

Prototype Alat Monitoring Suhu, Kelembaban dan Kecepatan Angin Untuk Smart Farming Menggunakan Komunikasi LoRa dengan Daya Listrik Menggunakan Panel Surya

Meyhart Torsna Bangkit Sitorus¹; Novi Kurniasih²; Dewi Purnama Sari³

^{1, 2, 3} Institut Teknologi PLN

¹ bangkit@itpln.ac.id

² dewi@itpln.ac.id

ABSTRACT

Recently, the application of Internet of Things (IoT) has been widely used in agriculture and plantations. In agriculture and plantations, the problem of plant growth and development is an important problem because it is very dependent on abiotic (physical) and biotic (biological) factors. Abiotic (physical environmental) factors such as temperature, humidity (air and soil), lighting, wind speed, planting media and fertilizers greatly affect plant growth and are often difficult to monitor. In order for plant growth to be good, it is necessary to continuously monitor abiotic and biotic factors in the environment where plants grow. The goal of implementing IoT in agriculture is to be able to automate all aspects of agriculture and farming methods to make the process more efficient and effective. In this research, a prototype was made to monitor temperature, air and soil humidity and wind speed on agricultural land by utilizing LoRa communication as an IoT support device in the smart farming with the advantage of using electrical power sourced from solar energy. Here the data will be displayed on a Cayenne platform as user interface for remote monitoring. Thus users can directly monitor abiotic factors (environmental physical factors) from where plants grow and develop. From monitoring, the necessary actions can be taken so that plants can grow and develop properly.

Keywords: Abiotic Factors, Internet of Things (IoT), Smart Farming, LoRa, Solar Panels

ABSTRAK

Belakangan ini penerapan Internet of Things (IoT) banyak dimanfaatkan pada bidang pertanian dan perkebunan. Pada bidang pertanian dan perkebunan, permasalahan tumbuh kembang tumbuhan merupakan permasalahan yang penting karena sangat bergantung pada faktor abiotik (fisik) dan biotik (biologis). Faktor abiotik (faktor lingkungan fisik) antara lain seperti suhu, kelembaban (udara dan tanah), pencahayaan, kecepatan angin, media tanam dan pupuk sangat mempengaruhi tumbuh kembang tumbuhan dan seringkali sulit terpantau. Agar tumbuh kembang tanaman dapat baik, maka perlu dipantau secara terus menerus faktor abiotik maupun biotik pada lingkungan tempat tumbuhnya tanaman. Tujuan diterapkan IoT dalam bidang pertanian agar dapat mengotomatisasi semua aspek pertanian dan metode pertanian untuk membuat proses lebih efisien dan efektif. Dalam penelitian ini dibuat sebuah prototipe untuk memantau suhu, kelembaban udara dan tanah serta kecepatan angin pada lahan pertanian dengan memanfaatkan komunikasi LoRa sebagai perangkat pendukung IoT dalam penerapan smart farming dengan keunggulannya menggunakan daya listrik yang bersumber dari energi matahari. Di sini data akan ditampilkan pada sebuah platform Cayenne sebagai user interface untuk dilakukan pemantauan dari jarak jauh. Dengan demikian pengguna dapat secara langsung memantau faktor abiotik (faktor fisik lingkungan) dari tempat tumbuh kembangnya tanaman. Dari pemantauan dapat dilakukan tindakan-tindakan yang diperlukan agar tanaman dapat tumbuh kembang dengan baik.

Kata kunci: Faktor Abiotik, Internet of Things (IoT), Smart Farming, LoRa, Panel Surya

1. PENDAHULUAN

Pertanian merupakan salah satu bidang yang menjadi sumber daya yang penting bagi kehidupan masyarakat. Dikarenakan kebutuhan masyarakat yang berasal dari sumber daya pertanian sangat kompleks dan meliputi kebutuhan pokok dalam hal bahan pangan, bahan baku industri, sumber energi serta untuk pengelolaan lingkungan hidup. Untuk itu karena sangat pentingnya bidang pertanian bagi kehidupan masyarakat maka bidang ini harus mendapat perhatian khusus. Salah satu negara berkembang yang memfokuskan pembangunan di bidang pertanian yaitu negara Indonesia. Maka dari itu Indonesia dikenal sebagai negara agraris.

Indonesia yang dikenal sebagai negara agraris mengandalkan sektor pertanian sebagai sumber mata pencaharian utama masyarakat maupun sebagai penopang pembangunan. Dimana sektor pertanian meliputi subsektor tanaman bahan makanan, hortikultura, perikanan, peternakan, dan kehutanan. Pertanian merupakan salah satu sektor yang sangat dominan dalam pendapatan masyarakat di Indonesia karena mayoritas penduduk Indonesia bekerja sebagai petani. Namun sampai saat ini produktivitas pertanian di Indonesia masih jauh dari harapan. Salah satu faktor penyebab kurangnya produktivitas pertanian adalah sumber daya manusia yang masih rendah dalam mengolah lahan pertanian dan hasilnya.

Mayoritas petani di Indonesia masih menggunakan sistem manual dalam pengolahan lahan pertanian. Diantaranya yaitu dalam hal membajak tanah, memberi pupuk, mengairi sawah, menghalau hama, melihat tingkat air pada tanaman serta menjaga tingkat kesuburan tanah. Sehingga dengan kegiatan pengelolaan tanah seperti ini berpotensi untuk kehilangan mutu dari standar kerjanya karena dilakukana secara berulang oleh manusia. Selain dari itu masalah lain yang akan timbul yaitu manusia pasti akan melakukan kesalahan sehingga pengolahan tanah menjadi tidak efektif dan efisien. Faktor lain yang memiliki efek parah pada produksi pertanian yaitu adanya pengaruh dari perubahan iklim yang menyebabkan mengarah pada produktivitas yang lebih rendah, karena guncangan iklim dan cuaca akan menimbulkan penyakit ladang yang memberikan dampak masalah besar bagi petani. Akibatnya tanaman menjadi sensitif dan rentan sehingga petani harus menggunakan banyak pestisida untuk menghentikan perkembangan penyakit. Efek yang ditimbulkan dari pendekatan dalam manajemen lahan yang dilakukan secara manual memiliki banyak inefisiensi seperti interaksi manusia yang lebih tinggi, biaya tenaga kerja, konsumsi daya dan konsumsi air.

Perkembangan teknologi di era industri 4.0 menuntut masyarakat untuk mengikuti proses perkembangannya dan beradaptasi dengan teknologi yang semakin pesat guna menuju masyarakat yang kreatif, inovatif dan mandiri serta mampu memanfaatkan teknologi dan sumber daya lokal untuk menghasilkan produk berdaya saing tinggi. Salah satu upaya dalam pemanfaatan teknologi saat ini yaitu dengan memanfaatkan teknologi *Internet of Things* (IoT) untuk membantu proses pemantauan dan pengontrolan peralatan dari jarak jauh. IoT adalah kombinasi dari data diseluruh dunia, hal yang terkait dengan web, dan merupakan komponen integral dari internet di masa depan. Dalam proses otomatisasi, IoT mengumpulkan data menggunakan sensor dan memproses data menggunakan pengontrol serta menyelesaikan proses otomatisasi dengan menggunakan aktuator yang kemudian data yang didapat bisa dikirimkan ke internet pada sebuah *database*[1]. Penerapan IoT dimaksudkan untuk proses otomatisasi dengan tujuan mengurangi interaksi manusia dengan perangkat. Belakangan ini penerapan IoT banyak dimanfaatkan pada bidang pertanian dan perkebunan. Tujuan diterapkan IoT dalam bidang pertanian agar dapat mengotomatisasi semua aspek pertanian dan metode pertanian untuk membuat proses lebih efisien dan efektif.

Pada bidang pertanian dan perkebunan, permasalahan tumbuh kembang tumbuhan merupakan permasalahan yang penting karena sangat bergantung pada faktor abiotik (fisik) dan biotik (biologis). Faktor abiotik atau disebut faktor lingkungan fisik sangat mempengaruhi dan seringkali sulit

terpantau. Sedangkan faktor biotik merupakan gangguan dari hewan, serangga, dan penyakit[2]. Faktor lingkungan fisik yang mempengaruhi tumbuh kembang tumbuhan antara lain suhu (udara dan tanah), pencahayaan (kualitas, intensitas dan durasi), kadar air (tidak terlalu basah maupun kering tergantung tanamannya), angin (kadar CO₂), media tanam dan pupuk[2]. Agar tumbuh kembang tanaman dapat baik, maka perlu dipantau secara terus menerus faktor abiotik maupun biotik pada lingkungan tempat tumbuhnya tanaman. Apabila tanaman skala kecil seperti di rumah mungkin tidak begitu merugikan apabila tidak terpantau, namun skala besar seperti pertanian atau perkebunan yang luas tentu faktor-faktor ini sangat mempengaruhi keuntungan yang didapat.

Beberapa tahun belakangan ini telah banyak penelitian yang dilakukan oleh para peneliti dalam mengembangkan alat pemantauan menggunakan IoT untuk melihat kondisi di lingkungan pertanian maupun perkebunan. Diantaranya yaitu melakukan pengembangan prototipe kapsul pintar untuk mengukur kelembaban pada karung padi yang disimpan di berbagai lokasi di dalam gudang. Kapsul pintar ini menggunakan mikrokontroler Node MCU ESP8266 dan sensor kelembaban SHT21 untuk mengirim data ke server Blynk melalui jaringan Wi-Fi. Adapun penggunaan aplikasi mobile Blynk di sini untuk memantau dan menampilkan data kelembaban secara real-time melalui dashboard digital yang selanjutnya data-data kelembaban yang dikumpulkan tersebut dianalisis lebih lanjut dan digunakan untuk mengembangkan sistem penyimpanan padi untuk masa depan. Dalam proses kerjanya ketika kapsul pintar kehilangan kontak dengan server Blynk maka pemberitahuan dikirim ke orang yang bertanggung jawab secara tepat waktu[3].

Selain penelitian di atas pernah juga dilakukan penelitian dalam hal pengembangan sistem pengontrol jumlah aliran cahaya yang masuk dengan melakukan pengontrolan sudut reflektor. Dimana dalam penelitian ini, informasi lingkungan seperti suhu, kelembaban, karbon dioksida (CO₂), dan jumlah cahaya juga dipantau untuk mendapatkan lingkungan pertanian cerdas yang optimal. Di sini suhu dikontrol menggunakan ventilator dan pemanas. Selain data lingkungan yang diunggah ke server secara *real time*, juga dilakukan pengumpulan data sudut reflektor yang optimal selama lebih dari satu tahun. Karena adanya gerakan matahari yang berulang setiap tahun maka dapat dilakukan pengontrolan reflektor sesuai dengan akumulasi data ini. Sistem ini telah diimplementasikan sebagai server dan aplikasi *mobile* yang menyediakan berbagai sensor untuk kontrol lingkungan, Arduino, Wemos untuk *upload server* Wifi, dan pemantauan UI[4].

Pemanfaatan teknologi sensor dan jaringan nirkabel yang terintegrasi dengan IoT dalam mengumpulkan data-data *real time* dari berbagai parameter lingkungan telah dilakukan sebelum ini. Di sini sistem melibatkan teknik pengolahan citra untuk mengidentifikasi penyakit daun. Dalam hal ini mikrokontroler berperan menangani data ini dan mentrigger aktuator berdasarkan ambang batas yang ditentukan untuk mengendalikan kuantitas air pada tanaman tertentu. Selanjutnya transmisi data nirkabel dilakukan oleh keluaran dari modul Bluetooth dan kemudian dirancang sebuah aplikasi android untuk memantau sistem ini dari jarak jauh[5].

Sementara itu dalam penelitian yang lain pernah juga dilakukan pemantauan otomatis sistem irigasi aeroponik yang didasarkan pada IoT dan Raspberry Pi. Dimana sensor analog dan digital digunakan untuk mengukur suhu, kelembaban, tekanan, pH, aliran air dan tingkat larutan nutrisi. Sedangkan sistem kontrol digunakan untuk mengatur aktuator. Data sensor ditransmisikan melalui internet ke *server* untuk memudahkan pemantauan pengguna[6].

Pengembangan sistem irigasi dengan menerapkan sistem irigasi cerdas otomatis sebagai solusi untuk mengoptimalkan penggunaan air, energi, pupuk untuk tanaman pertanian, pernah dilakukan penelitiannya dengan memanfaatkan data *real time* dari jaringan sensor nirkabel untuk menjadwalkan irigasi. Dimana dilakukan uji software, terdiri dari jaringan nirkabel yang memantau kelembaban tanah, suhu, radiasi matahari, kelembaban, dan sensor pupuk yang tertanam di area akar

tanaman dan di sekitar pengujian. Dalam penelitian ini transmisi dan akuisisi data sensor nirkabel dikelola oleh *Access Point* (AP) menggunakan protokol ZigBee. Algoritma dibuat berdasarkan nilai ambang suhu dan kelembaban tanah yang diotomatiskan menjadi pengontrol mikro yang dapat diprogram untuk mengontrol waktu irigasi. Kebutuhan energi sistem sepenuhnya dipasok oleh panel surya photovoltaic (PV) yang dilengkapi dengan unit penyimpanan energi. Data eksperimen yang diperoleh dari prototipe ini akan dimodelkan dan dioptimalkan untuk menyelidiki profil produksi makanan sebagai fungsi dari konsumsi energi dan air. Selain itu, pengujian prototipe ini juga dicobakan dengan melibatkan pengaruh kondisi cuaca ekstrim pada produksi pangan. Dengan adanya pendekatan holistik akan mengeksplorasi hubungan antara sumber daya air dan energi, dan hasil panen untuk beberapa tanaman penting dalam upaya merancang metode yang lebih berkelanjutan untuk memenuhi perkiraan lonjakan permintaan[7].

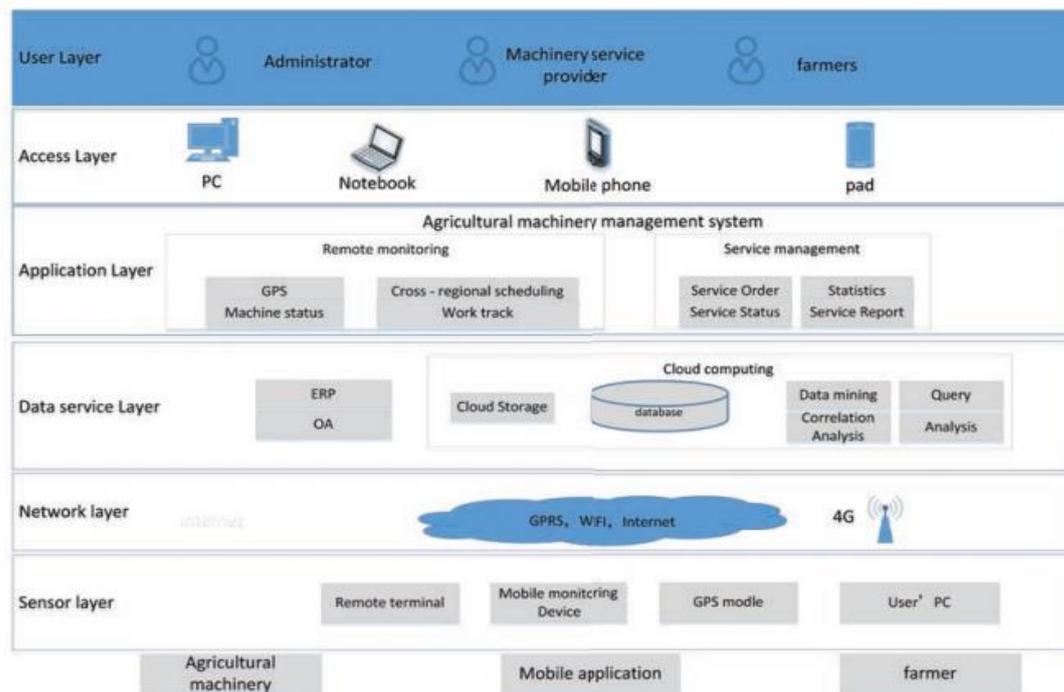
Oleh karena itu dalam penelitian ini akan dibuat prototipe untuk memantau suhu, kelembaban udara, kelembaban tanah dan kecepatan angin pada lahan pertanian dengan memanfaatkan komunikasi LoRa sebagai perangkat pendukung IoT dalam penerapan *smart farming* dengan keunggulannya menggunakan daya listrik yang bersumber dari energi matahari. Dalam penelitian ini data akan ditampilkan pada sebuah *platform* Cayenne sebagai *user interface* untuk dilakukan pemantauan dari jarak jauh. Dengan demikian pengguna dapat secara langsung memantau faktor abiotik atau faktor fisik lingkungan dari tempat tumbuh kembangnya tanaman. Dari pemantauan dapat dilakukan tindakan-tindakan yang diperlukan agar tanaman dapat tumbuh kembang dengan baik.

2. METODE/PERANCANGAN PENELITIAN

2.1. Internet of Things dan Penerapannya dalam Pertanian

Internet of Things (IoT) adalah jaringan yang menghubungkan segala jenis peralatan dengan internet. IoT memiliki tujuan untuk mengendalikan peralatan dari jarak jauh yang dikombinasikan dengan jaringan internet. IoT mendeskripsikan dunia dimana manusia dikelilingi oleh mesin yang dapat berkomunikasi satu sama lain dan membantu manusia untuk berinteraksi dengan dunia digital[8]. IoT merupakan kumpulan benda fisik (*hardware*) yang mampu bertukar informasi antara sumber informasi maupun perangkat lainnya yang terhubung ke dalam sebuah sistem sehingga dapat memberikan manfaat yang lebih besar.

Penggunaan IoT dalam pertanian melibatkan banyak hal termasuk arsitektur, sensor, pengkodean, dan jaringan[12][13][14]. Sistem IoT dalam pertanian memiliki 6 lapisan di dalamnya[15]. Lapisan pertama yaitu lapisan sensor, bertugas untuk mendapatkan informasi baik itu lokasi, keadaan, maupun kerja dari mesin. Sedangkan lapisan kedua adalah lapisan jaringan yang bertugas mengirimkan informasi yang telah didapatkan pada lapisan sensor ke dalam layanan data menggunakan GPRS, Wi-Fi, Intranet dan sistem komunikasi *mobile*. Lapisan ketiga merupakan lapisan layanan data, dimana informasi yang telah didapatkan akan diolah dan disimpan dalam *cloud computing*. Selanjutnya lapisan keempat yaitu lapisan aplikasi yang mengatur informasi yang sudah tersimpan di dalam lapisan layanan data. Lapisan kelima adalah lapisan akses, terdiri dari PC, *notebook*, telepon genggam, dan perangkat pintar lainnya yang bisa menjalankan *software* aplikasi. Terakhir adalah lapisan *user* yang berfungsi sebagai pengguna yang mengakses sistem ini[9].



Gambar 1. Arsitektur Sistem IoT

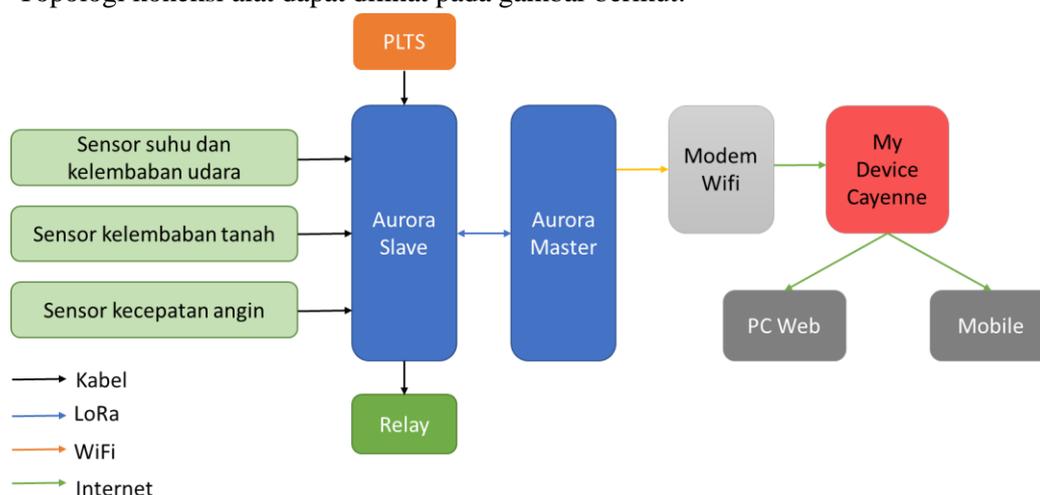
2.2. Perancangan Alat

Penelitian ini dalam perancangannya menggunakan dua buah perangkat LoRa Aurora yang tersambung dengan ESP32 sebagai mikrokontrolernya. Salah satu LoRa Aurora berperan sebagai penerima data dari sensor suhu, kelembaban dan kecepatan angin yang ditempatkan di luar ruangan yang disebut sebagai Aurora *slave*. Sedangkan LoRa Aurora lainnya berperan sebagai penerima data dari Aurora *slave* yang dapat berinteraksi langsung dengan internet menggunakan Wi-Fi. LoRa Aurora ini mencatat data yang dikirim dari Aurora *slave* ke *platform* Cayenne yang berikutnya dikenal sebagai Aurora *master*.

Komunikasi antara Aurora *slave* dan *master* menggunakan jaringan komunikasi LoRa dimana pada kedua modul tersebut sudah terpasang modul komunikasi LoRa. ESP32 sendiri adalah sebuah perangkat mikrokontroler yang sudah punya kemampuan untuk melakukan komunikasi internet lewat Wi-Fi[10][11]. Aurora *slave* dipasang di luar ruangan dan disambungkan dengan beberapa sensor yaitu sensor suhu dan kelembaban udara DHT22, sensor kelembaban tanah, sensor kecepatan angin (anemometer) JL-FS2 dan sebuah aktuator relay. Karena perangkat berada di luar ruangan dan jauh dari sumber energi listrik, maka energi listrik yang dipakai adalah bersumber dari modul surya dengan menambahkan baterai sebagai *backup* nya.

Aurora *master* berperan untuk mengkoneksikan dirinya dengan modem Wi-Fi agar dapat berkomunikasi dengan My Device Cayenne melalui jaringan internet. Data yang didapat dari Aurora *slave* dicatat dalam database My Device Cayenne. Untuk menampilkan data dari My Device Cayenne dapat menggunakan aplikasi *web* yang terdapat pada PC dengan mengakses ke situs My Device Cayenne dan melakukan *login* serta memilih perangkat Aurora untuk melihat isinya. Hal ini juga bisa dilakukan melalui penggunaan *smart phone* yang menggunakan aplikasi *web* atau membuat aplikasi sendiri dengan mengakses ke *database* My Device Cayenne yang sudah dibuat.

Topologi koneksi alat dapat dilihat pada gambar berikut.



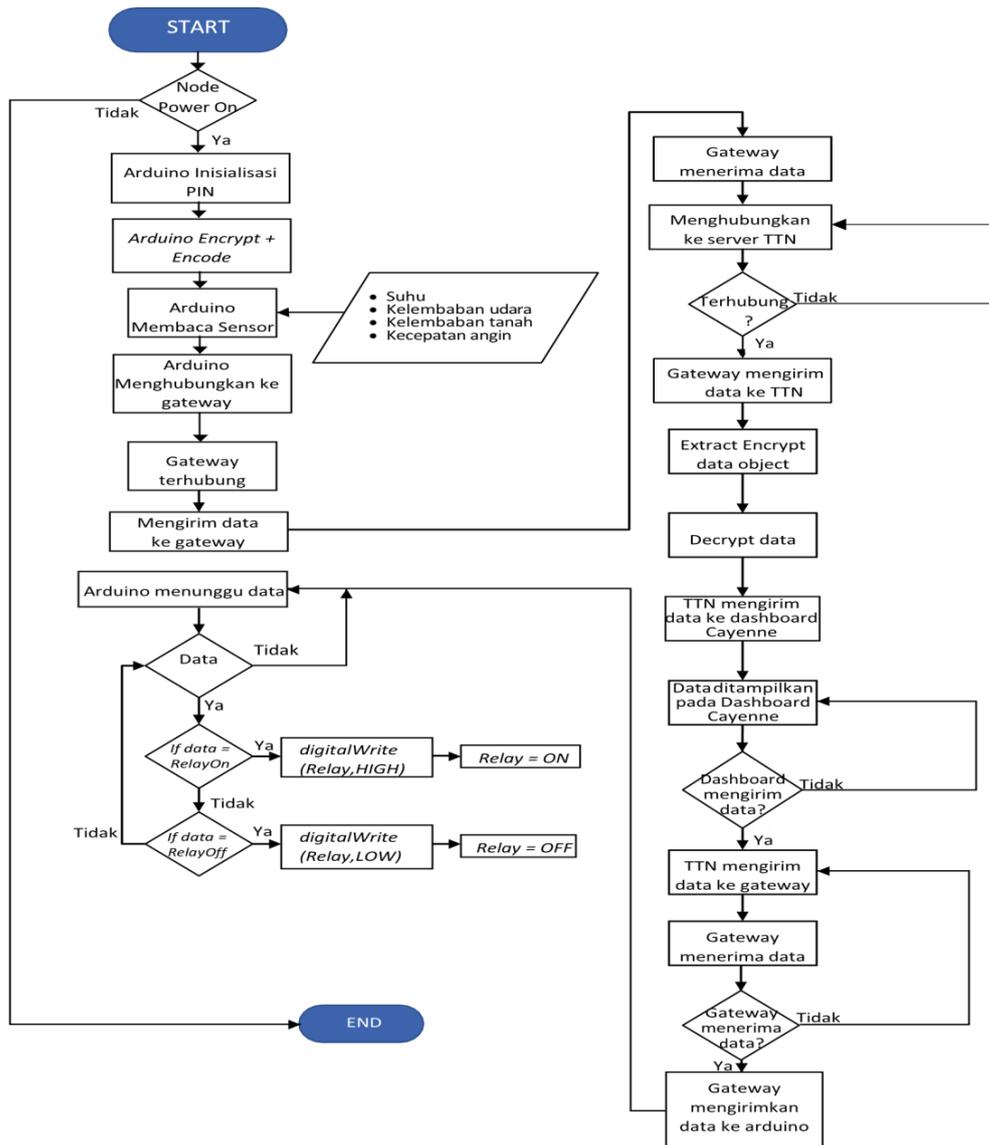
Gambar 2. Diagram Hubungan Peralatan

2.3. Cara Kerja Alat

Pada saat perangkat keras dinyalakan, langkah awal yang dilakukan yaitu inisialisasi PIN/port Arduino yang akan digunakan oleh sensor dan aktuator/relay. Setelah proses inisialisasi selesai, selanjutnya dilakukan proses *Encrypt* dan *Encode* kunci sesi jaringan “nwkSKey” 128-bit dan kunci sesi aplikasi “appSKey” 123-bit secara berurutan beserta juga alamat perangkat “*Device Address*”. Kemudian selanjutnya perangkat keras akan menjelaskan sensor dan membaca data yang didapat dari sensor.

Setelah perangkat mendapatkan data dari sensor, perangkat akan mencoba untuk menghubungkan ke *gateway* dan apabila tidak terhubung maka perangkat akan kembali membaca sensor dan apabila perangkat terhubung dengan *gateway* maka data dari sensor akan dikirimkan ke *gateway* yang kemudian akan diteruskan ke *server* LoRaWAN. Di sini *server* LoRaWAN terlebih dahulu melakukan *Decrypt* data dan mencocokkan kunci sesi jaringan “nwkSKey” dan kunci sesi aplikasi “appSKey” beserta alamat perangkat. Kemudian jika semua sudah sesuai dengan apa yang terdaftar pada *server* oleh *The Things Network* (TTN) maka data-data yang didapat akan diteruskan oleh TTN ke *dashboard* Cayenne. Selanjutnya data-data dari sensor yang terdapat pada perangkat, dapat tampil pada *dashboard* tersebut. Disini *dashboard* Cayenne berfungsi melakukan pengiriman data ke perangkat untuk mengendalikan *relay* yang terdapat pada perangkat.

Pada perangkat keras atau Node, setelah melakukan pengiriman data ke *server*, perangkat akan menunggu balasan atau umpan balik dari *server* dengan waktu tertentu. Apabila tidak ada umpan balik dari *server*, maka proses dari program akan selesai dan memulai program dari awal lagi dan jika ada data yang dikirimkan melalui *Platform PC* maupun *smartphone* ke *server*, data tersebut akan dipakai untuk mengendalikan *relay* yang terpasang pada perangkat.



Gambar 3. Diagram Cara Kerja Alat

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Peralatan-peralatan yang digunakan dalam perancangan *prototype* ini selanjutnya dirakit dan diprogram agar bisa saling berkomunikasi sebagaimana digambarkan pada topologi di atas. Selanjutnya dilakukan pengujian dengan menghidupkan alat dan melihat bagaimana alat dapat saling berkomunikasi. Di sini Aurora *master* akan mencatat data yang diterima dari Aurora *slave* ke My Device Cayenne. Kemudian melalui penggunaan aplikasi *web* dari PC dibuka situs My Device Cayenne dan melihat data yang ditampilkan secara *real time* maupun secara *tenggang waktu* tertentu. Data yang ditampilkan disajikan dalam bentuk grafik.

Adapun Aurora *slave* yang dibuat dapat dilihat pada Gambar 3. Aurora *slave* ditempatkan agak tinggi agar anemometer dapat membaca kecepatan angin. Karena apabila Aurora *slave* ditaruh di bawah maka anemometer tidak dapat membaca kecepatan angin karena pada bagian bawah kecepatan angin tidak begitu kuat. Selanjutnya Aurora *master* dihidupkan dan memulai koneksi dengan modem Wi-Fi dan melakukan pencatatan lewat internet pada My Device Cayenne. Di sini posisi Aurora *master* ditempatkan di dalam ruangan.



Gambar 4. Aurora Slave Ditempatkan di Luar Ruangan dan Aurora Master di Dalam Ruangan

Hasil dari pengambilan data dapat dilihat dalam bentuk grafik melalui PC maupun *smartphone* pada *platform* Cayenne dengan gambar grafik sebagai berikut:



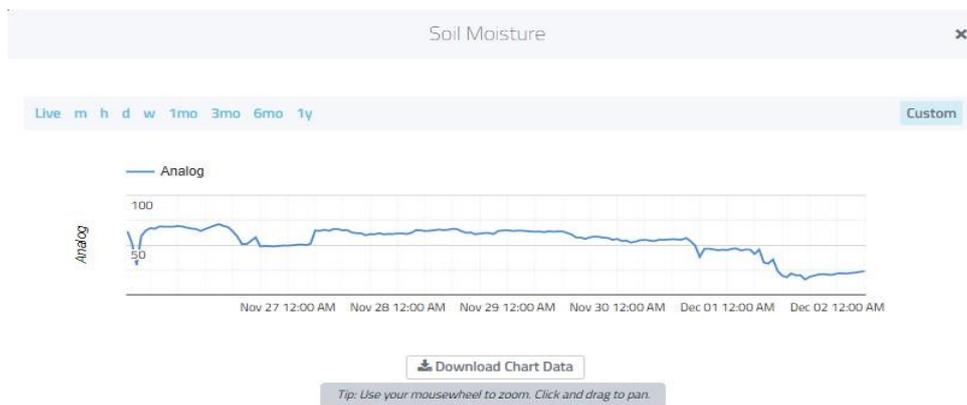
Gambar 5. Grafik Data Suhu Udara Selama 7 Hari

Grafik di atas menjelaskan mengenai tampilan data suhu udara di sekitar alat selama periode 7 hari yang diambil dari *platform* Cayenne. Dimana tampilan dari *platform* Cayenne menunjukkan suhu udara dingin di pagi hari dan panas di siang hari.



Gambar 6. Grafik Data Kelembaban Udara Selama 7 Hari

Grafik di atas menjelaskan mengenai tampilan data kelembaban udara sekitar alat selama periode 7 hari. Data menunjukkan kelembaban udara tinggi di siang hari dan rendah di malam hari. Jika dikaitkan dengan grafik suhu udara, memang benar jika udara panas lebih banyak membawa uap air dibandingkan udara dingin.



Gambar 7. Grafik Data Kelembaban Tanah Selama 7 Hari

Grafik di atas menjelaskan mengenai tampilan data kelembaban tanah dari tempat ditanamnya sensor kelembaban tanah selama periode 7 hari.



Gambar 8. Grafik Data Kecepatan Angin Selama 7 Hari

Grafik di atas menjelaskan mengenai tampilan data kecepatan angin tempat ditaruhnya anemometer selama periode 7 hari.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Dari penelitian ini menghasilkan sebuah *prototype* alat berbasis IoT dengan menggunakan sensor yang dapat membaca parameter lingkungan (faktor abiotik) seperti suhu, kelembaban udara, kelembaban tanah dan kecepatan angin untuk *smart farming*. *Prototype* alat tersebut diharapkan dapat membantu petani dalam memantau hasil pertanian secara efektif dengan perangkat LoRa Aurora yang mudah digunakan, dimana untuk informasi data-data (suhu, kelembaban udara, kelembaban tanah dan kecepatan angin) dari sensor secara *real time* yang terkirim ke perangkat tersebut dapat diakses langsung dari mana saja dan dimana saja artinya di sini petani tidak harus berada di lapangan selama 24 jam sehari, sehingga dengan demikian dapat meningkatkan efektifitas dalam pengelolaan pertanian yang memberikan dampak langsung terhadap peningkatan kualitas dan kuantitas produksi pertanian. Karena posisi *prototype* ini berada di luar ruangan dan jauh dari sumber listrik (PLN) maka untuk listriknya bersumber dari *battery* yang dapat diisi oleh panel surya.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Institut Teknologi PLN yang telah memberikan dukungan melalui bantuan dana hibah penelitian internal sehingga penulis bisa melaksanakan dan menyelesaikan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. McEwen and H. Cassimally, *Designing the Internet of Things*, 1st ed., Chicester: TJ International, 2014.
- [2] D. Decoteau, *Plant Physiology: Environmental Factors and Photosynthesis*, Pennsylvania, 1998.
- [3] P. Serikul, N. Nakpong, and N. Nakjuatong, "Smart Farm Monitoring via the Blynk IoT Platform: Case Study: Humidity Monitoring and Data Recording," in *16th International Conference on ICT and Knowledge Engineering (ICT&KE)*, 2018, pp. 1-6, doi: 10.1109/ICTKE.2018.8612441.
- [4] J. Choi, et. al., "Light Control Smart Farm Monitoring System with Reflector Control," in *20th International Conference on Control, Automation and Systems (ICCAS)*, 2020, pp. 69-74, doi: 10.23919/ICCAS50221.2020.9268238.
- [5] M. Sandeep, et. al., "IoT Based Smart Farming System," *International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET)*, volume 05, issue 09, pp. 1033-1036, September 2018.
- [6] M. Jagadesh, et. al., "IoT Based Aeroponics Agriculture Monitoring System Using Raspberry Pi," *International Journal of Creative Research Thoughts (IJCRT)*, volume 6, issue 1, pp. 601-608, February 2018.
- [7] Y. Mekonnen, et.al., "IoT Sensor Network Approach for Smart Farming: An Application in Food, Energy and Water System," in *2018 IEEE Global Humanitarian Technology Conference (GHTC)*, 2018, doi: 10.1109/GHTC.2018.8601701.
- [8] N. Wang and W. Wu, "The Architecture Analysis of Internet of Things," in *5th Computer and Computing Technologies in Agriculture (CCTA)*, Beijing, China, October 2011, pp. 193-198.

- [9] R. Zhang, F. Hao, and X. Sun, "The Design of Agricultural Machinery Service Management System Based on Internet of Things," *Procedia Computer Science*, volume 107, pp. 53-57, 2017.
- [10] Espressif Systems, ESP32-WROOM-32U Datasheet, versi 1.8, Shanghai, 2019.
- [11] Accessed: July 28, 2021. [Online]. Available: <https://www.arduino.cc/>
- [12] J. Yang, A. Sharma, and R. Kumar, "IoT Based Framework for Smart Agriculture," *International Journal of Agricultural and Environmental Information Systems*, volume 12, issue 2, pp. 1-14, April-June 2021.
- [13] A. Kumar Singh, "Applications of IoT in Agricultural System," *International Journal of Agricultural Science and Food Technology*, volume 6, issue 1, pp. 041-045, 26 May 2020.
- [14] R. Kumar Saini and C. Prakash, "Internet of Things (IoT) for Agriculture Growth using Wireless Sensor Networks," *Global Journal of Computer Science and Technology: E Network, Web & Security*, volume 20, issue 2, pp. 27-34, 2020.
- [15] A. Vimal Jerald and S. Albert Rabara, "Secured Architecture for Internet of Things (IoT) Enabled Smart Agriculture," *International Journal of Scientific & Technology Research (IJSTR)*, volume 9, issue 02, pp. 3707-3711, February 2020.