengan sensor BME280 dan HTC-2 ditempatkan berdekatan dalam lingkungan yang dikondisikan menggunakan solder yang dipanaskan. Data dari sensor BME280 dikirimkan melalui ESP32 ke Google Spreadsheet untuk analisis. Pelaksanaan pengujian pada Gambar 17, sedangkan Tabel 9 merupakan hasil pengujian dari sensor BME280.

Gambar 17 Pelaksanaan pengujian sensor BME280

TABEL 9
HASIL PENGUJIAN SENSOR BME280

Waktu Pengujian	Sensor BME280			Sensor Digital Thermo Higrometro HTC-2		Error (%)	
	Temperatur °C	Humidity (%)	Pressure (hPa)	Temperatur °C	Humidity (%)	Temperature	Humidity
16:38:39	27,28	48	1001.23	27,3	49	1,52%	2,04%
16:56:14	27,48	46	1001.23	27,7	48	0,66%	4,17%
16:58:58	32,56	45	1001.32	31,2	47	4,36%	4,26%
17:00:26	34,41	45	1001.29	32,5	46	5,88%	2,17%
17:01:36	35,58	44	1001.32	35,3	46	0,79%	4,35%
17:02:52	36,2	44	1001.32	36,1	46	0,28%	4,35%
17:07:26	39,08	43	1001.37	37,5	46	4,21%	6,52%
17:08:44	40,9	43	1001.40	39,6	45	3,28%	4,44%
17:10:12	43,01	43	1001.49	42,7	45	0,73%	4,44%
17:14:22	51,55	42	1001.65	47,5	44	8,53%	4,55%

Hasil pengujian menunjukkan bahwa suhu yang diukur oleh kedua alat berada dalam rentang 27,28°C hingga 51,55°C, sementara kelembapan berkisar antara 42% hingga 48%. Sensor BME280 juga mengukur tekanan udara dalam rentang 1001,23 hPa hingga 1001,65 hPa, yang tidak dapat dilakukan oleh HTC-2. Meskipun terdapat perbedaan pembacaan, terutama pada kelembapan, persentase error yang lebih kecil dari 10 % menunjukkan bahwa hasil pengukuran sensor BME280 masih dalam ambang toleransi alat ukur komersial (5 s/d 10 %)

B. Pengujian Sensor Kecepatan Angin

Pengujian sensor kecepatan angin dilakukan dengan menggunakan sensor kecepatan angin yang dirancang khusus, mikrokontroler ESP32 sebagai pengolah data, laptop, dan kipas angin untuk menghasilkan variasi kecepatan angin. Alat ukur digital *Anemometer* GM816 digunakan sebagai pembanding. Lokasi pengujian di Laboratorium Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Samarinda. Sensor kecepatan angin dan Anemometer GM816 ditempatkan berdekatan untuk membaca kecepatan angin secara bersamaan dalam berbagai kondisi kecepatan kipas. Pelaksanaan pengujian sensor kecepatan angin seperti Gambar 18.

Gambar 18 Pengujian sensor kecepatan angin

Sensor kecepatan angin terdiri dari baling-baling mangkok dengan tiga bilah dan sensor *optocoupler* tipe FC-03 untuk mendeteksi putaran baling-baling. Sinyal dari sensor dihitung menggunakan interrupt untuk menentukan Rotasi Per Menit (RPM), yang kemudian dikalibrasi dan dikonversi menjadi kecepatan angin menggunakan rumus tertentu. Hasil pengujian pada Tabel 10 menunjukkan bahwa kecepatan angin yang diukur oleh kedua alat memiliki error yang dapat diterima (di bawah 5 s/d 10 %), menunjukkan bahwa sensor kecepatan angin yang dirancang cukup akurat untuk aplikasi pemantauan kecepatan angin.

TABEL 10
HASIL PENGUJIAN SENSOR KECEPATAN ANGIN

Pengaturan Kipas Angin	Waktu Pengujian	Sensor kepecatan angin	Digital Wind Anemometer GM816	Error (%)
Kecepatan 1	14:25:44	4,24	4,1	3,41%
	14:27:23	4,41	4,4	0,23%
	14:28:05	4,57	4,49	1,78%
Kecepatan 2	14:35:11	3,44	1,3	2,31%
	14:36:17	3,67	3,6	1,94%
	14:37:23	3,5	3,4	2,94%

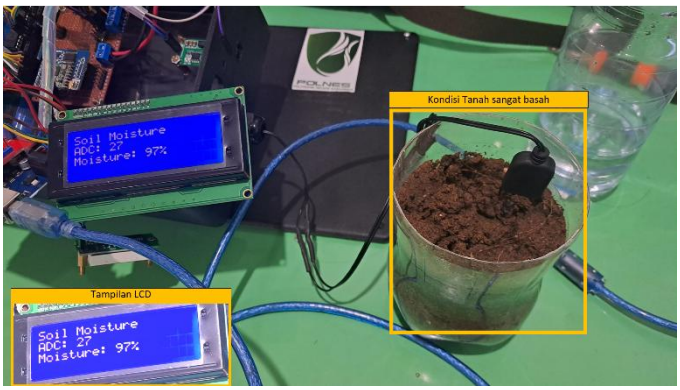
Submitted: 10/06/2025; Revised: 29/06/2025;
Accepted: 29/06/2025; Online first 29/06/2025
https://doi.org/10.46964/poligrid.v6i1.62

	14:38:29	1,33	1,3	2,31%
Kecepatan 3	14:39:35	1,22	1,2	1,67%
	14:40:41	1,23	1,2	2,50%

C. *Pengujian Sensor Kelembapan Tanah*

Pengujian sensor kelembapan tanah ini dilakukan di Laboratorium Jurusan Elektro Politeknik Negeri Samarinda untuk mengevaluasi kinerja sensor dalam mendeteksi tingkat kelembapan tanah dan menampilkan data tersebut secara real-time pada layar LCD I2C. Sensor kelembapan tanah bekerja berdasarkan pengukuran nilai tahanan atau resistansi tanah yang bervariasi sesuai dengan kadar air di dalamnya, dengan tiga pin konfigurasi yaitu vcc, gnd, dan pin analog. Sensor ini menghasilkan nilai ADC (*analog to digital converter*) yang kemudian dikonversi ke dalam persentase menggunakan fungsi 'map()' untuk memberikan gambaran yang lebih mudah dipahami mengenai tingkat kelembapan tanah.

Pengujian dilakukan dengan menghubungkan sensor kelembapan tanah ke Arduino Uno melalui pin analog dan LCD ke I2C pada Arduino, lalu menanamkan sensor ke dalam wadah yang berisi tanah. Nilai ADC yang diperoleh dikonversi menjadi persentase kelembapan dan ditampilkan pada layar LCD I2C. Gambar 19 ditunjukkan pelaksanaan pengujian sensor kelembapan tanah dan hasil pengujian dimasukkan ke dalam Tabel 11.



Gambar 19 Pengujian sensor kelembapan tanah

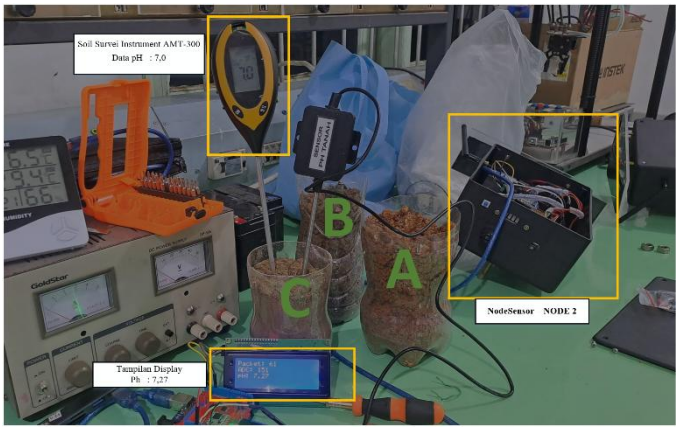
TABEL 11
HASIL PENGUJIAN SENSOR KELEMBAPAN TANAH

No	Waktu Pengujian	Pengukuran		Kondisi
		Nilai - ADC (Bit)	Persentase (%)	
1	16:36:44	989	3	Kering
2	16:38:23	895	12	Kering
3	16:40:02	658	35	Kering
4	16:41:41	509	50	Lembab
5	16:43:20	353	65	Lembab
6	16:44:59	305	70	Lembab
7	16:46:38	130	87	Basah
8	16:48:17	96	90	Basah
9	16:49:56	56	94	Basah
10	16:51:35	27	97	Basah

Hasil pengujian pada Tabel 11 menunjukkan bahwa tanah sangat kering memiliki nilai ADC tinggi mendekati 1023 bit, tanah lembab menunjukkan nilai ADC menengah dengan persentase kelembapan sekitar 50-70%, dan tanah basah memiliki nilai ADC rendah mendekati 0 bit. Data yang diperoleh selama pengujian menunjukkan bahwa sensor mampu memberikan pembacaan yang akurat dan responsif terhadap perubahan kondisi kelembapan tanah, dengan nilai kelembapan tanah berkisar dari 3% (nilai ADC 989 bit) hingga 97% (nilai ADC 27 bit). Hal ini membuktikan bahwa sistem kelembapan tanah ini efektif untuk digunakan dalam aplikasi pemantauan kelembapan tanah, seperti di bidang pertanian cerdas.

D. *Pengujian Sensor pH Tanah*

Pengujian sensor pH tanah dilakukan untuk mengevaluasi kemampuannya dalam mengukur tingkat keasaman atau kebasaan tanah di Laboratorium Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Samarinda. Pengujian ini menggunakan alat ukur digital Soil Survey Instrument AMT-300 sebagai pembanding. Sensor pH tanah bekerja berdasarkan prinsip elektrode yang bereaksi dengan ion hidrogen dalam tanah, menghasilkan tegangan listrik yang sebanding dengan tingkat keasaman tanah. Sensor ini dihubungkan ke Arduino Uno, dengan data pengukuran yang ditampilkan melalui LCD I2C. Tiga jenis tanah berbeda diuji, dan hasilnya dibandingkan dengan alat ukur AMT-300. Pelaksanaan pengujian seperti yang ditunjukkan Gambar 20.



Gambar 20 Pengujian sensor pH tanah

Hasil pengujian pada Tabel 12 menunjukkan bahwa sensor pH tanah memberikan pembacaan yang cukup akurat dengan kesalahan kecil. Pada tanah A, sensor menunjukkan nilai pH 6,51 dengan kesalahan 1,36%, tanah B dengan pH 6,45 dan kesalahan 0,78%, dan tanah C dengan pH 7,27 serta kesalahan 3,86%. Meskipun terdapat sedikit perbedaan pada tanah C, kesalahan ini masih dalam batas toleransi yang dapat diterima. Secara keseluruhan, sensor ini efektif dan dapat diandalkan untuk pengukuran pH tanah dalam berbagai kondisi, mendukung aplikasinya di bidang pertanian dan lingkungan.

TABEL 12
Tabel 12. HASIL PENGUJIAN SENSOR PH TANAH

No	Tanah	Sensor PH Tanah	Soil Survei Instrument AMT-300	Error (%)
1	A	6,51	6,60	1,36%

Submitted: 10/06/2025; Revised: 29/06/2025;
Accepted: 29/06/2025; Online first 29/06/2025
https://doi.org/10.46964/poligrid.v6i1.62

2	B	6,45	6,40	0,78%
3	C	7,27	7,00	3,86%

E. Pengujian Kemampuan LoRa dan Pengiriman data

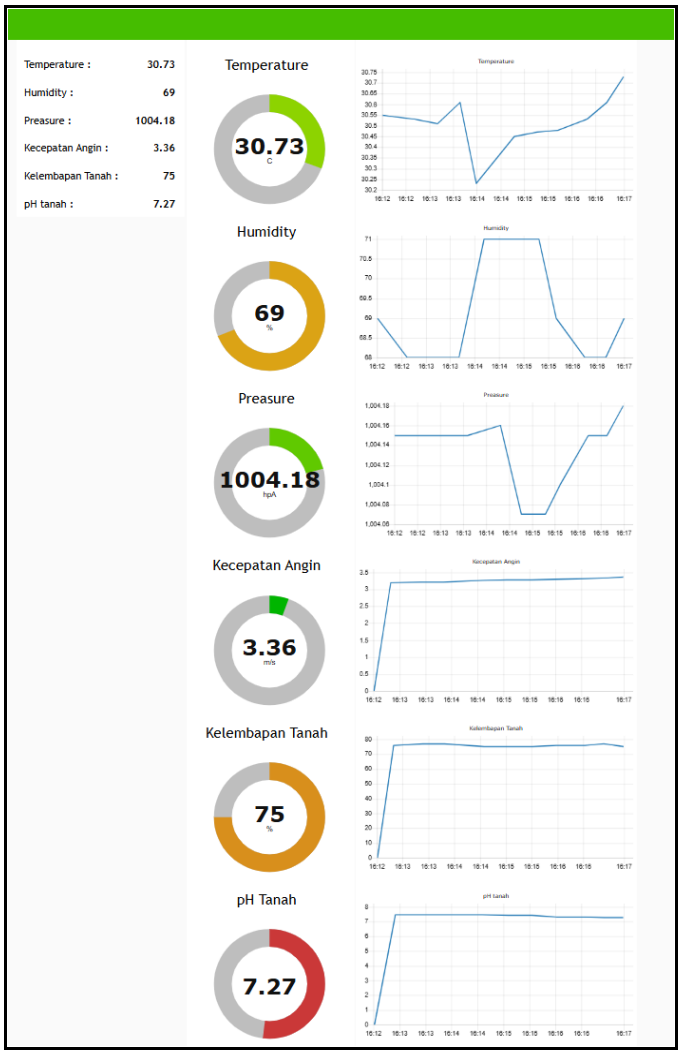
Pengujian kemampuan LoRa dilakukan di lokasi persawahan Desa Manunggal Jaya, Kecamatan Tenggarong Seberang, Kabupaten Kutai Kertanegara. Pengujian pada perancangan sistem *monitoring* pertanian cerdas ini dilakukan dengan menggunakan dua komponen utama yaitu Node Sensor sebagai pemancar (TX) dan Node Master sebagai penerima (RX). Dalam pengujian ini, Node Sensor mengirimkan data secara periodik ke Node Master. Hasil pengujian bagian ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Faizal *et.all,* yang juga mengkonfirmasi keandalan unjuk kerja LoRa dalam aplikasi pertanian [24]. Hasil pengujian ditunjukkan pada Tabel 13, yang memperlihatkan pengukuran RSSI ((*Received Signal Strength Indikator*) dan SNR (*Signal-to-Noise Ratio*). Pengukuran RSSI akan memberikan informasi tentang kekuatan dari sinyal yang diterima, sedangkan SNR akan memberikan informasi tentang tingkat kebisingan (*noise*) dari komunikasi tersebut.

Hasil dari pengujian unjuk kerja LoRa, menunjukkan bahwa semakin jauh jarak antara pengirim dan penerima, nilai RSSI mengalami penurunan. Namun, meskipun jaraknya berubah secara signifikan, penurunan RSSI tidak terjadi secara linear. Bahkan, karena nilai rata – rata RSSI terendah (-91,70 dBm) masih lebih tinggi dari batas sensitivitas minimum modul LoRa (-139 dBm), dapat diindikasikan bahwa jangkauan LoRa di area pertanian ini bisa mencapai beberapa belas kilometer. Tingkat SNR (*Signal-to-Noise Ratio*) di lahan pertanian Desa Manunggal Jaya terbilang cukup stabil dan tinggi, dengan nilai tertinggi mencapai 9,68 dB pada jarak 15 meter dan nilai terendah sebesar 9,45 dB pada jarak 128 meter. Konsistensi ini dapat dimaklumi karena lahan pertanian tersebut hampir tidak memiliki sumber gangguan (*noise*) yang signifikan.

Pengujian pengiriman data dilakukan terhadap keseluruhan sistem yang bertujuan untuk memastikan bahwa sistem dapat berfungsi dengan baik sesuai dengan tujuan perencanaan. Gambar 21 merupakan pengujian sistem *monitoring dashboard* pertanian cerdas yang ditampilkan pada laptop.

Gambar 21 Pengujian pemantauan terhadap sistem *monitoring*

Selama keseluruhan proses pengujian, hasilnya menunjukkan bahwa sistem *monitoring* ini telah berhasil diimplementasikan dengan efektif. Sistem ini mampu menyajikan informasi kondisi persawahan secara *real-time* melalui data yang dikumpulkan oleh node-node sensor yang terpasang dan ditampilkan pada *dashboard*, seperti yang terlihat pada Gambar 22. Hasil data dari sistem *monitoring* pertanian cerdas ini disajikan dalam Tabel 13. Data dari sensor ini kemudian diolah dan divisualisasikan menggunakan Node-RED, sebuah *tool* yang memungkinkan integrasi dan pengelolaan aliran data secara interaktif dan dinamis. Dengan Node-RED, pengguna dapat memantau dan mengendalikan berbagai aspek dari pertanian cerdas ini secara real-time melalui antarmuka yang *user-friendly.*



Gambar 22 Tampilan *dashboard* sistem *monitoring*

TABEL 13
HASIL DATA PENGUJIAN SISTEM *MONITORING*

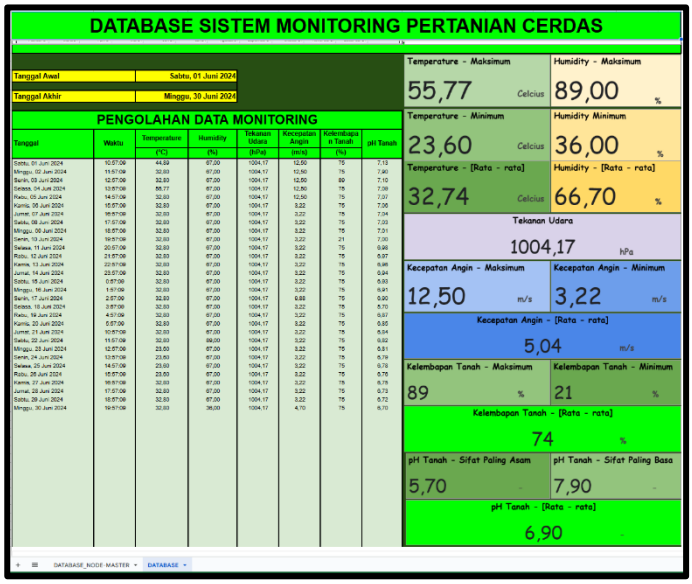
Database Monitoring Sistem Pertanian Cerdas								
Tanggal	Waktu	Sensor Reading Status	Temperature	Humidity	Tekanan Udara	Kecepatan Angin	Kelembapan Tanah	pH Tanah
			(°C)	(%)	(hPa)	(m/s)	(%)	

Submitted: 10/06/2025; Revised: 29/06/2025;
Accepted: 29/06/2025; Online first 29/06/2025
https://doi.org/10.46964/poligrid.v6i1.62

19/05/2024	16:30:59	Succsess	30.73	69	1004.18	3.36	75	7.27
19/05/2024	16:20:12	Succsess	30.61	68	1004.15	3.34	77	7.27
19/05/2024	16:19:25	Succsess	30.53	68	1004.15	3.32	76	7.31
19/05/2024	16:18:45	Succsess	30.48	69	1004.10	3.30	76	7.33
19/05/2024	16:17:06	Succsess	30.47	71	1004.07	3.28	75	7.44
19/05/2024	16:16:19	Succsess	30.45	71	1004.16	3.26	75	7.45
19/05/2024	16:15:32	Succsess	30.23	71	1004.14	3.24	78	7.46
19/05/2024	16:14:40	Succsess	30.61	68	1004.15	3.22	77	7.47
19/05/2024	16:13:51	Succsess	30.53	68	1004.15	3.20	76	7.48
19/05/2024	16:12:13	Succsess	30.55	69	1004.15	0.00	0	0.00

F. Pengujian Pengolahan Database

Pengujian *database monitoring* untuk sistem pertanian cerdas dilakukan dengan mensimulasikan data pengukuran selama satu tahun menggunakan Google Spreadsheet. Tujuan dari pengujian ini adalah untuk memastikan bahwa sistem *database* mampu mengumpulkan, menyimpan, dan menampilkan data secara akurat dan konsisten dalam jangka waktu yang panjang. Data yang diuji mencakup suhu, kelembapan udara, tekanan udara, kecepatan angin, kelembapan tanah, dan pH tanah, yang ditambahkan secara acak untuk mencerminkan kondisi nyata di lapangan.



Gambar 23 Tampilan *database* sistem *monitoring*

Gambar 23 ditunjukkan tampilan *database* sistem *monitoring, s*istem ini dilengkapi dengan fitur yang memungkinkan pengguna untuk memilih rentang tanggal tertentu dan secara otomatis menampilkan data terkait. Data tersebut dapat dianalisis melalui *dashboard* yang menyajikan informasi penting seperti nilai rata-rata, maksimum, dan minimum dari parameter yang dipantau. Hasil pengujian menunjukkan bahwa *database* mampu menampilkan data pengukuran harian dan memberikan wawasan yang mendalam tentang variasi kondisi lingkungan dalam satu bulan, membantu pengguna dalam pengambilan keputusan untuk pengelolaan pertanian. Fitur ini memudahkan pemantauan dan analisis kondisi lingkungan secara *real-time*, yang sangat berguna dalam pengelolaan pertanian cerdas.

V. KESIMPULAN

Berdasarkan data yang diperoleh dari hasil penelitian mengenai sistem *monitoring* pertanian cerdas berbasis LoRa di area pertanian Desa Manunggal Jaya menunjukkan bahwa sistem ini berhasil mengintegrasikan berbagai sensor lingkungan yang memberikan pengukuran akurat dan konsisten. Pengujian performa LoRa memperlihatkan bahwa penurunan RSSI tidak signifikan meskipun jarak antara LoRa *sender* dan *receiver* meningkat, dengan nilai RSSI terendah (-91 dBm) pada jarak 128-meter yang masih jauh di atas sensitivitas modul LoRa, sehingga jangkauan LoRa di lahan pertanian tersebut diperkirakan masih dapat lebih jauh. Selain itu, nilai SNR yang stabil, baik pada jarak terdekat 9 meter maupun terjauh 128 meter, menunjukkan bahwa lahan pertanian ini hampir tidak memiliki sumber *noise* yang mengganggu. Pengiriman data dari Node Sensor ke *database* melalui Node Master juga berjalan dengan baik, dan sistem *database* menggunakan Google Spreadsheet mampu mengelola volume data besar dengan akurat selama satu tahun. Secara keseluruhan, sistem *monitoring* ini berfungsi efektif dalam mengukur dan mengirimkan data *real-time*, menjadikannya layak untuk diimplementasikan dalam pemantauan kondisi persawahan secara *real-time.*

REFERENSI

[1] LoraWAN, What Is It? A Technical Overview of LoRa® and LoRaWAN™", Whitepaper, LoRa Alliance, San Ramon California, 2015.

[2] A. S. Dewi, D. Darlis, dan R. A. Primadhi, "Rancang bangun agriculture node untuk monitoring kualitas tanah berbasis Lora AS923-2 guna mendukung penelitian integrated smart farming Di Laboratorium Inacos Universitas Telkom," *e-Proceeding of Applied Science*, vol. 9, no. 1, pp. 220-231, 2023.

[3] H. W. Yoon, D. J. Kim, M. Lee, C. Weon, dan A. Smith, "L&M Farm: A smart farm based on LoRa & MQTT," in *International Conference on Omni-layer Intelligent Systems* (COINS), Barcelona, Spain, Aug. 31 2020.

[4] R. Batong, P. Murdiyat, dan A. H. Kurniawan, "Analisis kelayakan LoRa untuk jaringan komunikasi sistem monitoring listrik di Politeknik Negeri Samarinda," *PoliGrid,* vol. 01, no. 02, 2020.

[5] M. M. Kurniawan, K. Amron, dan R. A. Siregar "Analisis karakteristik transmisi LoRa pada Wilayah perkotaan," *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer,* vol. 6, no. 8, pp. 3977 - 3986, 2022.

[6] P. D. D. Istianti, S. Y. Prawiro, N. B. A. Karna, dan I. A. NurSafa "Analisis performansi teknologi akses LPWAN LoRa Antares untuk komunikasi data end node," *Prosiding The 11 Conference on Information Tecnology and Electrical Engineering 2019 (CITEE 2019),* Yogyakarta,24-25 Juli 2019, pp. 22 - 26 , 2019.

[7] E. Murdyantoro, I. Rosyadi, dan H. Septian "Studi performansi jarak jangkauan LoRa OLG01 sebagai infrastruktur konektivitas nirkabel IoT," *Jurnal Dinamika Rekayasa,* vol. 15, no. 1, pp. 47 - 56, 2019.

[8] A. Yanziah, S. Soim, dan M.M. Rose, "Analisis jarak jangkauan LoRa dengan parameter RSSI dan packet loss area urban," *Jurnal Teknologi Technoscientia,* vol.13, no. 1, Aug. 2020.

Submitted: 10/06/2025; Revised: 29/06/2025;
Accepted: 29/06/2025; Online first 29/06/2025
https://doi.org/10.46964/poligrid.v6i1.62

[9] D. S. Simangunsong, A. A. Zahra, dan A. Hidayatno, "Estimasi perbaikan nilai SNR (signal to noise ratio) pada proses denoising menggunakan metode wavelet terhadap suatu sinyal berderau," *Transient,* vol. 2, no. 4, 2013.

[10] *Semtech Datasheet - LoRa SX1276/77/78/79*, Semtech Corporation, 2015.

[11] E. D. Widianto, A. A. Faizal, D. Eridani, R. D. O. Augustinus, dan M. S. M. Pakpahan, "C," *TELKA - Telekomunikasi Elektronika Komputasi dan Kontrol ,* vol. 5, no. 2, pp. 83 - 92, 2019.

[12] *Peraturan Menteri Komunikasi dan Informatika Nomor 2 Tahun 2023 tentang Penggunaan Spektrum Frekuensi Radio Berdasarkan Izin Kelas*, Kementerian Komunikasi dan Informatika, Jakarta, 2023.

[13] *Arduino, Arduino IDE*, [Online]. Available: https://www.arduino.cc/. [Accessed 21 02 2023].

[14] *ESP32 Series Datasheet*, Espressif Systems, 2023.

[15] *Moisture Sensor (SKU:SEN0114)*, DFRobot, 2017.

[16] "*BME280 - Datasheet*," Reutlingen, Germany, BOSCH SENSORTEC, 2024.

[17] M. Fernando, L. Jasa, dan R. S. Hartati, "Monitoring system kecepatan dan arah angin berbasis internet of things (IoT) menggunakan Raspberry Pi 3," *Majalah Ilmiah Teknologi Elektro*, vol. 21, no. 1, pp. 135-142, 2022.

[18] A. Rukmana, H. Susilawati, dan G. Galang, "Pencatat pH tanah otomatis," *Jurnal Penelitian dan Pengembangan Teknik Elektro telekomunikasi Indonesia*, vol. 10 no. 1, Universitas Garut, 2019.

[19] D. F. Arfianto, D. A. Asfani, dan D. Fahmi, "Pemantauan, proteksi, dan ekualisasi baterai Lithium-ion tersusun seri menggunakan konverter buck-boost dan LC seri dengan kontrol synchronous phase shift," *Jurnal Teknik ITS*, vol. 5, no. 2, pp. 122-128, 2016.

[20] PT. Samoto Mega Teknologi, SMT-POWER Battery, Jakarta Utara: PT. Samoto Mega Teknologi.

[21] S. Chanthakit dan C. Rattanapoka, "MQTT based air quality monitoring system using NodeMCU and Node-RED," in *Seventh ICT International Student Project Conference (ICT-ISPC)*, Nakhonpathom, Thailand, Jul. 11-13 2018.

[22] Google, "Google Sheets: Create and edit spreadsheets online for free," Google Workspace. [Online]. Available: https://workspace.google.com/ [Accessed: 05-Apr-2024].

[23] Open JS Foundation, "Node-RED," Open JS Foundation. [Online]. Available: https://nodered.org/. [Accessed: 05-Apr-2024].

[24] F. Rahmansyah, P. Murdiyat, Rusda, "Unjuk kerja LoRa Untuk media komunikasi smart farming di area persawahan Desa Manunggal Jaya Kabupaten Kutai Kertanegara," *PoliGrid,* vol. 05, no. 01, pp. 34-41, 2024.

Submitted: 10/06/2025; Revised: 29/06/2025;
Accepted: 29/06/2025; Online first 29/06/2025
https://doi.org/10.46964/poligrid.v6i1.62