



RANCANG BANGUN POT TANAMAN CERDAS BERBASIS IOT "URBANGROW" UNTUK PERTANIAN URBAN BERKELANJUTAN

Royhan Aditya Maulidana¹ dan Riska Dhenabayu²

^{1,2} Bisnis Digital, Universitas Negeri Surabaya, Indonesia

Email: royhan.21060@mhs.unesa.ac.id

ABSTRACT

This study aims to design and evaluate an IoT-based smart plant pot system called UrbanGrow to support sustainable urban farming in limited residential areas. The system integrates an ESP32 microcontroller, soil moisture sensor, DHT22 temperature and humidity sensor, and water level sensor to enable automatic irrigation based on real-time environmental conditions. The development process followed the SDLC prototyping method, consisting of requirement gathering, quick design, prototype development, user evaluation, and refinement stages. Data were collected through observation, black-box functionality testing, usability questionnaires, and user interviews. Usability evaluation was conducted using Nielsen's five indicators: learnability, efficiency, memorability, errors, and satisfaction. The results show that the UrbanGrow system operates reliably in monitoring soil and environmental conditions and can automatically control irrigation according to plant needs. Users perceived the system as easy to use, helpful in reducing manual plant maintenance, and suitable for household-scale urban farming. This study demonstrates that low-cost IoT-based smart planting systems can improve water efficiency and promote sustainable urban agriculture practices aligned with the Sustainable Development Goals (SDGs).

Keywords: *IoT, smart farming, urban agriculture, automatic irrigation, usability*

I. PENDAHULUAN

Urbanisasi yang terus meningkat menyebabkan keterbatasan lahan produktif di wilayah perkotaan, sehingga berdampak pada menurunnya kapasitas produksi pangan skala rumah tangga. Kondisi ini mendorong berkembangnya praktik pertanian urban (urban farming) sebagai solusi alternatif untuk

Riwayat Artikel:

Diterima: 10 November 2025

Direvisi: 30 November 2025

Diterima: 10 Desember 2025

Tersedia daring: 26 Desember 2025

memanfaatkan ruang terbatas seperti halaman rumah, balkon, dan atap bangunan. Namun, aktivitas pertanian urban masih menghadapi kendala dalam pemeliharaan tanaman, khususnya pada aspek penyiraman dan pemantauan kondisi lingkungan yang sering kali masih dilakukan secara manual dan tidak konsisten. Ketidaktepatan penyiraman dapat menyebabkan pemborosan air serta menurunkan kualitas pertumbuhan tanaman.

Pemanfaatan teknologi Internet of Things (IoT) dalam bidang pertanian telah terbukti mampu meningkatkan efisiensi penggunaan sumber daya melalui sistem pemantauan dan pengendalian otomatis berbasis sensor. Berbagai penelitian internasional melaporkan bahwa sistem irigasi berbasis IoT dapat meningkatkan efisiensi air, memperbaiki stabilitas kelembapan tanah, serta mendukung praktik pertanian presisi (Tzounis et al., 2017; Wang et al., 2022). Integrasi sensor kelembapan tanah, suhu, dan ketinggian air memungkinkan sistem untuk mengambil keputusan penyiraman berdasarkan kondisi aktual tanaman, bukan berdasarkan estimasi pengguna semata.

Meskipun demikian, sebagian besar solusi smart farming berbasis IoT yang telah dikembangkan masih difokuskan pada skala pertanian menengah hingga besar, dengan biaya implementasi dan kompleksitas sistem yang relatif tinggi. Hal ini menyebabkan penerapannya kurang sesuai untuk kebutuhan rumah tangga di kawasan perkotaan yang membutuhkan solusi sederhana, ringkas, dan mudah digunakan. Selain itu, masih terbatas penelitian yang mengintegrasikan aspek desain perangkat fisik (pot tanaman) dengan sistem otomasi dan evaluasi usability pengguna dalam satu kesatuan sistem untuk pertanian urban skala kecil.

Berdasarkan kesenjangan tersebut, penelitian ini mengusulkan pengembangan sistem pot tanaman cerdas berbasis IoT bernama UrbanGrow yang dirancang khusus untuk mendukung pertanian urban skala rumah tangga. Sistem ini mengintegrasikan mikrokontroler ESP32, sensor kelembapan tanah, sensor suhu dan kelembapan udara, serta sensor ketinggian air untuk mengendalikan penyiraman otomatis dan menyediakan fitur pemantauan kondisi tanaman secara real-time melalui aplikasi mobile. Pengembangan sistem dilakukan menggunakan metode SDLC Prototyping agar memungkinkan adanya evaluasi dan penyempurnaan sistem berdasarkan umpan balik pengguna.

Tujuan penelitian ini adalah untuk merancang dan membangun prototipe pot tanaman cerdas berbasis IoT, serta mengevaluasi kinerja fungsional dan tingkat kemudahan penggunaan sistem melalui pengujian usability. Evaluasi dilakukan untuk mengetahui sejauh mana sistem mampu membantu pengguna dalam perawatan tanaman secara lebih efisien dan praktis di lingkungan perkotaan.

Artikel ini disusun dengan struktur sebagai berikut: Bagian II menyajikan tinjauan pustaka terkait IoT dalam pertanian, pertanian urban, serta penelitian terdahulu yang relevan. Bagian III menjelaskan metode pengembangan sistem dan teknik pengumpulan data. Bagian IV memaparkan hasil implementasi sistem dan

pembahasan hasil pengujian. Bagian V menyajikan kesimpulan dan rekomendasi untuk pengembangan penelitian selanjutnya.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Internet of Things (IoT) dalam Pertanian

Internet of Things (IoT) dalam pertanian merujuk pada pemanfaatan jaringan sensor, aktuator, dan sistem komunikasi untuk memantau serta mengendalikan kondisi lingkungan tanaman secara otomatis dan berbasis data real-time. Teknologi ini memungkinkan pengambilan keputusan yang lebih presisi dibandingkan metode konvensional yang mengandalkan observasi manual. Tzounis et al. (2017) menyatakan bahwa penerapan IoT pada sistem pertanian mampu meningkatkan efisiensi penggunaan air, energi, dan pupuk, serta mengurangi ketergantungan terhadap intervensi manusia.

Beberapa penelitian menunjukkan bahwa integrasi sensor kelembapan tanah dan suhu lingkungan dapat membantu menentukan waktu dan durasi penyiraman yang optimal, sehingga tanaman menerima air sesuai kebutuhannya (Wang et al., 2022). Dengan demikian, IoT tidak hanya meningkatkan produktivitas tanaman, tetapi juga mendukung prinsip keberlanjutan melalui penghematan sumber daya.

2.2 Pertanian Urban dan Tantangan Pemeliharaan Tanaman

Pertanian urban merupakan praktik budidaya tanaman di wilayah perkotaan dengan memanfaatkan ruang terbatas seperti pekarangan rumah, balkon, dan atap bangunan. Praktik ini berkontribusi terhadap ketahanan pangan lokal dan peningkatan kualitas lingkungan perkotaan. Namun, keterbatasan waktu, pengetahuan teknis, dan konsistensi perawatan menjadi kendala utama bagi masyarakat dalam mengelola tanaman secara optimal.

Beberapa studi melaporkan bahwa kegagalan pertanian urban sering disebabkan oleh penyiraman yang tidak teratur dan kurangnya pemantauan kondisi lingkungan tanaman. Oleh karena itu, dibutuhkan sistem pendukung yang mampu membantu pengguna dalam memantau dan mengelola tanaman secara lebih praktis dan otomatis, khususnya bagi masyarakat yang tidak memiliki latar belakang pertanian.

2.3 Sistem Irigasi Otomatis Berbasis Sensor

Sistem irigasi otomatis berbasis sensor dirancang untuk mengaktifkan penyiraman berdasarkan kondisi aktual tanah dan lingkungan, bukan berdasarkan jadwal tetap. Pendekatan ini terbukti lebih efisien dalam penggunaan air dan mampu menjaga stabilitas kelembapan tanah. Saini dan Patil (2021) menunjukkan bahwa sistem pompa air otomatis berbasis IoT dapat menurunkan konsumsi air sekaligus meningkatkan konsistensi pertumbuhan tanaman.

Selain itu, penggunaan sensor water level berfungsi sebagai mekanisme pengaman untuk mencegah pompa bekerja saat persediaan air tidak mencukupi, sehingga memperpanjang umur perangkat dan meningkatkan keamanan sistem. Integrasi berbagai jenis sensor memungkinkan sistem irigasi bekerja secara adaptif sesuai dengan dinamika lingkungan tanaman.

2.4 Usability dalam Sistem Pertanian Berbasis IoT

Selain aspek teknis, keberhasilan implementasi sistem IoT juga dipengaruhi oleh tingkat kemudahan penggunaan (usability) dari sudut pandang pengguna. Weichbroth (2020) menekankan bahwa sistem berbasis aplikasi mobile harus dirancang dengan antarmuka yang intuitif agar dapat digunakan oleh pengguna non-teknis. Nielsen mengemukakan lima indikator utama usability, yaitu learnability, efficiency, memorability, errors, dan satisfaction, yang umum digunakan untuk mengevaluasi kualitas interaksi pengguna dengan sistem.

Dalam konteks pertanian urban, usability menjadi faktor penting karena pengguna umumnya berasal dari masyarakat umum, bukan dari latar belakang teknik atau pertanian profesional. Oleh karena itu, sistem smart farming skala rumah tangga perlu dirancang dengan antarmuka sederhana dan alur penggunaan yang mudah dipahami.

2.5 Penelitian Terdahulu dan Kesenjangan Penelitian

Berbagai penelitian sebelumnya telah mengembangkan sistem smart farming berbasis IoT dengan fokus pada otomatisasi irigasi dan pemantauan lingkungan tanaman. Sebagian besar penelitian tersebut melaporkan peningkatan efisiensi air dan akurasi penyiraman sebagai hasil utama. Konsensus umum dalam literatur menunjukkan bahwa IoT efektif dalam meningkatkan efisiensi pertanian melalui otomasi berbasis sensor.

Namun demikian, sebagian besar sistem yang dikembangkan masih ditujukan untuk skala lahan yang lebih luas dan belum mempertimbangkan integrasi desain fisik perangkat, kemudahan penggunaan, serta keterbatasan ruang pada lingkungan perkotaan. Selain itu, evaluasi usability sering kali tidak menjadi fokus utama dalam pengujian sistem, sehingga aspek pengalaman pengguna belum tergali secara optimal.

Berdasarkan kondisi tersebut, masih terdapat celah penelitian dalam pengembangan sistem pot tanaman cerdas berbasis IoT yang dirancang khusus untuk kebutuhan rumah tangga di wilayah urban, serta dievaluasi tidak hanya dari sisi fungsional, tetapi juga dari aspek usability pengguna. Penelitian ini berupaya mengisi celah tersebut melalui pengembangan dan evaluasi sistem UrbanGrow sebagai solusi pertanian urban yang praktis, terjangkau, dan mudah digunakan.

III. METODE

Penelitian ini menggunakan pendekatan Research and Development (R&D) dengan model pengembangan SDLC Prototyping untuk merancang dan mengevaluasi sistem pot tanaman cerdas berbasis IoT bernama UrbanGrow. Pendekatan ini dipilih karena sesuai untuk pengembangan sistem cerdas yang membutuhkan validasi fungsi dan penyesuaian berulang berdasarkan umpan balik pengguna, sehingga sistem yang dihasilkan lebih adaptif terhadap kebutuhan lingkungan penggunaan nyata (Gurung et al., 2023; Pressman & Maxim, 2020).

3.1 Data dan Subjek Penelitian

Data dalam penelitian ini terdiri dari dua jenis, yaitu data teknis sistem dan data persepsi pengguna. Data teknis diperoleh dari hasil pembacaan sensor kelembapan tanah, suhu, dan kelembapan udara, serta status penyiraman otomatis selama proses pengujian sistem. Data ini digunakan untuk mengevaluasi kinerja fungsional sistem dalam mendeteksi kondisi lingkungan dan mengaktifkan penyiraman otomatis.

Data persepsi pengguna dikumpulkan melalui kuesioner usability dan wawancara singkat setelah pengguna mencoba sistem UrbanGrow dalam aktivitas perawatan tanaman. Subjek penelitian merupakan pengguna rumah tangga yang melakukan praktik pertanian urban dalam skala kecil. Pemilihan subjek ini didasarkan pada tujuan sistem yang memang ditujukan untuk penggunaan di lingkungan rumah tangga perkotaan.

3.2 Pengembangan Model dan Arsitektur Sistem

Model sistem UrbanGrow dirancang menggunakan arsitektur IoT yang mengintegrasikan proses sensing, processing, dan actuating. Mikrokontroler ESP32 berfungsi sebagai unit pemrosesan utama yang menerima data dari sensor kelembapan tanah, sensor DHT22, dan sensor water level. Data sensor diproses untuk menentukan kondisi kebutuhan air tanaman. Apabila nilai kelembapan tanah berada di bawah ambang batas dan persediaan air mencukupi, maka sistem akan mengaktifkan pompa air melalui modul relay.

Seluruh data sensor dan status sistem dikirimkan ke aplikasi mobile melalui platform Blynk untuk keperluan pemantauan secara real-time. Arsitektur ini mengacu pada konsep sistem IoT pertanian yang menekankan integrasi antara pemantauan lingkungan, pengambilan keputusan otomatis, dan antarmuka pengguna berbasis mobile (Tzounis et al., 2017).

3.3 Metode Pengembangan Sistem (SDLC Prototyping)

Pengembangan sistem mengikuti tahapan model SDLC Prototyping yang bersifat iteratif, yaitu:

1. Requirement Gathering, yaitu identifikasi kebutuhan sistem berdasarkan permasalahan pertanian urban dan keterbatasan perawatan tanaman secara manual.

2. Quick Design, yaitu perancangan awal alur sistem dan antarmuka pengguna menggunakan flowchart dan use case diagram untuk memvisualisasikan proses kerja sistem.
3. Prototype Development, yaitu pembangunan prototipe fisik dan integrasi perangkat keras serta perangkat lunak.
4. User Evaluation, yaitu pengujian sistem oleh pengguna untuk memperoleh umpan balik terhadap fungsi dan kemudahan penggunaan.
5. Refinement, yaitu penyempurnaan sistem berdasarkan hasil evaluasi sebelum menghasilkan prototipe akhir.

Model prototyping memungkinkan penyesuaian sistem dilakukan secara bertahap sehingga kesalahan desain dapat diperbaiki sejak tahap awal pengembangan (Gurung et al., 2023).

3.4 Metode Pengujian Fungsional

Pengujian fungsional dilakukan menggunakan metode black box testing untuk memastikan bahwa seluruh fungsi utama sistem berjalan sesuai dengan spesifikasi yang dirancang. Pengujian difokuskan pada fungsi pembacaan sensor, pengiriman data ke aplikasi, serta aktivasi pompa air berdasarkan kondisi kelembapan tanah dan ketersediaan air. Metode ini digunakan karena mampu mengevaluasi kinerja sistem dari sudut pandang pengguna tanpa memperhatikan struktur internal program (Pressman & Maxim, 2020).

3.5 Metode Evaluasi Usability

Evaluasi usability dilakukan untuk menilai tingkat kemudahan penggunaan sistem oleh pengguna rumah tangga. Pengukuran dilakukan menggunakan lima indikator usability menurut Nielsen, yaitu learnability, efficiency, memorability, errors, dan satisfaction. Indikator ini digunakan secara luas dalam evaluasi sistem interaktif karena mampu merepresentasikan kualitas pengalaman pengguna secara menyeluruh (Weichbroth, 2020).

Responden diminta menggunakan sistem UrbanGrow dalam aktivitas perawatan tanaman, kemudian memberikan penilaian melalui kuesioner dan wawancara singkat. Hasil evaluasi digunakan sebagai dasar untuk menilai kesiapan sistem dalam mendukung aktivitas pertanian urban secara praktis dan berkelanjutan

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Penerapan Rancang Bangun IoT UrbanGrow dalam Pengembangan Sistem

Penerapan rancang bangun sistem UrbanGrow menunjukkan bahwa seluruh komponen perangkat keras dan perangkat lunak dapat terintegrasi dengan baik dalam satu sistem IoT yang berfungsi. Sistem terdiri dari mikrokontroler ESP32

sebagai pusat pemrosesan data, sensor kelembapan tanah untuk mendeteksi kondisi media tanam, sensor DHT22 untuk membaca suhu dan kelembapan udara, serta sensor water level untuk memantau ketersediaan air pada tandon. Data dari seluruh sensor diproses oleh mikrokontroler dan dikirimkan ke aplikasi mobile melalui platform Blynk untuk ditampilkan secara real-time kepada pengguna.

Logika kontrol sistem dirancang agar pompa air hanya aktif ketika nilai kelembapan tanah berada di bawah ambang batas dan persediaan air mencukupi. Mekanisme ini bertujuan untuk mencegah pemborosan air dan menghindari kerusakan pompa akibat kondisi tandon kosong. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu merespons perubahan kondisi tanah secara otomatis tanpa memerlukan intervensi manual dari pengguna.

Hasil ini sejalan dengan konsep sistem irigasi cerdas berbasis IoT yang menekankan penggunaan sensor sebagai dasar pengambilan keputusan otomatis dalam perawatan tanaman (Tzounis et al., 2017; Wang et al., 2022). Namun, berbeda dengan sebagian besar sistem irigasi berbasis IoT yang ditujukan untuk lahan pertanian luas, UrbanGrow dirancang dalam bentuk pot tanaman terintegrasi yang lebih sesuai untuk lingkungan rumah tangga di wilayah perkotaan. Hal ini menunjukkan bahwa pendekatan rancang bangun UrbanGrow relevan untuk mendukung praktik pertanian urban skala kecil.

4.2 Penerapan Metode SDLC Prototyping dalam Pengembangan UrbanGrow

Metode SDLC Prototyping diterapkan untuk memungkinkan pengembangan sistem dilakukan secara bertahap dan adaptif terhadap kebutuhan pengguna. Pada tahap requirement gathering, kebutuhan utama sistem diidentifikasi berdasarkan permasalahan umum pertanian urban, yaitu keterbatasan waktu pengguna dalam merawat tanaman dan ketidakteraturan penyiraman. Tahap ini memastikan bahwa fitur utama sistem difokuskan pada otomatisasi penyiraman dan kemudahan pemantauan.

Tahap quick design menghasilkan rancangan awal alur kerja sistem dan interaksi pengguna melalui flowchart dan use case diagram. Rancangan ini digunakan sebagai dasar pengembangan prototipe awal yang kemudian diuji oleh pengguna. Pada tahap prototype development, seluruh komponen perangkat keras dan perangkat lunak diintegrasikan menjadi sistem fungsional yang dapat diuji dalam kondisi nyata.

Tahap user evaluation dilakukan dengan melibatkan pengguna rumah tangga untuk mencoba sistem dalam aktivitas perawatan tanaman sehari-hari. Umpan balik yang diperoleh digunakan pada tahap refinement untuk memperbaiki stabilitas sistem dan menyederhanakan tampilan monitoring pada aplikasi. Pendekatan iteratif ini memungkinkan kesalahan desain dapat diperbaiki sejak tahap awal pengembangan.

Hasil penerapan metode ini mendukung temuan Gurung et al. (2023) yang menyatakan bahwa model prototyping efektif dalam meningkatkan keterlibatan

pengguna dan mempercepat validasi kebutuhan sistem pada pengembangan aplikasi IoT. Dengan demikian, penggunaan metode SDLC Prototyping terbukti sesuai untuk pengembangan sistem UrbanGrow yang menuntut fleksibilitas desain dan penyesuaian terhadap konteks penggunaan rumah tangga.

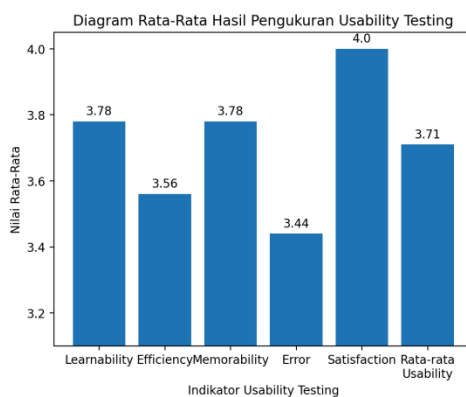
4.3 Hasil Pengukuran Penggunaan UrbanGrow Menggunakan Usability Testing

Pengukuran usability dilakukan menggunakan lima indikator menurut Nielsen, yaitu learnability, efficiency, memorability, errors, dan satisfaction. Pengguna diminta untuk menggunakan sistem UrbanGrow dalam aktivitas perawatan tanaman, kemudian memberikan penilaian melalui kuesioner dan wawancara singkat.

Nilai	Keterangan
3,25 – 4,0	Sangat Baik
2,5 – 3,25	Baik
1,75 – 2,5	Tidak Baik
1,0 – 1,75	Sangat Tidak Baik

Tabel 1.(Febriyanto & Dewi, 2019)
Interval Kriteria Penelitian

Untuk melihat keseluruhan hasil usability testing, berikut disajikan gambar ?, rekapitulasi nilai rata-rata dari masing-masing indikator dan total nilai rata-rata usability testing secara keseluruhan.



Gambar 1.(Analisis Peneliti)

Diagram Rata-Rata Hasil Pengukuran Usability Testing

Grafik batang rata-rata hasil pengukuran usability testing menunjukkan perbandingan nilai usability pada masing-masing indikator, yaitu Learnability, Efficiency, Memorability, Error, dan Satisfaction, serta nilai rata-rata keseluruhan usability UrbanGrow. Berdasarkan grafik tersebut, seluruh indikator memperoleh nilai pada rentang 3,44 hingga 4,00, yang termasuk dalam kategori Baik hingga Sangat Baik. Hal ini menunjukkan bahwa prototipe UrbanGrow telah memenuhi prinsip-prinsip usability secara umum dan dapat digunakan dengan baik oleh pengguna.

Indikator Satisfaction memperoleh nilai tertinggi, yaitu 4,00, yang menunjukkan bahwa pengguna merasa sangat puas terhadap penggunaan UrbanGrow secara keseluruhan. Menurut Nielsen (1993), tingkat kepuasan pengguna merupakan salah satu indikator utama keberhasilan sebuah sistem, karena mencerminkan penerimaan pengguna terhadap fungsi dan pengalaman penggunaan yang diberikan. Tingginya nilai satisfaction menunjukkan bahwa UrbanGrow mampu memberikan manfaat nyata dalam mendukung aktivitas perawatan tanaman berbasis IoT.

Indikator Learnability dan Memorability masing-masing memperoleh nilai 3,78 dan termasuk dalam kategori Sangat Baik. Hal ini menunjukkan bahwa UrbanGrow mudah dipahami sejak pertama kali digunakan serta mudah diingat meskipun tidak digunakan secara terus-menerus. Nielsen (1993) menyatakan bahwa sistem dengan tingkat learnability dan memorability yang baik memungkinkan pengguna mempelajari dan mengingat kembali cara penggunaan sistem tanpa kesulitan yang berarti, sehingga mengurangi beban kognitif pengguna.

Indikator Efficiency memperoleh nilai 3,56 dengan kategori Baik, yang menunjukkan bahwa pengguna dapat menyelesaikan tugas-tugas utama, seperti memonitor kondisi tanaman dan mengontrol penyiraman, secara cukup efisien. Menurut Nielsen (1995), efisiensi berkaitan dengan kecepatan pengguna dalam menyelesaikan tujuan setelah memahami sistem. Meskipun nilai efficiency sudah baik, masih terdapat peluang untuk peningkatan efisiensi melalui penyederhanaan tampilan antarmuka dan pengurangan langkah interaksi.

Sementara itu, indikator Error memperoleh nilai 3,44 dan berada pada kategori Baik, yang menunjukkan bahwa tingkat kesalahan penggunaan relatif rendah dan tidak mengganggu fungsi utama sistem. Nielsen (1995) menekankan bahwa sistem yang baik harus mampu meminimalkan kesalahan serta membantu pengguna dalam mengatasi kesalahan yang terjadi. Hasil ini menunjukkan bahwa UrbanGrow memiliki stabilitas sistem yang cukup baik dan risiko kesalahan penggunaan yang rendah.

Secara keseluruhan, grafik menunjukkan bahwa nilai rata-rata usability UrbanGrow berada pada angka 3,71, yang termasuk dalam kategori Sangat Baik. Berdasarkan hasil tersebut, dapat disimpulkan bahwa UrbanGrow memiliki tingkat kegunaan yang tinggi dan layak digunakan sebagai solusi pendukung kegiatan urban farming berbasis IoT, baik dari aspek kemudahan penggunaan, efisiensi, maupun kepuasan pengguna.

V. KESIMPULAN DAN REKOMENDASI

Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengevaluasi sistem pot tanaman cerdas berbasis IoT “UrbanGrow” sebagai solusi pendukung pertanian urban skala rumah tangga. Berdasarkan hasil implementasi dan pengujian sistem, dapat disimpulkan bahwa UrbanGrow berhasil mengintegrasikan sensor kelembapan tanah, sensor suhu dan kelembapan udara, serta sensor ketinggian air dengan mikrokontroler ESP32 untuk mengendalikan penyiraman tanaman secara otomatis berdasarkan kondisi lingkungan aktual. Sistem mampu membaca data sensor secara stabil, menampilkan informasi secara real-time melalui aplikasi mobile, serta mengaktifkan pompa penyiraman sesuai dengan logika kontrol yang dirancang, sehingga dapat mengurangi ketergantungan pada penyiraman manual dan meningkatkan konsistensi perawatan tanaman.

Hasil pengukuran usability menunjukkan bahwa sistem memiliki tingkat kemudahan penggunaan yang tinggi, terutama pada aspek learnability dan satisfaction, yang mengindikasikan bahwa sistem mudah dipelajari dan memberikan tingkat kepuasan yang baik bagi pengguna rumah tangga. Pengguna menilai bahwa sistem membantu dalam memantau kondisi tanaman dan mengurangi beban perawatan harian, sehingga UrbanGrow dinilai sesuai untuk diterapkan dalam lingkungan perkotaan dengan keterbatasan waktu dan ruang. Temuan ini menunjukkan bahwa integrasi antara sistem IoT dan desain pot tanaman terintegrasi dapat menjadi solusi praktis dalam mendukung praktik pertanian urban yang lebih efisien dan berkelanjutan.

Berdasarkan temuan penelitian, penerapan sistem UrbanGrow berpotensi untuk dikembangkan lebih lanjut sebagai perangkat pendukung pertanian rumah tangga dan program pemberdayaan masyarakat di wilayah perkotaan. Sistem ini dapat dimanfaatkan oleh pengguna individu maupun komunitas urban farming untuk meningkatkan efisiensi penggunaan air dan konsistensi perawatan tanaman. Dari sisi kebijakan, pengembangan dan adopsi teknologi pertanian skala kecil berbasis IoT dapat menjadi bagian dari strategi ketahanan pangan perkotaan dan pengelolaan sumber daya air yang lebih berkelanjutan.

Namun demikian, penelitian ini masih memiliki keterbatasan, terutama pada lingkup pengujian yang masih terbatas pada skala kecil dan jangka waktu yang relatif singkat. Selain itu, penelitian belum mengukur dampak sistem terhadap pertumbuhan tanaman secara kuantitatif dalam jangka panjang. Oleh karena itu, penelitian selanjutnya disarankan untuk melibatkan lebih banyak responden, menguji sistem pada berbagai jenis tanaman dan kondisi lingkungan, serta menambahkan sensor seperti pH dan nutrisi tanah agar pemantauan kondisi tanaman menjadi lebih komprehensif. Pengembangan sistem juga dapat diarahkan pada integrasi sumber energi terbarukan, seperti panel surya, guna meningkatkan keberlanjutan dan efisiensi energi sistem secara keseluruhan.

REFERENSI

- Atzori, L., Iera, A., & Morabito, G. (2010). The Internet of Things: A survey. *Computer Networks*, 54(15), 2787–2805.
<https://doi.org/10.1016/j.comnet.2010.05.010>
- Deni, A., & Ferida, N. (2023). Evaluasi usability sistem berbasis pengguna menggunakan skala Likert. *Jurnal Sistem Informasi*, 19(1), 45–54.
- Elavarasan, R.M. & Vincent, P.M.D., 2020. Integration of Internet of Things (IoT) with Renewable Energy Systems: Recent Trends and Future Directions. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 127, p.109858.
- Espressif Systems, 2023. ESP32 Technical Reference Manual. Espressif Systems Documentation.
- Gata, G., 2013. Unified Modeling Language (UML): Konsep dan Praktek. Yogyakarta: Andi Offset.
- Ghaniy, M., & Aisyi, R. (2019). Pengukuran usability sistem informasi menggunakan metode usability testing. *Jurnal Teknologi Informasi*, 14(2), 101–110.
- Gubbi, J., Buyya, R., Marusic, S., & Palaniswami, M. (2013). Internet of Things (IoT): A vision, architectural elements, and future directions. *Future Generation Computer Systems*, 29(7), 1645–1660.
<https://doi.org/10.1016/j.future.2013.01.010>
- Hidayat, D., Sudrajat, S. & Prasetyo, A., 2022. Implementasi Urban Farming sebagai Strategi Ketahanan Pangan Perkotaan. *Jurnal Pertanian Perkotaan*, 7(2), pp.45-55.
- Kumar, N. & Sharma, S., 2020. Smart Farming: The Future of Agriculture. *International Journal of Computer Applications*, 176(23), pp.10-14.
- Lin, Y., Chen, C., & Huang, T. (2022). IoT-based smart farming system for monitoring soil moisture and temperature. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, 13(5), 112–120.

- Nawrocki, M. et al., 2023. ESP32 Overview: Features and Applications. *Electronics Journal*, 12(4), pp.1123-1140.
- Nielsen, J. (1993). *Usability engineering*. Academic Press.
- Nielsen, J. (1995). 10 usability heuristics for user interface design. Nielsen Norman Group. <https://www.nngroup.com/articles/ten-usability-heuristics/>
- Obaideen, H. et al., 2022. Smart Irrigation Systems Using IoT: A Review. *Agricultural Water Management*, 259, p.107210.
- Paul, S. & Kumar, S., 2020. IoT in Agriculture: Smart Farming Applications. *Journal of Emerging Technologies in Agricultural Engineering*, 9(1), pp.18-25.
- Pressman, R.S., 2014. *Software Engineering: A Practitioner's Approach*. New York: McGraw-Hill Education.