

Optimalisasi Penggunaan Sensor Pada Sistem Penyiraman Tanaman Kangkung Menggunakan Metode WSN

Ari Patriana^{1*)}, Arip², Willy Muhammad Fauzi³

¹Program Studi Teknik Mekatronika, Sekolah Tinggi Teknologi YBS Internasional, Tasikmalaya

^{2,3} Program Studi Teknik Informatika, Sekolah Tinggi Teknologi YBS Internasional, Tasikmalaya

^{1,2,3}Jl. Komplek Mayasari Plaza, Jl. Pasar Wetan, Argasari, Kec. Cihideung, Kota. Tasikmalaya, Jawa Barat 46122

email: ¹ari.patriana@gmail.com, ²aripethem@gmail.com, ³willymuhammadfauzi30@gmail.com

Abstract—Water spinach is one of the agricultural products that is often consumed by Indonesian people, so it has very high market demand. However, there are still many farmers who use the traditional method of watering plants by carrying water so that it does not increase plant productivity. This is also a problem because farmers are at risk of developing MSDs (musculoskeletal disorders). To support high market demand, technology is needed that can help farmers in the process of watering plants with high effectiveness and efficiency. In this research, optimization of the use of sensors was carried out using WSN (Wireless Sensor Network) to overcome the problem of increasing scale on large areas of land to be able to monitor park land and control the watering process. This system uses several sensors, including a water pressure sensor, waterflow sensor, soil pH sensor and soil moisture sensor. Apart from that, this research also created a warning system and recommendation system to help farmers in making decisions regarding plantation management. Farmers can monitor garden land and control watering from anywhere via the web application that has been created.

Abstrak—Kangkung merupakan hasil pertanian yang sering dikonsumsi oleh orang Indonesia sehingga memiliki permintaan pasar yang sangat tinggi. Akan tetapi para petani masih banyak yang menggunakan cara tradisional dalam proses penyiraman tanaman dengan membopong air sehingga kurang mendorong produktivitas tanaman. Hal tersebut juga menjadi masalah karena para petani memiliki risiko gangguan MSDs (musculoskeletal disorders). Untuk menunjang permintaan pasar yang tinggi maka diperlukan teknologi yang bisa membantu para petani dalam proses penyiraman tanaman yang memiliki efektivitas dan efisiensi yang tinggi. Pada penelitian ini dilakukan optimalisasi penggunaan sensor menggunakan WSN (Wireless Sensor Network) untuk mengatasi masalah *scale up* pada lahan yang luas untuk bisa memonitoring lahan kebun dan mengontrol proses penyiraman. Pada sistem ini digunakan beberapa sensor diantaranya sensor tekanan air, sensor debit air, sensor pH tanah dan sensor kelembapan tanah. Selain itu, pada penelitian ini juga dibuat *warning system* dan *recommender system* untuk membantu para petani dalam mengambil suatu keputusan dalam pengelolaan kebun. Para petani bisa memonitoring lahan kebun dan mengontrol penyiraman dari mana saja melalui aplikasi web yang telah dibuat.

Kata Kunci — Kangkung, Sistem Penyiraman IoT, WSN, *Warning System*, *Recommender System*

*) penulis korespondensi: Ari Patriana
Email: Aripatriana@gmail.com

I. PENDAHULUAN

Tanaman Kangkung merupakan tanaman yang populer dan sering dikonsumsi oleh penduduk Indonesia [1] Selama tiga tahun terakhir, produksi kangkung di Indonesia terus mengalami peningkatan. Pada tahun 2019, jumlah produksi kangkung mencapai 295.556 ton, sedangkan pada tahun 2021 menghasilkan 312.336 ton dan pada 2022, produksinya meningkat lagi menjadi 341.196 ton[2].

Kangkung termasuk dalam kelompok tanaman air atau bisa dikategorikan sebagai tanaman hidroponik karena memerlukan jumlah air yang cukup banyak untuk pertumbuhan dan perawatannya.. Ada 2 jenis kangkung yang beredar di Indonesia yaitu kangkung air dan kangkung darat, Menurut Edi [3] Perbedaan jenis kangkung ini adalah kangkung air (*Ipomea Aquatica Forsk*) yang tumbuh di air, beda dengan kangkung darat yang tumbuh di lahan tegalan dan lahan sawah.

Air dalam penanaman kangkung memiliki peran sebagai pengisi cairan, pelarut dan pengangkut unsur hara. Agar pertumbuhan kangkung merata, penting untuk mendistribusikan air secara merata dan teratur. Untuk mengatasi masalah ini, sebuah sistem penyiraman tanaman telah dikembangkan. Dengan menggunakan sistem ini, proses penyiraman tidak memerlukan campur tangan manusia lagi, sehingga dapat mengurangi risiko gangguan kesehatan seperti gangguan *musculoskeletal disorders*(MSDs) yang bisa dialami oleh petani yang menggunakan metode penyiraman tradisional [4]. Sehingga lebih menghemat waktu serta mengurangi pemborosan air [5]. Selain itu, memberi bantuan kepada petani dalam melaksanakan pekerjaan mereka[6].

Tanah merupakan peran penting dalam menunjang proses produksi tanaman dan jenis tanah di suatu daerah sangat berbeda beda tergantung dari komponen yang ada di dalamnya, dimana komponen tersebut dilihat dari tingkat keasaman tanah dan kelembaban tanah. Sifat tanah itu ditunjukkan pada nilai pH (Asam, Netral, dan Basa) dan nilai pH yang bagus digunakan untuk tanam berada di nilai netral 6,5 - 7,8. Kelembaban tanah akan menentukan ketersediaan air bagi tumbuhan, setiap tumbuhan sangat berbeda kondisi kelembaban tanah [7]. Akan tetapi para petani sering menanam pada kondisi lahan yang kurang baik yang akan berdampak negatif pada tumbuhan dan gagal panen. Oleh karena itu kualitas tanah pH dan

kelembaban merupakan satu hal penting serta harus mendapat penanganan khusus dalam pengelolaanya [8].

Pertanian 4.0 merupakan representasi teknologi pertanian di masa yang akan datang, didalamnya mencakup teknologi-teknologi kunci yang memungkinkan pertanian berkelanjutan. Dengan memanfaatkan teknologi yang canggih seperti *Internet of Things*, cara tradisional dalam bertani, seperti irigasi, mengalami perubahan menjadi modern dalam bentuk pertanian presisi [9]. Pemantauan lahan pertanian saat ini sudah bisa dilakukan dengan menggunakan teknologi *Internet of Things* yang bisa di pantau dimana saja dan kapanpun asalkan terkoneksi internet. Namun dalam kaitan ini masih terdapat kendala diantaranya kurangnya optimal data pemantauan lahan pertanian [10] dan belum adanya *Scale Up* terhadap pemantauan kondisi lahan dalam skala besar. Salah satu solusi agar optimalnya pemantauan lahan pertanian dalam skala besar dengan memanfaatkan *Wireless Sensor Network* (WSN) sebagai pembaca kondisi lahan pertanian. Dimana *Wireless Sensor Network* (WSN) ini adalah sekumpulan node yang dapat berupa sensor dan terhubung secara wireless ke node sentral atau server [8]. Setiap node terdiri dari *NodeMcu* sebagai mikrokontroler dan juga dilengkapi dengan sensor-sensor untuk mengukur tingkat keasaman dan kelembaban tanah. Sensor yang digunakan mencakup sensor pH tanah dan sensor kelembaban tanah. Node-node ini lah yang akan diperluas dalam skala besar dan akan terhubung satu samalain sehingga skema komunikasinya membentuk sebuah topologi. [11].

Wireless Sensor Network disingkat WSN, adalah teknologi yang sedang berkembang dengan pesat dan semakin luas saat ini. Pertumbuhan ini terkait dengan kemajuan teknologi sensor, sistem komunikasi, dan perkembangan teknologi digital secara umum. Dalam penelitian yang dilakukan oleh Goran, WSN dijelaskan sebagai perangkat mandiri yang tersebar secara luas, menggunakan sensor untuk memonitor berbagai kondisi lingkungan sekitar seperti suhu, suara, getaran, tekanan, dan gerakan di lokasi tertentu [12]. Penggunaan WSN menggunakan teknologi LoRa (*Long-Range Radio Frequency*) untuk mengawasi lingkungan, dapat menggunakan beberapa jenis sensor seperti sensor pH, kelembaban, dan sebagainya. Dalam hal ini, sensor pH dan kelembaban akan digunakan untuk memonitor tingkat keasaman serta kelembaban yang tinggi maupun rendah di lahan. [13]

II. PENELITIAN YANG TERKAIT

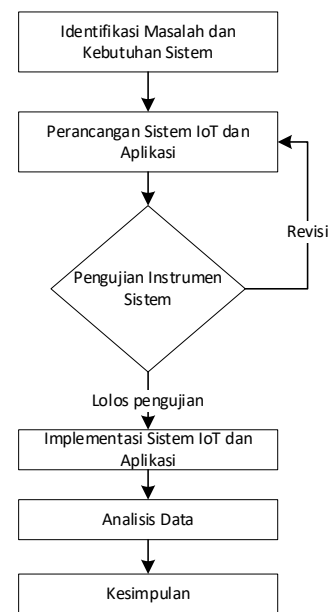
Penelitian yang terkait, sensor yang umum digunakan dalam sistem penyiraman tanaman yaitu sensor kelembaban tanah, sensor pH [14], [15], [16]. Dalam penelitian tersebut sensor-sensor digunakan sebagai bahan acuan untuk memonitoring kebun dan penyiraman tanaman baik secara otomatis atau terjadwal. Pada penelitian [17] penggunaan sensor masih menggunakan sistem *wiring* yang langsung terhubung pada *microcontroller* utama. Hal tersebut akan menjadi susah jika digunakan pada kebun dengan skala yang luas dan akan sangat rentan terhadap gangguan. Penggunaan *Wireless Sensor Network* menjadi salah satu jawaban dari permasalahan yang ada, beberapa penelitian menggunakan jaringan LoRa [13], [18], [19]. Dari penelitian yang telah dilaksanakan terdapat *gap* atau pembeda dengan penelitian yang sedang dilakukan yaitu upaya

optimalisasi penggunaan sensor menggunakan konsep WSN serta optimalisasi pemanfaatan data sensor menggunakan *warning system* dan *recommender system* sebagai *outcome* yang bisa digunakan untuk membantu keputusan para petani dalam mengelola kebun.

III. METODE PENELITIAN

A. Tahapan Penelitian

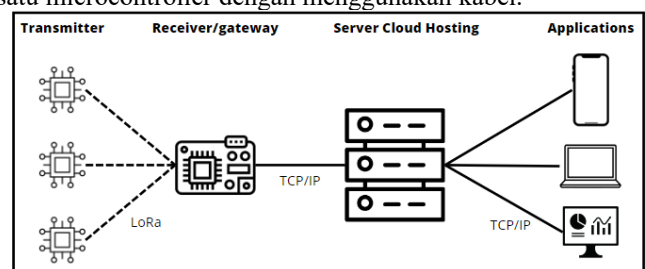
Untuk memudahkan proses penelitian dibuat tahapan-tahapan dengan mengadopsi beberapa tahapan penelitian *Research and Development* (R&D). Penggunaan Metode penelitian R&D diharapkan bisa menghasilkan suatu produk dan menguji keefektifan produk. Hal tersebut dilakukan agar suatu produk dapat berfungsi dan digunakan oleh masyarakat luas [20]. Tahapan penelitian disajikan pada gbr 1.



Gbr 1. Tahapan Penelitian

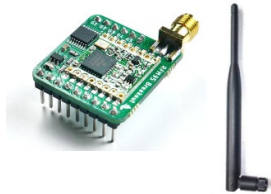
B. Alat dan Bahan

Pada tahapan identifikasi masalah dan identifikasi kebutuhan sistem ditemukan beberapa poin yang menjadi dasar untuk melakukan perancangan sistem secara keseluruhan. Pemilihan perangkat sensor untuk komponen *Internet of Things* menjadi poin penting dalam sistem ini. Karena sensor merupakan perangkat yang akan mengukur dan mendeteksi variabel dan data-data penting untuk memonitoring keadaan kebun. Untuk mengoptimalkan kinerja sensor maka harus menggunakan metode *Wireless Sensor Network* (WSN). Hal tersebut dilakukan untuk bisa mengatasi permasalahan yang ada dilapangan seperti skalabilitas sistem terhadap luas kebun. Berbeda dengan konsep sensor biasa yang masih terpusat pada satu microcontroller dengan menggunakan kabel.



Gbr 2. Topologi Jaringan LoRa

Untuk mendukung konsep WSN maka diperlukan sistem komunikasi nirkabel yang bisa mentransmisi data melalui jaringan dengan cepat dan mempunyai efisiensi energi. LoRa (*Long Range*) merupakan metode modulasi spektrum yang terinspirasi oleh teknologi *chirp spread spectrum* (CSS). Pendekatan modulasi oleh LoRa memastikan ketahanannya terhadap gangguan saluran, karena menggunakan *bandwidth* lengkap yang ditetapkan untuk mentransmisikan sinyal. Selain itu, keamanan sistem LoRa terjamin melalui penyebaran transmisi *pseudo-random*. Teknik modulasi ini menetapkan tingkat keamanan mendasar untuk sistem LoRa[21].



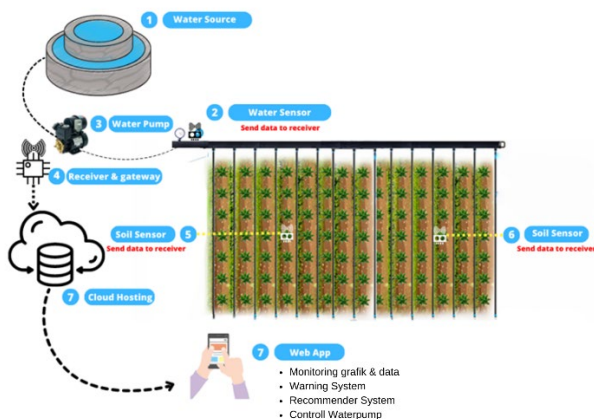
Gbr 3. Modul dan Antena LoRa

Gbr 3 merupakan Modul LoRa yang digunakan pada perangkat WSN yaitu tipe SX1276 dan Antena LoRa 915 MHz - 930 MHz.

Sensor yang digunakan diantaranya sensor pH, sensor kelembaban, sensor untuk mengukur debit serta tekanan air. Menggunakan *microcontroller* Arduino dan NodeMCU Selain itu, untuk memudahkan petani dalam mengelola kebun, dibuat aplikasi berbasis web dengan beberapa fitur seperti monitoring kebun, kontrol penyiraman kebun dan pemberian rekomendasi terhadap pemeliharaan kondisi kebun melalui notifikasi yang akan dikirimkan pada ponsel petani.

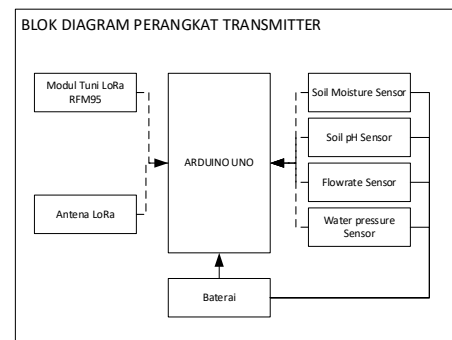
C. Perancangan

Penelitian dilakukan dengan memanfaatkan kebun Kelompok Tani Mekarjaya Mandiri Kecamatan Karangnunggal Kabupaten Tasikmalaya

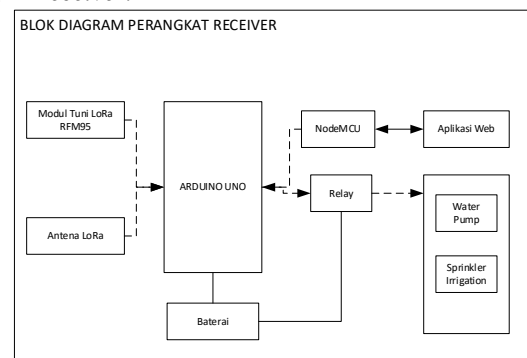


Gbr 4. Desain Sistem

Gambar diatas merupakan desain untuk Sistem Penyiraman Tanaman menggunakan *Wireless Sensor Network*. Rancangan WSN dibuat dengan dua buah perangkat yaitu perangkat *transmitter* dan perangkat *receiver*. Adapun masing-masing perangkat dijelaskan pada gbr 1 dan gbr 2.

Gbr 5. Blok Diagram *Transmitter*

Pada Gbr 5 terdapat rancangan blok diagram *transmitter* yang berfungsi untuk mengirimkan data-data hasil pemantauan kebun. Data tersebut dikirim melalui jaringan lokal LoRa ke perangkat *receiver*.

Gbr 6. Blok Diagram *Receiver*

Rancangan Perangkat *receiver* pada Gbr 6 berfungsi untuk menerima data yang dikirimkan perangkat *transmitter*. Selain itu perangkat transmitter juga bertugas mengirimkan data dari masing-masing transmitter ke server untuk nantinya data tersebut diolah dan bisa dilihat oleh para petani.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Implementasi

Implementasi sistem diawali dengan memasang perangkat *transmitter* yang berisi sensor kelembaban dan sensor tanah untuk dipasang pada tanah dikebun dan perangkat *transmitter* yang berisi sensor tekanan air dan sensor debit air untuk dipasang pada saluran pipa utama. Sensor yang dipasang pada pipa tidak akan mengirim data apabila tidak dalam proses penyiraman.



Gbr 7. Implementasi Transmitter sensor tanah pada kebun



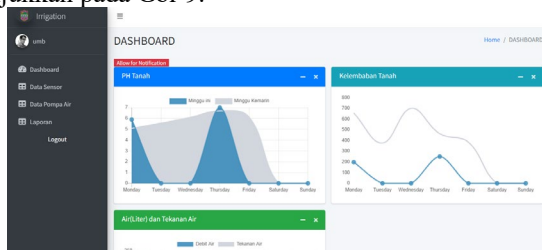
Gbr 8. Implementasi Transmitter Sensor Air

Transmitter yang ditunjukkan pada Gbr 7 dan Gbr 8 akan mengirimkan data kepada *receiver* yang bertindak sebagai penerima data untuk diteruskan ke server. Selain itu, *receiver* juga bertindak sebagai perangkat yang terhubung ke *relay* untuk mengontrol pompa air pada proses penyiraman tanaman.



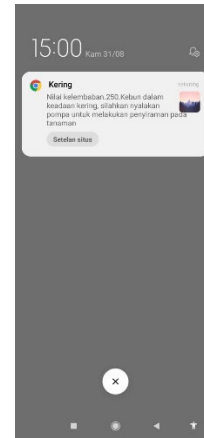
Gbr 9. Implementasi Perangkat Receiver

Aplikasi berbasis web dibuat untuk memudahkan petani dalam proses monitoring kebun, pengontrolan pompa air, serta menjadi pendukung keputusan para petani dalam pemeliharaan tanaman kangkung pada kebun. Tampilan dashboard akan membantu para petani melihat dan memonitoring kebun melalui grafik yang ada, selain itu petani bisa melihat data dan mengambil data sensor pada menu *sidebar* seperti yang ditunjukkan pada Gbr 9.

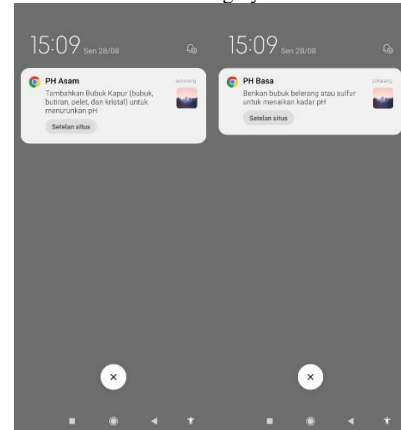


Gbr 10. Tampilan Dashboard Aplikasi Web

Sebagai upaya untuk bisa mengoptimalkan peran sensor pada proses penyiraman dan proses pertumbuhan tanaman dibuat notifikasi untuk *warning system* dan *recommender system*. Sistem akan mengirimkan peringatan berupa notifikasi apabila kondisi kelembaban tanah pada kebun dalam keadaan kering. Selain itu, sistem juga akan memberikan rekomendasi cara untuk menetralkan tanah apabila pH dalam tanah rendah (asam) atau tinggi (basa).



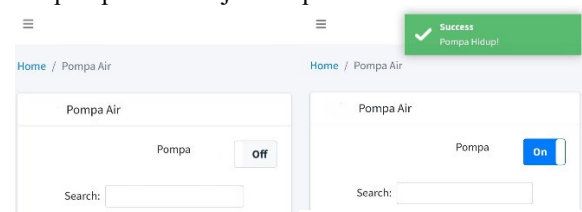
Gbr 11. Notifikasi Warning System Tanah Kering



Gbr 13. Notifikasi Recommender System PH Tanah

Hal ini dilakukan karena terkait dengan fase pertumbuhan yang sangat penting bagi tanaman kangkung. Jika pH tanah cenderung tinggi atau basa, maka tanaman akan kesulitan menyerap unsur hara yang terkandung pada tanah. Selain itu, tanah yang bersifat basa memiliki sedikit kandungan hara dan mikroorganisme yang dapat berpotensi mengganggu proses pertumbuhan tanaman. Sebaliknya, jika tanah cenderung asam, tanaman rentan keracunan unsur logam dan kekurangan unsur hara. Pada tanah dengan pH netral, tanaman akan lebih mudah menyerap unsur hara dan mineral yang diperlukan untuk tumbuh secara optimal. Oleh karena itu, sangat penting untuk menciptakan lingkungan tanah yang sesuai agar tanaman dapat tumbuh dan berkembang sebagaimana mestinya.

Proses penyiraman dilakukan dengan menggunakan aplikasi web dan dapat dikontrol dari mana saja asalkan terhubung dengan internet. Jadwal penyiraman disesuaikan dengan kebutuhan kebun kangkung oleh para petani dan biasa dilakukan di pagi dan sore hari. Tampilan antarmuka untuk kontrol pompa air ditunjukkan pada Gbr 14.



Gbr 14. Antarmuka Kontrol Pompa Air

Penyiraman tanaman kangkung menggunakan metode *sprinkler* yang disebar pada kebun. Irigasi sprinkler mampu meningkatkan nilai efisiensi dan efektivitas yang cukup tinggi guna memenuhi kebutuhan air pada tanaman kangkung [22].



Gbr 15. Penyiraman Tanaman Kangkung

B. Pengujian Instrumen

Tahapan pengujian dilakukan pada instrumen sistem yang ada pada sistem penyiraman tanaman, diantaranya :

1. Pengujian Sensor

Pengujian dilakukan pada sensor kelembaban tanah, sensor pH, sensor debit air dan sensor tekanan air menggunakan metode *black box*. Sensor tersebut harus bisa memperoleh data pada kebun untuk dikirimkan ke dalam *database* pada server melalui jaringan. Hasil pengujian sensor bisa dilihat pada table I

TABEL I
HASIL PENGUJIAN SENSOR

Pengujian	Hasil yang diharapkan	Hasil Pengamatan
Sensor kelembaban tanah	Sensor dapat mengukur kelembaban tanah pada kebun dan bisa mendeteksi perubahan nilai pada kelembaban tanah	Sensor berhasil mengukur dan mendeteksi kelembaban tanah pada kebun
Sensor pH tanah	Sensor dapat mengukur pH tanah pada kebun dan bisa mendeteksi perubahan nilai pada pH tanah	Sensor berhasil mengukur dan mendeteksi kelembaban tanah pada kebun
Sensor Debit Air	Sensor dapat mengukur debit air yang mengalir pipa yang ada pada kebun pada saat proses penyiraman tanaman	Sensor berhasil mengukur debit air pada pipa saat proses penyiraman tanaman
Sensor Tekanan Air	Sensor dapat mengukur tekanan air yang ada pada pipa pada saat proses penyiraman tanaman	Sensor berhasil mengukur tekanan air pada pipa saat proses penyiraman tanaman

2. Pengujian Aplikasi Web

Pengujian dilakukan dengan memperhatikan fungsi yang telah dibangun untuk mendukung proses penyiraman tanaman agar lebih efektif, praktis dan bisa menjadi pendukung untuk pengambilan keputusan para petani. Pengujian dilakukan dengan metode *black box* yang bisa dilihat pada tabel II.

TABEL II

PENGUJIAN APLIKASI WEB

Pengujian	Hasil yang diharapkan	Hasil Pengamatan
Menampilkan data sensor grafik pada dashboard	Aplikasi harus bisa menampilkan data pada <i>dashboard</i> secara <i>realtime</i> hasil pengukuran sensor dikebun	User bisa melihat data pada <i>dashboard</i> secara <i>realtime</i>
Menampilkan nilai sensor berupa data pada tabel	Aplikasi harus bisa menampilkan seluruh data yang ada pada <i>database</i> hasil pengiriman sensor	User bisa melihat semua data yang ada pada <i>database</i> sesuai dengan data yang dikirimkan oleh sensor
Penyiraman Tanaman	Aplikasi menampilkan tombol penyiraman tanaman berwarna merah dengan label off dan jika ditekan memberikan umpan balik tombol menjadi on dan berwarna hijau	User bisa menyalakan pompa untuk proses penyiraman tanaman menggunakan tombol yang ada
Notifikasi Peringatan Pada Handphone/ Laptop	Aplikasi akan mengirimkan notifikasi pada handphone atau laptop jika keadaan kebun ada pada kelembaban tanah dibawah nilai ideal.	User bisa menerima notifikasi yang dikirimkan oleh aplikasi Ketika kelembaban tanah dibawah nilai ideal
Notifikasi Rekomendasi Pada Handphone/ Laptop	Aplikasi akan mengirimkan rekomendasi untuk menetralkan tanah jika pH tanah ada pada nilai asam atau basa.	User bisa menerima notifikasi dan rekomendasi perlakuan untuk menetralkan pH pada tanah
Pengambilan data sensor/ Laporan	Aplikasi menampilkan tombol untuk download data sensor berupa pdf/excel berdasarkan rentang tanggal dan data tersebut bisa didownload sesuai dengan permintaan	User bisa mendownload data sensor sesuai dengan permintaan berdasarkan rentang tanggal

V.KESIMPULAN

Pada penelitian ini dapat disimpulkan bahwa setelah sistem ini diimplementasikan dapat membantu mendorong produktivitas para petani dalam mengelola kebun seperti monitoring dan kontrol penyiraman tanaman. Dengan adanya optimalisasi penggunaan sensor menggunakan WSN sistem penyiraman

bisa lebih *portable* dan mudah menyesuaikan dengan kondisi kebun yang bervariasi. Dengan menggunakan WSN daerah atau wilayah yang kurang stabil jaringannya bisa dibantu dengan dukungan Teknologi LoRa yang bisa berkomunikasi menggunakan gelombang radio. Selain itu, upaya optimalisasi juga diimplementasikan pada pemanfaatan hasil data sensor yang digunakan sebagai *warning system* dan *recommender system* yang bisa membantu para petani dalam pengambilan suatu keputusan pada pengelolaan kebun. Para petani bisa mengontrol penyiraman tanaman dan mendapatkan semua data hanya dengan mengakses aplikasi web pada perangkat handphone.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Alloh SWT, Kemdikbudristek yang telah mendanai penelitian ini, Sekolah Tinggi Teknologi YBS Internasional, Kelompok Tani Mekarjaya Mandiri dan seluruh pihak yang membantu menyelesaikan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] F. Perdana, D. Hardinsyah, D. G. Masyarakat, and F. E. Manusia, "ANALISIS JENIS, JUMLAH, DAN MUTU GIZI KONSUMSI SARAPAN ANAK INDONESIA (Analysis of Type, Amount, and Nutritional Quality of Breakfast among Indonesian Children)," *Jurnal Gizi dan Pangan*, vol. 8, no. 1, pp. 39–46, 2013.
- [2] BPS, "Produksi Tanaman Sayuran 2021," Badan Pusat Statistik. Accessed: Feb. 28, 2023. [Online]. Available: <https://www.bps.go.id/indicator/55/61/1/produksi-tanamansayuran.html>
- [3] Syafri Edi and Julistia Bobihoe, *Budidaya Tanaman Sayuran*. Jambi: Balai Pengkajian Teknologi Pertanian (BPTP) Jambi, 2010.
- [4] Muhamad Hanhan Nugraha, Widyantoro Widyantoro, Ajie Muhammad Luthfi, Anes Inda Rabbika, Abd Rohman, and Willy Muhammad Fauzi, "Computer-Aided Ergonomic Analysis for Digital Human Modelling of Farmers in Water Spinach Plantation Workstation," *SINTEK Jurnal*, vol. 17, no. 1, Jun. 2023.
- [5] A. Annisa, C. Parawansa, A. T. Hanuranto, and S. Raniprma, "PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI DATABASE BUDIDAYA TANAMAN KANGKUNG DARAT DENGAN SISTEM INTERNET OF THINGS DESIGN AND IMPLEMENTATION OF WATER SPINACH CULTIVATION DATABASE BASED ON INTERNET OF THINGS SYSTEM," in *E-Proceeding of Engineering*, 2021, pp. 5290–5298.
- [6] B. Android, N. Azis, M. S. Hartawan, and S. Amelia, "Rancang Bangun Otomatisasi Penyiraman dan Monitoring Tanaman Kangkung," *Jurnal IKRAITH-INFORMATIKA*, vol. 4, no. 3, pp. 95–102, 2020.
- [7] P. Asriya and M. Yusfi, "Rancang Bangun Sistem Monitoring Kelembaban Tanah Menggunakan Wireless Sensor Berbasis Arduino Uno," *Jurnal Fisika Unand*, vol. 5, no. 4, 2016.
- [8] U. Syafiqoh *et al.*, "Pengembangan Wireless Sensor Network Berbasis Internet of Things untuk Sistem Pemantauan Kualitas Air dan Tanah Pertanian," *Jurnal Informatika: Jurnal Pengembangan IT (JPIT)*, no. 02, 2018.
- [9] A. D. Boursianis *et al.*, "Smart Irrigation System for Precision Agriculture - The AREThOU5A IoT Platform," *IEEE Sens J*, vol. 21, no. 16, pp. 17539–17547, Aug. 2021, doi: 10.1109/JSEN.2020.3033526.
- [10] L. Varandas, J. Faria, P. D. Gaspar, and M. L. Aguiar, "Low-cost IoT remote sensor mesh for large-scale orchard monitorization," *Journal of Sensor and Actuator Networks*, vol. 9, no. 3, 2020, doi: 10.3390/JSAN9030044.
- [11] A. Ilmawan, H. Hanafi Ichsan, and D. Syauqy, "Wireless Sensor Network Sebagai Perangkat Akuisisi Data Suhu & Kelembaban Tanah Pada Tanaman Buah Naga," *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, vol. 5, no. 6, pp. 2443–2452, 2021, [Online]. Available: <http://j-ptiik.ub.ac.id>
- [12] G. Martinović and J. Simon, "Greenhouse microclimatic environment controlled by a mobile measuring station," *NJAS - Wageningen Journal of Life Sciences*, vol. 70, pp. 61–70, Dec. 2014, doi: 10.1016/j.njas.2014.05.007.
- [13] F. A. Purnomo, N. M. Yoeseph, S. A. T. Bawono, and R. Hartono, "Development of air temperature and soil moisture monitoring systems with LoRA technology," in *Journal of Physics: Conference Series*, IOP Publishing Ltd, Mar. 2021. doi: 10.1088/1742-6596/1825/1/012029.
- [14] S. Bagwari, "Impact of Internet of Things Based Monitoring and Prediction System Inprecision Agriculture," *Think India Journal*, vol. 22, no. 16, 2019.
- [15] F. Yusran, D. Nur ramadan, and T. Nopiani Damayanti, "Sistem Monitoring pH Tanah dan Penyiraman Otomatis Tanaman Cerdas Berbasis IoT Mikrokontroler pada Bonsai Berjenis Santigi Soil pH Monitoring System and Automatic Watering of Smart Plant Based on IoT Microcontroller on Bonsai Santigi," in *e-Proceeding of Applied Science*, 2023, pp. 316–323.
- [16] M. K. Saini and R. K. Saini, "Agriculture monitoring and prediction using Internet of Things (IoT)," in *PDGC 2020 - 2020 6th International Conference on Parallel, Distributed and Grid Computing*, Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., Nov. 2020, pp. 53–56. doi: 10.1109/PDGC50313.2020.9315836.
- [17] A. Rohman, Y. Yanti, A. Inda Rabbika, and W. Muhammad Fauzi, "Perancangan dan Pembuatan Purwarupa Sistem Penyiraman Otomatis Berbasis Arduino Nano," *Jurnal Sains, Teknologi dan Rekayasa*, vol. 2, no. 2, pp. 12–31, 2022.

- [18] J. Jin, Y. Ma, Y. Zhang, and Q. Huang, "Design and implementation of an Agricultural IoT based on LoRa," in *MATEC Web of Conferences*, EDP Sciences, Aug. 2018. doi: 10.1051/mateconf/201818904011.
- [19] P. D. P. Adi, A. Kitagawa, D. A. Prasetya, and A. B. Setiawan, "A Performance of ES920LR LoRa for the Internet of Things: A Technology Review," in *3rd 2021 East Indonesia Conference on Computer and Information Technology, EIconCIT 2021*, Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., Apr. 2021, pp. 1–7. doi: 10.1109/EIconCIT50028.2021.9431912.
- [20] Sugiyono, *Metode Penelitian Pendidikan*. Bandung: Alfabeta, 2011.
- [21] E Notes, "LoRa Physical Layer & RF Interface." Accessed: Aug. 15, 2023. [Online]. Available: <https://www.electronics-notes.com/articles/connectivity/lora/radio-rf-interface-physical-layer.php>
- [22] S. Sirait, D. Santoso, N. Sari, S. Hatta, and Hendris, "Efisiensi Teknologi Irigasi Sprinkler Di Lahan Kelompok," *Jurnal Rona Teknik Pertanian*, 2022.