

Sistem Pemantauan Kelembaban Tanah Jarak Jauh Berbasis LoRa Menggunakan Sensor pH dan Kelembaban

Mina Naidah Gani¹, Hepi Ludyati¹, Rifa Hanifatunnisa¹, Eril Mozef¹, Rizqa Nur Ananti¹

¹Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Bandung, Kabupaten Bandung Barat, Indonesia
mina.naidah@polban.ac.id, hepi.ludyati@polban.ac.id, rifahani@polban.ac.id, emozef@polban.ac.id,
rizqa.nur.tkom418@polban.ac.id

Abstrak

Air dan tanah penting di bidang pertanian. Air dibutuhkan dalam fotosintesis, sedangkan tanah sebagai media tanam. Kualitas tanah dipengaruhi kondisi air dan tidak tercemar limbah. Teknologi LoRa memantau kualitas tanah jarak jauh. Parameter penting adalah kelembaban dan pH tanah. Sistem mikrokontroler dengan sensor pH dan kelembaban tanah memantau dan mengirimkan data melalui LoRa. Ada dua jenis sensor yang digunakan pada penelitian ini yaitu sensor untuk mengukur kelembaban dan sensor mengukur pH yang dilakukan pada dua jenis tanah. Sensor kelembaban yang digunakan adalah YL-69 dengan nilai eror rata-rata sebesar 0,077%, dengan rentang eror terkecil adalah 0% dan eror terbesar sebesar 0,016%. Sementara itu, sensor pH *electrode probe* digunakan untuk mengukur tingkat keasaman dengan nilai eror rata-rata sebesar 0,0288%, dan rentang eror terkecil adalah 0,034% dan eror terbesar adalah 0,021%. Hasil pemantauan dikirimkan melalui jaringan LoRa yang terhubung dengan ESP32. Pengujian dilakukan pada dua kondisi yaitu LOS dengan jarak terjauh 500 meter dan NLOS dengan jarak terjauh 50 meter. Berdasarkan hasil pengujian, *gateway* dapat mendeteksi nilai RSSI yang berubah dari -104 dBm hingga -64 dBm, dan nilai SNR yang berada pada rentang -2 dB sampai +10 dB. Nilai *delay* rata-rata saat pengiriman data antara *node* dan *gateway* adalah 2,118 detik.

Kata kunci: Kelembaban, LoRa, Modul ESP32, Tingkat Keasaman (pH)

Abstract

This study focuses on the pivotal role of water and soil in agriculture, emphasizing their significance for photosynthesis and as a planting medium, respectively. Maintaining uncontaminated soil is crucial for optimal crop growth. Remote monitoring of soil quality is facilitated by LoRa technology, with a microcontroller system employing sensors for soil moisture and pH. YL-69 moisture sensors exhibit an average error of 0.077%, with a range from 0% to 0.016%, while pH electrode probe sensors register an average error of 0.0288%, ranging from 0.034% to 0.021%. The monitoring data is transmitted through the LoRa network connected to ESP32. Field testing under Line-of-Sight (LOS) conditions at a maximum distance of 500 meters and Non-Line-of-Sight (NLOS) conditions up to 50 meters reveals that the gateway successfully detects RSSI values (-104 dBm to -64 dBm) and SNR values (-2dB to +10dB) within acceptable ranges. The average delay during data transmission between the node and the gateway is measured at 2.118 seconds. This research demonstrates the effectiveness of LoRa technology in remotely monitoring and transmitting crucial soil parameters, providing valuable insights for precision agriculture.

Keywords: Humidity, LoRa, ESP32 Module, Acidity Level (pH)

1. Pendahuluan

Indonesia dikenal sebagai negara yang memiliki karakter agraris di mana sebagian besar penduduknya mencari nafkah sebagai petani. Berdasarkan data dari Badan Pusat Statistik (Direktorat Analisis dan Pengembangan Statistik, 2021), sektor pertanian bersama-sama dengan sektor kehutanan dan perikanan, menduduki peringkat kedua dengan kontribusi sebesar 14,30% terhadap Produk Domestik Bruto (PDB) pada tahun 2021. Pertumbuhan sektor pertanian sangat dipengaruhi oleh sumber daya alam yang melimpah serta kesuburan tanah di Indonesia. Dalam sektor pertanian, kualitas air dan tanah sebagai media tanam memiliki peran yang sangat penting. Air berfungsi sebagai salah satu faktor penting dalam proses fotosintesis, sementara kualitas tanah memengaruhi pertumbuhan tanaman sebagai media tanam. Menurut berita dari Dinas Pertanian Pemerintah Kabupaten Buleleng (Admin Distan, 2021), kesuburan tanah dipengaruhi oleh kandungan unsur hara yang berbeda pada setiap jenis tanah. Tingkat keasaman tanah (pH) tanah sangat penting diperhatikan karena dapat mempengaruhi pertumbuhan dan kesehatan tanaman. Kebanyakan tanaman tumbuh paling baik dalam tanah yang memiliki pH netral hingga sedikit asam, yaitu dengan nilai pH antara 5,6 hingga

Info Makalah:

Dikirim : 07-25-23;
Revisi 1 : 10-14-23;
Revisi 2 : 10-20-23;
Diterima : 10-25-23.

Penulis Korespondensi:

Telp : -
e-mail : mina.naidah@polban.ac.id

6 (Prabowo & Subantoro, 2017). Tanah dengan pH yang terlalu rendah atau terlalu tinggi dapat menyebabkan masalah seperti kekurangan nutrisi dan racun tanaman, yang dapat menghambat pertumbuhan tanaman. Oleh karena itu, sangat penting untuk mengukur pH tanah secara teratur dan menyesuaikan pH. Hal ini akan membantu meningkatkan produktivitas tanaman dan memastikan bahwa tanaman mendapatkan nutrisi yang mereka butuhkan untuk tumbuh sehat dan kuat. Hal yang juga penting bagi tanaman adalah faktor kelembaban

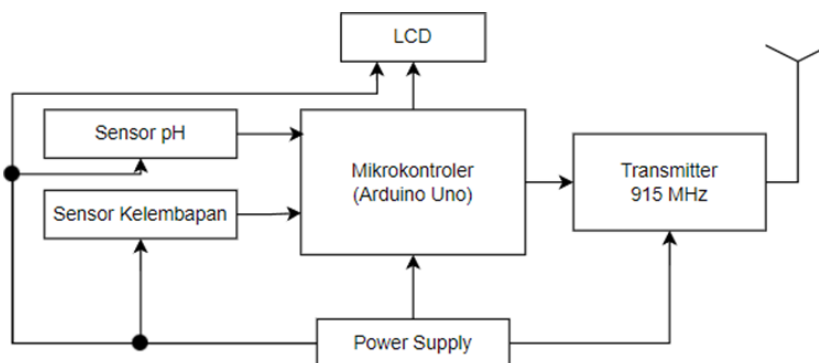
tanah. Kelembaban tanah yang terlalu tinggi biasanya diakibatkan kandungan air yang berlebih, atau sebaliknya. Kualitas tanaman salah satunya disebabkan oleh kelembaban tanah (Karamina, Fikrinda, & Murti, 2017) ; (Maulana, Haidar, & Fadhlana, 2021). Tanaman yang kelembabannya kurang akan mengakibatkan daun-daun yang kecil-kecil dan kering (Djumali, 2014). Untuk daerah perkebunan yang sulit dijangkau oleh pihak pengelola, maka pemantauan kedua parameter tersebut dapat (Direktorat Analisis dan Pengembangan Statistik, 2021) dilakukan terkait pemantauan kualitas tanah dan air menggunakan teknologi *Internet of Things* (IoT) dan *wireless sensor network* (WSN) (Syafiqoh, Sunardi, & Yudhana, 2018) ; (Hendrawati, Maulana, & Al Tahtawi, 2019) (Sabiq & Budisejati, 2017) ; (Sahbani & Azwar, 2019) ; (Arafat & Setyati, 2020) ; (Maulana, Haidar, & Fadhlana, 2021) ; (Wardhana, Hariyanto, & Utomo, 2021) ; (Gunawan, Andhika, & Hibatulloh, 2019) ; (Arijuddin, Bhawiyuga, & Amron, 2019) ; (Wisduanto, Bhawiyuga, & Kartikasari, 2019). Pada penelitian-penelitian tersebut, beberapa parameter yang dipantau adalah suhu (Syafiqoh, Sunardi, & Yudhana, 2018) ; (Hendrawati, Maulana, & Al Tahtawi, 2019) ; (Gunawan, Andhika, & Hibatulloh, 2019), pH (Syafiqoh, Sunardi, & Yudhana, 2018) ; (Sabiq & Budisejati, 2017) ; (Gunawan, Andhika, & Hibatulloh, 2019), kekeruhan (Sabiq & Budisejati, 2017), warna (Sabiq & Budisejati, 2017), kelembaban udara (Syafiqoh, Sunardi, & Yudhana, 2018), (Wisduanto, Bhawiyuga, & Kartikasari, 2019) kelembaban tanah (Arijuddin, Bhawiyuga, & Amron, 2019) (Wisduanto, Bhawiyuga, & Kartikasari, 2019) (Gunawan, Andhika, & Hibatulloh, 2019), dan asap (Sahbani & Azwar, 2019). Sensor-sensor yang digunakan antara lain sensor DS18B20 (Syafiqoh, Sunardi, & Yudhana, 2018), sensor pH Meter Analog Kit (Sabiq & Budisejati, 2017), sensor pH *electrode probe* (Sabiq & Budisejati, 2017), GE *turbidity* SKU SEN0189 (Sabiq & Budisejati, 2017), modul TCS230 (Sabiq & Budisejati, 2017), dan sensor MQ2 (Sabiq & Budisejati, 2017). Hasil dari pemantauan tersebut disimpan dalam *database* dan ditampilkan pada sebuah *website* [(Syafiqoh, Sunardi, & Yudhana, 2018); (Hendrawati, Maulana, & Al Tahtawi, 2019) ; (Sabiq & Budisejati, 2017); (Sahbani & Azwar, 2019) ; (Arafat & Setyati, 2020) ; (Maulana, Haidar, & Fadhlana, 2021) ; (Wardhana, Hariyanto, & Utomo, 2021) ; (Gunawan, Andhika, & Hibatulloh, 2019)]. Selain itu, beberapa penelitian juga menggunakan modul LoRa untuk pengiriman data secara *real-time* dan jangkauan yang jauh [(Sahbani & Azwar, 2019) ; (Arafat & Setyati, 2020) ; (Maulana, Haidar, & Fadhlana, 2021) ; (Wardhana, Hariyanto, & Utomo, 2021) ; (Gunawan, Andhika, & Hibatulloh, 2019)]. Pada penelitian (Gunawan, Andhika, & Hibatulloh, 2019), dilakukan pemantauan kelembaban tanah, suhu, pH, dan penyiraman otomatis pada tanaman tomat berbasis IoT. Penelitian serupa yang telah dilakukan sebelumnya, seperti penelitian (Syafiqoh, Sunardi, & Yudhana, 2018) tentang pengembangan *wireless sensor network* berbasis *Internet of Things* (IoT) untuk sistem pemantauan kualitas air dan tanah pertanian. Di sini, pemantauan kualitas air dan tanah dilakukan dengan beberapa parameter, seperti suhu dan pH air dan tanah pertanian, dan disimpan dalam *database* serta ditampilkan pada sebuah *website*. Selanjutnya, (Hendrawati, Maulana, & Al Tahtawi, 2019) meneliti tentang sistem pemantauan kualitas air sungai di kawasan industri berbasis WSN (*Wireless Sensor Network*) dan IoT. Pemantauan kualitas air ditentukan dengan beberapa parameter, seperti suhu, pH, dan tingkat kekeruhan air, dan disimpan pada *database* serta ditampilkan pada *website*. Penelitian lainnya adalah oleh (Sabiq & Budisejati, 2017) tentang sistem pemantauan kadar pH, suhu, dan warna pada air sungai melalui web berbasis WSN. Sabiq memanfaatkan teknologi WSN dengan parameter yang diuji yaitu kadar pH, suhu, dan warna dengan hasil pengujian yang ditampilkan pada *website*. (Sahbani & Azwar, 2019), memanfaatkan teknologi LoRa untuk mengirimkan data sensor suhu dan asap secara *real-time* yang mampu mendeteksi kebakaran hutan hingga jarak 700 meter. Sementara itu, (Arafat & Setyati, 2020) mendesain dan implementasi *Wireless Sensor Network* menggunakan LoRa untuk pemantauan tingkat pencemaran udara di Kota Surabaya. Selanjutnya, (Maulana, Haidar, & Fadhlana, 2021) melakukan perancangan dan realisasi sistem komunikasi data dengan pemanfaatan protokol komunikasi LoRa pada aplikasi *smartphone* di area sulit koneksi internet. Sementara itu, (Wardhana, Hariyanto, & Utomo, 2021) merancang dan merealisasi sistem komunikasi darurat menggunakan radio LoRa yang terintegrasi dengan *smartphone* melalui *Bluetooth*. Terakhir, (Gunawan, Andhika, & Hibatulloh, 2019) membuat sistem *monitoring* kelembaban tanah, suhu, pH, dan penyiraman otomatis pada tanaman tomat berbasis *Internet of Things*. Pada penelitian ini, sistem *monitoring* dilakukan dengan beberapa parameter, seperti kelembaban tanah, suhu, pH, dan penyiraman otomatis dengan hasil pengujian yang ditampilkan pada *website*.

Sehingga perlu kiranya dikembangkan suatu sistem untuk memonitor kelembaban dan pH media tanam beberapa jenis tanaman. Pemanfaatan modul LoRa dalam proses transmisi data memungkinkan pemantauan dilakukan secara nirkabel, sehingga memudahkan pengelola untuk memantau dari jarak jauh (Wardhana, Hariyanto, & Utomo, 2021). Selain itu, hasil pengukurannya dapat diintegrasikan dengan *smartphone* agar dimungkinkan untuk mengakses data tersebut secara *mobile* dan mudah dari mana saja. Penelitian akan menerapkan proses pengukuran terhadap parameter kelembaban dan pH tanah menggunakan sensor *soil moisture* (Gunawan, Andhika, & Hibatulloh, 2019) dan sensor pH *electrode probe* (Sabiq & Budisejati, 2017). Pada bagian ini akan digunakan mikrokontroler sedangkan hasil pengukuran ditampilkan pada sebuah LCD. Untuk pengiriman data sensor menggunakan modul LoRa (*Long Range*) (Sahbani & Azwar, 2019) . Modul LoRa yang digunakan bekerja pada frekuensi 915 MHz. Selanjutnya modul LoRa ini terhubung dengan antena yang berfungsi untuk memancarkan sinyal. Untuk bagian *gateway* atau bagian penerima data. Terdapat modul LoRa yang dilengkapi dengan antena dengan tipe yang sama dengan bagian *node* atau penerima yang bekerja pada frekuensi 915 MHz, ada mikrokontroler yang digunakan pada bagian *gateway* (Hendrawati, Maulana, & Al Tahtawi, 2019).

2. Metode

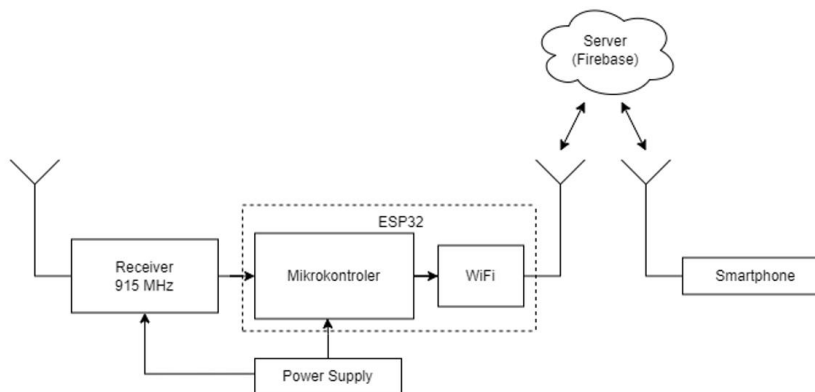
2.1. Perancangan Blok Diagram

Perancangan dan realisasi sistem dilakukan pada bagian *hardware* dan *software*. Bagian *hardware* merupakan alat untuk memantau kualitas tanah dengan parameter yang diuji yaitu kelembaban dan tingkat keasaman (pH) tanah. Pada bagian *node*, alat yang dibuat terdiri dari komponen elektronik seperti yang terlihat pada blok diagram pada Gambar 1.



Gambar 1. Blok Diagram Bagian *Node*.

Gambar 1 juga menunjukkan proses pengukuran terhadap parameter kelembaban dan pH tanah menggunakan sensor *soil moisture* YL-69 dan sensor pH *electrode probe*. Pada bagian ini menggunakan mikrokontroler yaitu Arduino Uno dan untuk hasil pengukuran ditampilkan pada sebuah LCD berukuran *16x2*. Untuk pengiriman data sensor menggunakan modul LoRa (*Long Range*). Modul LoRa yang digunakan bekerja pada frekuensi 915 MHz yaitu tipe RFM95. Selanjutnya modul LoRa ini terhubung dengan antena *sleeve dipole* dengan gain 3 dBi yang berfungsi untuk memancarkan sinyal. Pada Gambar 1 dan Gambar 2 menunjukkan blok diagram untuk bagian *gateway* atau bagian penerima data. Terdapat modul LoRa yang dilengkapi dengan antena dengan tipe yang sama dengan bagian *node* atau penerima yaitu RFM95 yang bekerja pada frekuensi 915 MHz. Adapun jenis mikrokontroler yang digunakan pada bagian *gateway* yaitu modul ESP32. Hasil pemantauan disimpan pada server *firebase*.

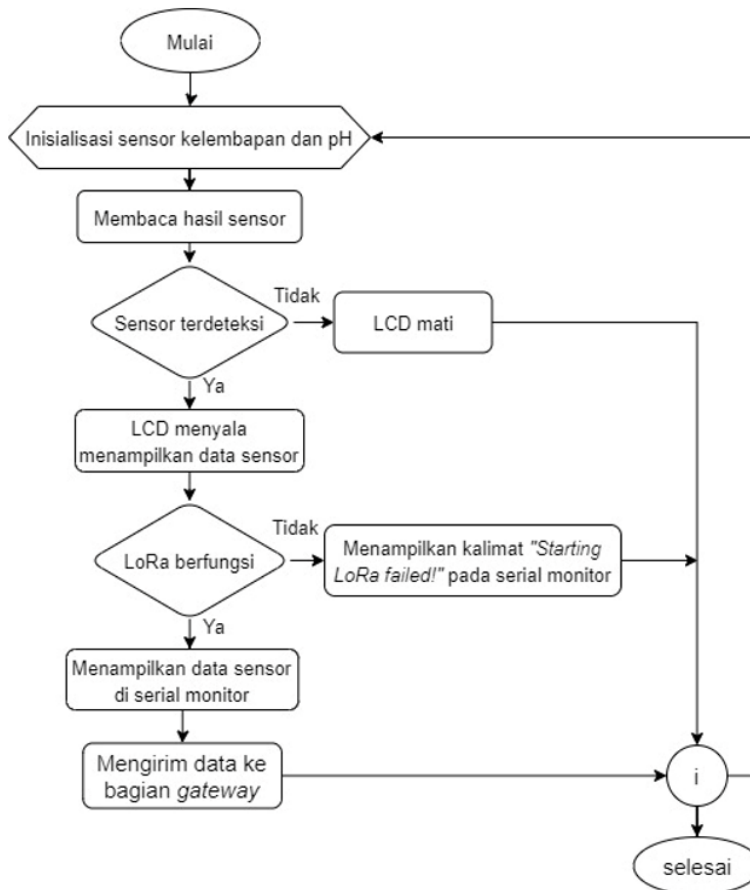


Gambar 2. Blok Diagram Bagian *Gateway*.

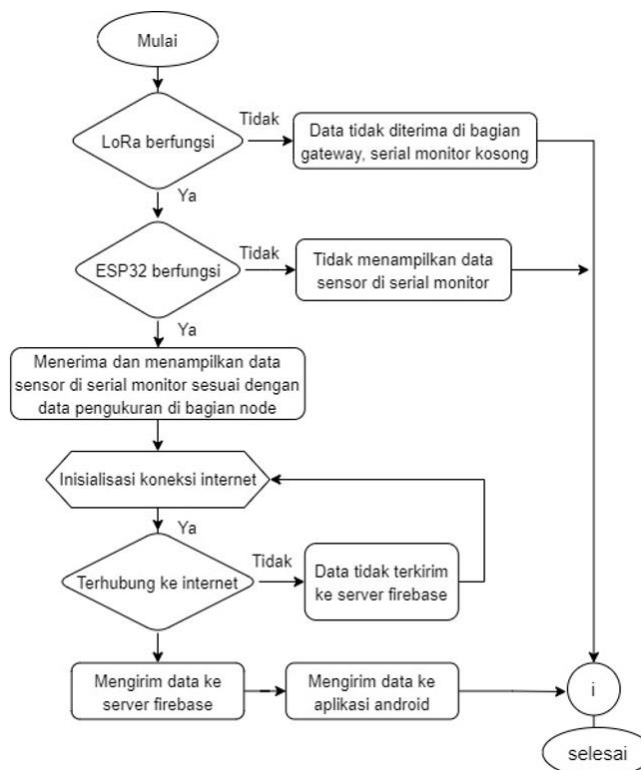
2.2. Perancangan Diagram Alir

Pengerjaan pengujian pada proyek ini dilakukan secara bertahap sesuai dengan yang digambarkan dalam *flowchart* di Gambar 3 (bagian *Node*, *hardware* untuk mengolah objek di titik pantau berfungsi sebagai *transceiver*). Program ini dimulai dengan inisialisasi sensor dan modul LoRa, kemudian masuk ke dalam *loop* utama yang berulang, di mana data sensor dibaca, diformat, dikirim melalui LoRa, dan kemudian ditampilkan di serial monitor dengan menunggu konfirmasi dan melakukan pengecekan status pengiriman, serta memberikan opsi untuk menambahkan penundaan waktu sebelum mengulangi siklus, hingga akhirnya data akan muncul di serial monitor.

Pada Gambar 4 (bagian *Gateway*, *hardware* untuk mengolah hasil pengukuran yang telah dikirim dari *node*, dan data diterima di *Receiver*, *Gateway*). Setelah data tiba di *gateway*, *gateway* akan memproses dan mengirim data ke *Firestore*. Aplikasi Android terhubung ke *Firestore* untuk mengambil dan menampilkan data yang diterima dari perangkat LoRa.



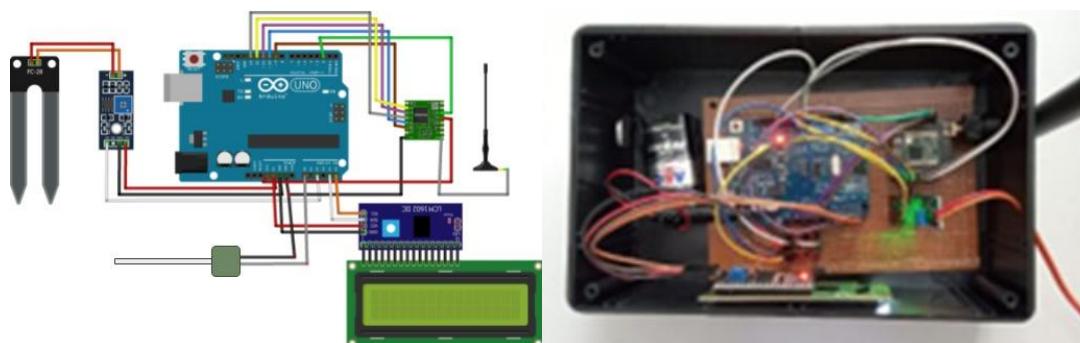
Gambar 3. Flowchart Bagian Node.



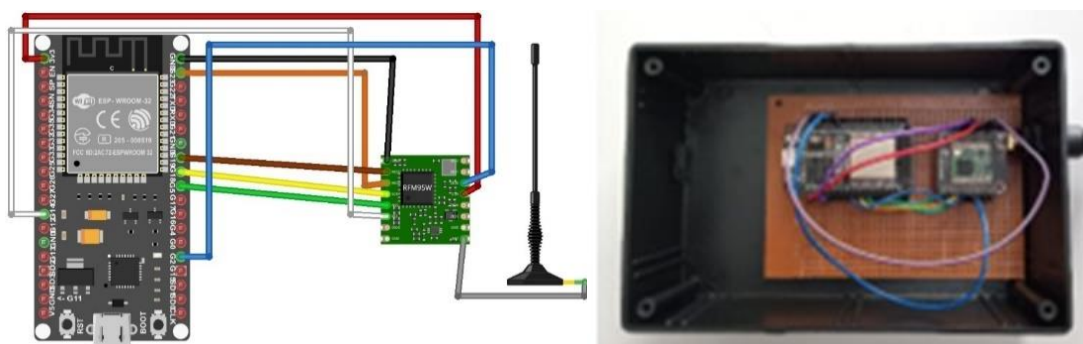
Gambar 4. Flowchart Bagian Gateway.

2.3. Realisasi Perangkat Keras

Pada perangkat keras alat direalisasikan kedalam bentuk PCB yang disimpan dalam sebuah *box*. Sebelumnya terlebih dahulu dilakukan proses pengkabelan pada *software fritzing*. Gambar 6 dan Gambar 7 merupakan realisasi komponen pada PCB yang dibuat untuk *hardware* di bagian *node* dan *gateway*.



Gambar 5. Pengkabelan dan Realisasi Bagian *Node* pada PCB.



Gambar 6. Pengkabelan dan Realisasi Bagian *Gateway* pada PCB.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Pengujian Sensor

Pengujian sensor dilakukan pada dua jenis tanah yang berbeda (Tanah A dan Tanah B). Pengujian dilakukan untuk mengetahui perbedaan nilai dari hasil pengukuran. Berikut merupakan hasil pengujian sensor kelembapan tanah YL-69 dan sensor pH *electrode probe* yang ditunjukkan pada Tabel 1 dan Tabel 2.

Pengujian dilakukan pada tanah yang sama dan diambil sebanyak 10 data hasil pengujian. Berdasarkan pengujian yang dilakukan sensor yang terpasang pada bagian *node* sudah berfungsi dengan baik. Pengujian kelembapan dan pH dilakukan pada dua buah sampel tanah yang berbeda. Didapatkan nilai kelembapan dan pH sesuai dengan yang diinginkan yaitu nilai mendekati 0% (kurang dari 50%) dinyatakan sebagai tanah kering dan nilai kelembapan yang mendekati 100% (rentang 50%-100%) merupakan tanah yang lembab. Sedangkan untuk nilai pH sudah sesuai dengan aturan yang berlaku yaitu tanah asam berada pada rentang 0-6, pH netral ditunjukkan dengan nilai 7 dan tanah basa pada rentang 8-14.

Tabel 1. Pengukuran Sensor Pada Tanah A.

Sensor Kelembaban YL-69			Sensor ph <i>Electrode Probe</i>		
Nilai Analog	Nilai Kelembapan	Ket Tanah	Nilai Analog	Nilai ph	Ket Tanah
870	14%	Kering	21	5,93	Asam
870	14%	Kering	23	5,79	Asam
871	14%	Kering	25	5,65	Asam
870	14%	Kering	27	5,51	Asam
871	14%	Kering	28	5,45	Asam
870	14%	Kering	27	5,51	Asam
870	14%	Kering	27	5,51	Asam
871	14%	Kering	30	5,31	Asam
870	14%	Kering	31	5,24	Asam
870	14%	Kering	30	5,31	Asam

Tabel 2. Pengukuran Sensor Pada Tanah B

Sensor Kelembaban YL-69			Sensor pH <i>Electrode Probe</i>		
Nilai Analog	Nilai Kelembapan	Ket Tanah	Nilai Analog	Nilai pH	Ket Tanah
197	80%	Lembab	19	5,74	Asam
198	80%	Lembab	21	5,60	Asam
199	80%	Lembab	22	5,53	Asam
200	80%	Lembab	22	5,53	Asam
202	80%	Lembab	21	5,60	Asam
201	80%	Lembab	21	5,60	Asam
202	80%	Lembab	21	5,60	Asam
203	80%	Lembab	22	5,53	Asam
204	80%	Lembab	23	5,46	Asam
204	80%	Lembab	23	5,46	Asam

3.2. Pengujian Efektivitas Sensor

Tabel 3 dan 4 adalah Pengujian perbandingan sensor yang digunakan pada proyek dilakukan untuk mengetahui efektivitas antara sensor kelembapan YL-69 dan sensor pH *electrode probe* dengan sensor pembanding yang merupakan alat yang sudah diperjual belikan secara konvensional dan sudah berstandar. Sensor pembanding yang digunakan adalah jenis 3 way soil meter dan 4 in 1 soil survey instrument. Data hasil pengujian dilampirkan pada Tabel 3. Berdasarkan pengujian didapatkan nilai error rata-rata terhadap sensor kelembapan YL-69 yaitu 0.077% dengan nilai error terkecil 0% dan nilai error terbesar mencapai 0.016%. Sedangkan nilai error rata-rata untuk penggunaan sensor pH *electrode probe* yaitu 0,0288% dengan nilai error terkecil 0,021% dan nilai error terbesar mencapai 0,034%.

Tabel 3. Pengujian Sensor Kelembapan YL-69.

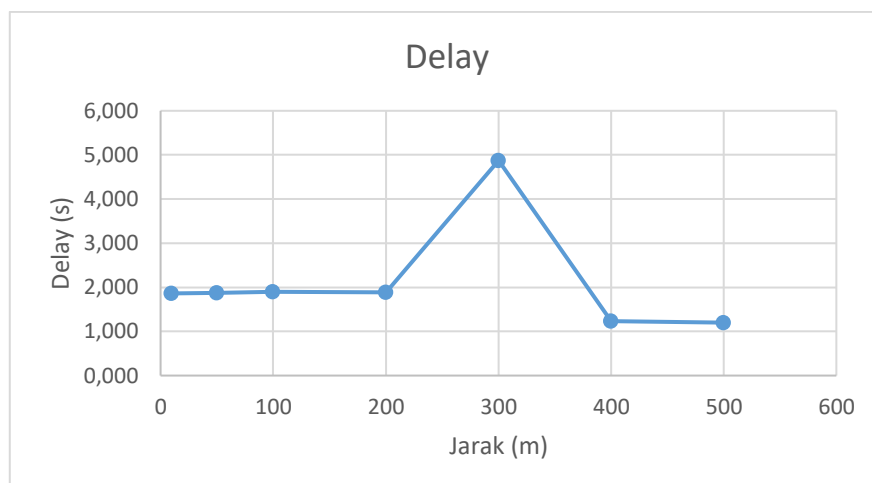
Sensor Kelembapan YL-69	Sensor Kelembapan Pembanding	Error
33%	30%	0,1%
33%	30%	0,1%
32%	30%	0,06%
35%	30%	0,16%
35%	30%	0,16%
27%	29%	0,06%
26%	28%	0,07%
28%	28%	0%
27%	28%	0,03%
27%	28%	0,03%

Tabel 4. Pengujian Sensor pH *Electrode Probe*.

Sensor pH <i>Electrode Probe</i>	Sensor pH Pembanding	Error
5,74	5,55	0,034%
5,74	5,55	0,034%
5,67	5,55	0,021%
5,74	5,55	0,034%
5,74	5,55	0,034%
5,67	5,55	0,021%
5,67	5,55	0,021%
5,74	5,55	0,034%
5,74	5,55	0,034%
5,67	5,55	0,021%

3.3. Pengujian Jangkauan

Setelah pengujian sensor berhasil, kemudian dilakukan pengujian terhadap koneksi LoRa dengan memperhatikan jarak jangkauan dari alat dan banyak paket yang dikirim dan diterima. Proses pengujian dilakukan pada kondisi LOS dan NLOS. Penentuan jarak dilakukan mulai dari 10 meter dan 50 meter sebagai jarak terdekat dan dilanjutkan dengan kelipatan 100 meter untuk kondisi LOS dan kelipatan 10 meter untuk kondisi NLOS dengan mempertimbangkan lokasi dari pengujian. Jarak jangkauan untuk pengujian pada kondisi NLOS dipilih dengan nilai jarak kelipatan 10 meter karena lokasi pengujian memiliki banyak *obstacles* seperti pepohonan yang tinggi, rumah tinggal, gedung, dan sebagainya, sehingga akan berpengaruh terhadap jarak jangkauan yang terlalu jauh. Gambar 8 adalah pengujian untuk mengetahui besar *delay* pada saat komunikasi data antara bagian *node* dan *gateway*. Nilai *delay* diamati pada pengiriman data ketika kondisi LOS.



Gambar 7. Grafik Hasil Pengujian Perubahan Jarak Antara *Node* dan *Gateway* terhadap *Delay* Pengiriman Data.

Tabel 5 dan Tabel 6 yang merupakan data hasil pengujian modul LoRa pada kondisi LOS dan NLOS, dengan nilai RSSI (*Received Signal Strength Indication*) merupakan parameter yang digunakan untuk mengetahui kekuatan sinyal yang diterima. RSSI dikategorikan sebagai teknik berbasis jangkauan karena didasarkan pada redaman sinyal.

Tabel 5. Pengujian Perubahan Jarak Antara *Node* dan *Gateway* terhadap Nilai RSSI Pada Kondisi LOS.

Jarak (meter)	RSSI (dBm)	SNR (dB)	Paket Dikirim	Paket Diterima	Keberhasilan
10	-69	9,75	4	4	100%
50	-79	9,50	4	4	100%
100	-91	10,00	4	4	100%
200	-94	9,25	4	4	100%
300	-95	6,00	4	3	75%
400	-97	4,50	4	4	100%
500	-98	3,75	4	4	100%

Tabel 6. Pengujian Perubahan Jarak Antara *Node* dan *Gateway* terhadap Nilai RSSI Pada Kondisi NLOS.

Jarak (meter)	RSSI (dBm)	SNR (dB)	Paket Dikirim	Paket Diterima	Hasil (%)
10	-64	9,75	4	4	100
20	-77	10,00	4	4	100
30	-85	9,25	4	4	100
40	-90	7,50	4	4	100
50	-104	-2,00	4	4	100

3.4. Pengujian Fungsionalitas

Semua aplikasi yang dilakukan telah berhasil dengan baik.

Tabel 7. Pengujian Fungsionalitas Alat

No.	Pengujian	Target	Hasil
1.	Inisialisasi mikrokontroler Arduino dan ESP32	Mikrokontroler dapat melakukan inisialisasi	Tercapai
2.	Inisialisasi Modul LoRa	Modul LoRa dapat bekerja pada frekuensi 915 MHz	Tercapai
3.	Pengiriman Data Menggunakan LoRa	Data mengirimkan data sensor menggunakan LoRa	Tercapai
4.	Integrasi gateway dengan server	Dapat mengirimkan data sensor dari gateway ke server firebase	Tercapai

Komunikasi data antara bagian *node* dan *gateway* sudah berfungsi dengan baik. Pada bagian *node*, mikrokontroler sudah dapat menginisialisasi program dan modul LoRa sudah dapat bekerja pada frekuensi 915 MHz. Data hasil pengukuran sensor dapat dikirimkan menggunakan LoRa dari *node* ke *gateway* dengan menggunakan antena *sleeve dipole* 3dBi. Pengujian proses komunikasi data antara *node* dan *gateway* dilakukan dengan jarak jangkauan yang bervariasi mulai dari 10 meter sampai 500 meter. Berdasarkan pengujian yang dilakukan bagian *gateway* sudah dapat

menerima data yang dikirim oleh bagian *node* dengan sesuai. Namun terdapat perbedaan data yang diterima ketika pengujian pada jarak jangkauan 300 meter.

Berdasarkan data hasil pengujian, perubahan jarak tidak terlalu berpengaruh terhadap *delay* pengiriman data. Dengan pengukuran 10 sampel data, jarak memengaruhi nilai RSSI baik pada kondisi LOS ataupun kondisi NLOS. Selain memengaruhi terhadap nilai RSSI, perubahan jarak juga berpengaruh terhadap nilai SNR (*Signal to Noise Ratio*). Nilai SNR yang dihasilkan masih dalam rentang spesifikasi LoRa yaitu antara -20 dB sampai +10 dB.

Kesimpulan

Berdasarkan hasil perancangan, pengujian, dan analisis sistem, diperoleh kesimpulan sebagai berikut. Sensor YL-69 pada bagian *node* mampu mendeteksi kelembaban tanah baik dalam kondisi kering maupun basah. Keefektifan sensor kelembaban YL-69 terbukti cukup baik, dengan nilai rata-rata eror sebesar 0,077%. Sensor ini menunjukkan eror terkecil 0% dan eror terbesar mencapai 0,016%. Sementara sensor pH *electrode probe* memiliki nilai eror terbesar sebesar 0,034% dan eror terkecil 0,021%, dengan rata-rata eror sebesar 0,0288%. Bagian *node* dan *gateway* berhasil beroperasi pada frekuensi 915MHz. Sistem dapat berfungsi dalam kondisi *Line of Sight* (LOS) dengan jarak maksimal 500 meter, sementara pada kondisi *Non-Line of Sight* (NLOS) tetap dapat berfungsi baik pada jarak maksimal 50 meter. Namun, ketika melebihi jarak maksimal, sistem rentan terhadap *noise* akibat adanya hambatan seperti bangunan dan pepohonan, yang dapat mengganggu komunikasi menggunakan teknologi LoRa. Perubahan jarak dapat mempengaruhi nilai *Received Signal Strength Indicator* (RSSI) dan *Signal-to-Noise Ratio* (SNR) yang terdeteksi di *gateway*, tetapi tidak berdampak pada nilai *delay* pengiriman data. Pada kondisi LOS dengan jarak maksimal 500 meter, nilai RSSI tertinggi mencapai -98 dBm, dan SNR sebesar 3,75 dB pada jarak maksimal 50 meter. Sedangkan pada kondisi NLOS dengan jarak maksimal 500 meter, nilai RSSI tertinggi mencapai -104 dBm, dan SNR sebesar -2,00 dB pada jarak maksimal 50 meter. Sementara nilai *delay* rata-rata pengiriman data adalah 2,118 detik. Semakin jauh jangkauan dan semakin banyak hambatan di lokasi pengujian, nilai RSSI dan SNR cenderung menurun, menyebabkan melemahnya kekuatan sinyal.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Politeknik Negeri Bandung atas dukungan finansialnya pada penelitian ini. Khususnya kepada UPPM yang telah memfasilitasi kegiatan penelitian ini.

Daftar Notasi

<i>pH</i>	=	Kadar keasaman [-]
<i>RSSI</i>	=	<i>Received Signal Strength Indication</i> [dBm]
<i>SNR</i>	=	<i>Signal to Noise Ratio</i> [dB]
<i>LOS</i>	=	<i>Ligne of Sight</i>
<i>NLOS</i>	=	<i>Non-Ligne of Sight</i>

Daftar Pustaka

- Admin Distan. (n.d.).(2021). Pengaruh pH Tanah Terhadap Pertumbuhan Tanaman. [Online]. Tersedia: <https://distan.bulelengkab.go.id/informasi/detail/berita/40-pengaruh-ph-tanah-terhadap-pertumbuhan-tanaman>.
- Arafat, Y., & Setyati, E. (2020). Desain dan Implementasi Wireless Sensor Network Menggunakan LoRa untuk Pemantauan Tingkat Pencemaran Udara di Kota Surabaya. *Teknologi: Jurnal Ilmiah Sistem Informasi*, 10(2), 75-84.
- Arijuddin, H., Bhawiyuga, A., & Amron, K. (2019). Pengembangan Sistem Perantara Pengiriman Data Menggunakan Modul Komunikasi LoRa dan Protokol MQTT pada Wireless Sensor Network. *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, 3(2), 1655-1659.
- Badan Pusat Statistik. (2021). Indikator Ekonomi Oktober 2021, Jakarta <https://www.bps.go.id/publication/2021/12/27/12f189f36429a9c71a183094/indikator-ekonomi-oktober-2021.html>
- Djumali, M. S. (2014). Pengaruh Kelembaban Tanah Terhadap Karakter Agronomi, Hasil Rajangan Kering Dan Kadar Nikotin Tembakau. *Berita Biologi*, 13(1), 41-46.
- Gunawan, R., Andhika, T., & Hibatulloh, S. F. (2019). Sistem Monitoring Kelembaban Tanah, Suhu, pH dan Penyiraman Otomatis pada Tanaman Tomat Berbasis Internet of Things. *TELEKONTRAN*, 7(1), 66-78.
- Hendrawati, T. D., Maulana, N., & Al Tahtawi, A. R. (2019) *JTERA (Jurnal Teknologi Rekayasa) Kemenristekdikti*, 4(2), 283-292.
- Karamina, H., Fikrinda, W., & Murti, A. T. (2017). Kompleksitas Pengaruh Temperatur dan Kelembaban Tanah Terhadap Nilai pH Tanah di Perkebunan Jambu Biji Varietas Kristal (*Psidium guajava* L.) Bumiaji, Kota Batu. *Jurnal Kultivasi*, 16(3), 587-595.

- Maulana, F. A., Haidar, A., & Fadhlán, M. Y. (2021). Perancangan dan Realisasi Sistem Komunikasi Data dengan Pemanfaatan Protokol Komunikasi LoRa pada Aplikasi Smartphone di Area Sulit Koneksi Internet. *Prosiding The 12th Industrial Research Workshop and National Seminar (IRWNS) Bandung*, 626-632.
- Prabowo, R., & Subantoro, R. (2017). Analisis Tanah sebagai Indikator Tingkat Kesuburan Lahan budidaya Pertanian di Kota Semarang, 2(2), 37-46.
- Sabiq, A., & Budisejati, P. N. (2017). Sistem Pemantauan Kadar pH, Suhu dan Warna pada Air Sungai Melalui Web Berbasis Wireless Sensor Network. *Jurnal Teknologi dan Sistem Komputer*, 5(3), 94-100.
- Sahbani, R., & Azwar, H. (2019). Pengiriman Data Sensor Suhu Dan Asap Menggunakan Longe Range (LoRa). 9th *Applied Business and Engineering Conference Politeknik Caltex Riau*, 1063-1080.
- Syafiqoh, U., Yudhana, S., & Arafat, Y. (2018). Pengembangan Wireless Sensor Network Berbasis Internet of Things untuk Sistem Pemantauan Kualitas Air dan Tanah Pertanian. *Jurnal Informatika: Jurnal Pengembangan IT (JPIT)*, 3(2), 285-289.
- Wardhana, W. G., Hariyanto, T., & Utomo, T. B. (2021). Perancangan dan Realisasi Sistem Komunikasi Darurat Menggunakan Radio LoRa yang Terintegrasi dengan Smartphone Melalui Bluetooth. *Prosiding The 12th Industrial Research Workshop and National Seminar (IRWNS) Bandung*, 696-702.
- Wisduanto, R. G., Bhawiyuga, A., & Kartikasari, D. P. (2019). Implementasi Sistem Akuisisi Data Sensor Pertanian Menggunakan Protokol Komunikasi LoRa. *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, 3(3), 2201-2207