

Implementasi Smart Agriculture Berbasis IoT untuk Monitoring Lahan Pertanian

Mohammad Faisol^{1)*} , Syamsul Arifin²⁾ 

¹⁾ ²⁾ Universitas Madura, Pamekasan, Indonesia

¹⁾ mfaisol919@gmail.com, ²⁾ ariefsysum847@gmail.com

Abstrak

Bidang agrikultur saat ini dihadapkan pada sejumlah kendala, mulai dari anomali iklim, krisis ketersediaan air, pengawasan lahan yang kurang efisien, hingga masih maraknya praktik tata kelola secara manual. Kemajuan teknologi *Internet of Things* (IoT) memberikan jalan bagi pemanfaatan *Smart Agriculture* guna mengoptimalkan pantauan kondisi lahan secara langsung (*real-time*). Kajian ini bertujuan untuk merancang bangun sekaligus menerapkan sistem *Smart Agriculture* berlandaskan IoT untuk memantau lahan pertanian, sehingga proses pengawasan dapat berjalan dengan lebih cepat, presisi, dan berdaya guna. Pendekatan yang diusung adalah *Research and Development* (R&D), yang mencakup tahapan identifikasi kebutuhan, perancangan sistem, perakitan purwarupa, uji coba perangkat, hingga evaluasi performa. Rangkaian sistem ini dikembangkan menggunakan mikrokontroler yang terintegrasi dengan sensor kelembapan tanah, sensor suhu dan kelembapan udara, serta pengukur pH tanah. Data yang diperoleh kemudian ditransmisikan via koneksi internet menuju server untuk disajikan pada antarmuka *dashboard* web. Hasil pengujian menunjukkan bahwa perangkat sukses membaca situasi lahan secara mandiri dan mentransfer data ke server dalam interval waktu tertentu. Komponen pembaca kelembapan tanah mampu melacak fluktuasi volume air, baik pada kondisi tanah kering maupun pasca-irigasi. Sensor suhu dan kelembapan udara menampilkan data yang konsisten mengikuti dinamika cuaca per hari, sementara sensor pH tanah menghasilkan tingkat akurasi yang berada pada rentang toleransi yang wajar. *Dashboard* terbukti mampu menyajikan informasi terkini, visualisasi grafik, dan notifikasi peringatan saat tingkat kelembapan tanah turun melewati batas minimal. Implementasi *Smart Agriculture* berteknologi IoT ini terbukti efektif sebagai jalan keluar bagi pemantauan lahan pertanian masa kini. Inovasi ini sanggup mendongkrak efisiensi pengawasan area tanam dan memfasilitasi penentuan keputusan budidaya secara sigap. Untuk penyempurnaan ke depannya, sistem dapat diarahkan pada penggabungan fitur irigasi otomatis serta analitik prediktif yang didukung oleh kecerdasan buatan (AI).

Kata Kunci: Smart Agriculture, Internet of Things, Monitoring Lahan, Pertanian Digital, Sensor IoT.

Article history: Received 5 April 20XX, first decision 22 April 20XX, accepted 22 August 20XX, available online 28 October 20XX

I. PENDAHULUAN

Bidang agrikultur adalah sektor vital yang memegang peranan esensial dalam mengamankan ketersediaan pangan, mendongkrak taraf hidup masyarakat, sekaligus menopang laju perekonomian bangsa. [1]. Di Tanah Air, mayoritas kebutuhan pangan masih bergantung pada hasil panen agrikultur dalam negeri, sehingga daya hasil lahan beserta efektivitas tata kelola pertanian menjadi isu yang teramat krusial. [2]. Akan tetapi, pada kenyataannya, ranah agrikultur masih berhadapan dengan bermacam rintangan, semisal anomali iklim, minimnya ketersediaan air, penurunan mutu lahan, ancaman hama dan patogen tumbuhan, serta kurangnya pemanfaatan teknologi mutakhir di kalangan petani[3]. Situasi ini mengakibatkan capaian panen agrikultur kerap kali fluktuatif dan belum sanggup menyentuh kapasitas maksimalnya [4]. Maka dari itu, dibutuhkan terobosan berlandaskan teknologi yang sanggup mendongkrak efektivitas tata kelola lahan agrikultur secara berkesinambungan. [5].

Perkembangan teknologi digital pada era Revolusi Industri 4.0 telah menghadirkan berbagai solusi cerdas yang dapat diterapkan dalam sektor pertanian[6]. Salah satu konsep yang berkembang pesat adalah Smart Agriculture, yaitu sistem pertanian modern yang memanfaatkan teknologi informasi dan komunikasi untuk meningkatkan produktivitas, efisiensi, serta keberlanjutan usaha tani[7]. Smart Agriculture mengintegrasikan sensor, perangkat komputasi, jaringan komunikasi, analisis data, dan otomasi dalam proses budidaya pertanian[8]. Dengan pendekatan ini, keputusan pertanian tidak lagi semata-mata didasarkan pada pengalaman tradisional, tetapi didukung oleh data aktual yang diperoleh secara real-time dari kondisi lapangan[9].

Salah satu teknologi inti dalam penerapan *Smart Agriculture* adalah *Internet of Things* atau IoT [10]. IoT adalah sistem jejaring peranti fisik yang saling terkoneksi via internet guna menghimpun, mentransmisikan, serta bertukar

* Mohammad Faisol

informasi secara mandiri [11]. Pada lingkup agrikultur, IoT memfasilitasi pemanfaatan beragam sensor guna mengawasi indikator krusial lahan semisal kadar air tanah, temperatur udara, tingkat pencahayaan, derajat keasaman (pH) tanah, tingkat presipitasi, serta kandungan hara[12]. Data yang dikumpulkan kemudian dikirim ke server atau platform berbasis cloud untuk dianalisis dan ditampilkan melalui aplikasi web maupun perangkat mobile[13]. Dengan demikian, petani atau pengelola lahan dapat memantau kondisi pertanian kapan saja dan dari mana saja secara lebih cepat, akurat, dan efisien[14].

Pemanfaatan IoT dalam monitoring lahan pertanian menjadi sangat relevan karena selama ini banyak proses pengawasan masih dilakukan secara manual[15]. Petani umumnya melakukan pengecekan kondisi tanah dan tanaman melalui observasi langsung di lapangan, yang memerlukan waktu, tenaga, dan biaya operasional yang tidak sedikit. Selain itu, metode manual rentan terhadap keterlambatan deteksi ketika terjadi kekeringan, kelebihan air, perubahan suhu ekstrem, atau serangan hama. Akibatnya, tindakan penanganan sering dilakukan setelah kondisi tanaman menurun, sehingga berdampak pada penurunan hasil panen. Melalui sistem monitoring berbasis IoT, informasi kondisi lahan dapat diperoleh secara kontinu dan otomatis, sehingga keputusan intervensi dapat dilakukan lebih cepat dan tepat sasaran[16].

Implementasi Smart Agriculture berbasis IoT juga berpotensi meningkatkan efisiensi penggunaan sumber daya[17]. Dalam budidaya pertanian konvensional, penggunaan air irigasi, pupuk, dan pestisida sering dilakukan berdasarkan perkiraan umum tanpa mempertimbangkan kebutuhan spesifik tanaman pada saat tertentu. Kondisi ini dapat menyebabkan pemborosan input produksi sekaligus meningkatkan risiko pencemaran lingkungan. Dengan dukungan data sensor dan sistem analitik, pemberian air maupun nutrisi dapat dilakukan secara presisi sesuai kebutuhan aktual tanaman[18]. Pendekatan precision farming semacam ini tidak hanya menekan biaya produksi, tetapi juga mendukung praktik pertanian ramah lingkungan dan berkelanjutan[19].

Di tingkat global, berbagai negara maju telah mengadopsi Smart Agriculture untuk menghadapi tantangan ketahanan pangan dan keterbatasan tenaga kerja pertanian. Negara-negara seperti Netherlands, Japan, dan United States telah memanfaatkan sensor cerdas, drone, robotika, dan analitik data untuk mengoptimalkan produksi pertanian[20]. Sementara itu, di Indonesia, penerapan teknologi tersebut masih menghadapi kendala berupa keterbatasan infrastruktur internet di pedesaan, biaya investasi awal, literasi digital petani, serta kurangnya model implementasi yang sesuai dengan karakteristik lahan lokal. Oleh sebab itu, penelitian dan pengembangan sistem Smart Agriculture yang adaptif, terjangkau, dan mudah digunakan menjadi kebutuhan mendesak[21].

Berdasarkan kondisi tersebut, proposal penelitian dengan judul “Implementasi Smart Agriculture Berbasis IoT untuk Monitoring Lahan Pertanian” menjadi sangat penting untuk dilaksanakan. Penelitian ini diarahkan untuk merancang dan mengimplementasikan sistem monitoring lahan pertanian yang mampu membaca parameter lingkungan secara real-time menggunakan sensor IoT, mengirimkan data melalui jaringan komunikasi, serta menyajikan informasi dalam dashboard yang mudah dipahami pengguna[22]. Sistem yang dikembangkan diharapkan dapat memberikan peringatan dini apabila terjadi kondisi abnormal pada lahan, seperti kelembapan tanah terlalu rendah atau suhu lingkungan melebihi batas optimal pertumbuhan tanaman[23].

Selain menghasilkan prototipe teknologi, penelitian ini juga diharapkan memberikan kontribusi ilmiah dalam pengembangan model integrasi IoT pada sektor pertanian tropis, khususnya di Indonesia. Karakteristik iklim tropis dengan curah hujan tinggi, suhu fluktuatif, dan variasi jenis tanah memerlukan pendekatan teknologi yang berbeda dibanding negara subtropis. Oleh karena itu, hasil penelitian ini berpotensi menjadi referensi penting bagi akademisi, pemerintah, industri agritech, maupun kelompok tani dalam mempercepat transformasi digital sektor pertanian nasional[24],[25].

Pada akhirnya, implementasi Smart Agriculture berbasis IoT bukan sekadar modernisasi alat pertanian, melainkan transformasi cara pengelolaan pertanian dari berbasis intuisi menuju berbasis data[26]. Dengan sistem monitoring lahan yang cerdas, responsif, dan efisien, produktivitas pertanian dapat ditingkatkan, risiko gagal panen dapat ditekan, serta kesejahteraan petani dapat didorong secara berkelanjutan. Oleh karena itu, penelitian ini memiliki urgensi tinggi baik dari sisi akademik, ekonomi, maupun sosial dalam mendukung masa depan pertanian yang lebih maju dan kompetitif[27],[28].

II. TINJAUAN PUSTAKA

Smart Agriculture merupakan konsep pertanian modern yang memanfaatkan teknologi digital untuk meningkatkan produktivitas, efisiensi, dan keberlanjutan pengelolaan lahan. Sistem ini menggabungkan perangkat keras, perangkat lunak, jaringan komunikasi, dan analisis data untuk membantu proses budidaya tanaman secara lebih terukur. Dalam pendekatan konvensional, banyak keputusan pertanian masih didasarkan pada pengalaman lapangan dan pengamatan

manual. Smart Agriculture mengubah pendekatan tersebut menjadi sistem berbasis data sehingga keputusan dapat dilakukan secara lebih cepat dan akurat[29],[30].

Kemajuan *Internet of Things* (IoT) menjadi pendorong esensial dalam evolusi agrikultur cerdas. IoT adalah gagasan yang menautkan beragam peranti fisik via koneksi internet sehingga sanggup mentransmisikan dan menerima informasi secara mandiri. Pada ranah agrikultur, IoT memfasilitasi peletakan sensor di area tanam guna memantau keadaan lingkungan sekitar secara langsung (*real-time*). Alat pendeteksi tersebut sanggup melacak kadar air tanah, temperatur udara, tingkat kelembapan udara, rasio pencahayaan, maupun derajat keasaman lahan. Data dari hasil pemindaian selanjutnya didistribusikan menuju server atau komputasi awan (*cloud*) guna diarsipkan, ditelaah, serta disajikan lewat antarmuka pemantauan (*dashboard*).[31],[32].

Monitoring lahan pertanian adalah kegiatan pengawasan terhadap kondisi fisik dan lingkungan lahan yang berpengaruh pada pertumbuhan tanaman. Proses monitoring menjadi penting karena setiap tanaman membutuhkan kondisi lingkungan tertentu agar dapat tumbuh optimal. Jika kelembapan tanah terlalu rendah, tanaman berisiko mengalami kekeringan. Jika suhu terlalu tinggi, proses fotosintesis dapat terganggu. Jika pH tanah tidak sesuai, penyerapan unsur hara menjadi kurang maksimal. Oleh sebab itu, pemantauan parameter lahan secara berkala sangat menentukan keberhasilan budidaya[33],[34].

Pada sistem tradisional, monitoring lahan dilakukan dengan observasi langsung oleh petani. Cara ini memiliki beberapa keterbatasan, seperti membutuhkan waktu, tenaga, serta tidak mampu memberikan data kontinu sepanjang hari. Selain itu, perubahan kondisi lahan yang terjadi secara cepat sering terlambat diketahui sehingga tindakan penanganan tidak optimal. Sistem monitoring berbasis IoT memberikan solusi karena pengukuran dapat dilakukan otomatis selama dua puluh empat jam dan data dapat diakses dari jarak jauh menggunakan perangkat komputer maupun telepon pintar[35],[36].

Arsitektur Smart Agriculture berbasis IoT umumnya terdiri dari beberapa lapisan. Lapisan pertama adalah sensing layer yang berisi sensor untuk mengumpulkan data dari lingkungan pertanian. Lapisan kedua adalah communication layer yang berfungsi mengirim data melalui Wi-Fi, GSM, LoRa, atau jaringan internet lainnya. Lapisan ketiga adalah processing layer berupa server atau cloud yang menyimpan serta memproses data. Lapisan keempat adalah application layer berupa dashboard web atau aplikasi mobile yang menampilkan informasi kepada pengguna. Integrasi seluruh lapisan ini menghasilkan sistem pemantauan lahan yang efisien dan mudah digunakan[37],[38].

Selain monitoring, IoT juga dapat dikembangkan menuju otomasi pertanian. Data sensor yang menunjukkan kondisi tanah kering dapat memicu pompa air menyala otomatis. Jika kelembapan sudah mencapai batas ideal, pompa dapat berhenti tanpa campur tangan manusia. Konsep ini dikenal sebagai smart irrigation dan menjadi salah satu implementasi penting dalam penghematan air. Dengan cara tersebut, penggunaan sumber daya menjadi lebih efisien sekaligus menjaga kesehatan tanaman[39],[40].

Keberhasilan implementasi Smart Agriculture tidak hanya ditentukan oleh teknologi, tetapi juga oleh faktor biaya, kemudahan penggunaan, dan kesiapan pengguna. Sistem yang terlalu mahal atau rumit akan sulit diterapkan pada petani skala kecil. Karena itu, pemilihan perangkat yang terjangkau, hemat energi, dan mudah dirawat menjadi aspek penting dalam perancangan sistem. Antarmuka dashboard juga perlu dibuat sederhana agar informasi mudah dipahami pengguna[41],[42].

Berdasarkan kajian tersebut, Smart Agriculture berbasis IoT memiliki potensi besar dalam meningkatkan kualitas monitoring lahan pertanian. Teknologi ini mampu menyediakan data real-time, mendukung pengambilan keputusan yang tepat, menekan risiko gagal panen, serta meningkatkan efisiensi penggunaan air dan pupuk. Oleh karena itu, penerapan sistem monitoring lahan berbasis IoT sangat relevan untuk mendukung modernisasi sektor pertanian dan memperkuat ketahanan pangan[43],[44].

III. METODE

Pendekatan riset yang diterapkan dalam usulan ini yakni *Research and Development* (R&D) melalui tahapan desain sistem, perakitan purwarupa, serta uji coba performa perangkat. Pendekatan ini ditentukan lantaran kajian menitikberatkan pada penciptaan sistem *Smart Agriculture* berlandaskan *Internet of Things* yang bisa diaplikasikan secara konkret guna mengawasi area agrikultur. Luaran final dari riset ini mewujud pada peranti pemantau yang sanggup memindai situasi lahan secara langsung (*real-time*) sekaligus menyajikan informasi via antarmuka digital.

Tahap pertama adalah analisis kebutuhan sistem. Pada tahap ini dilakukan identifikasi permasalahan yang sering terjadi di lahan pertanian, seperti kesulitan mengetahui kelembapan tanah, perubahan suhu lingkungan, serta keterlambatan penyiraman tanaman. Selain itu, dikaji kebutuhan pengguna terhadap sistem monitoring yang mudah

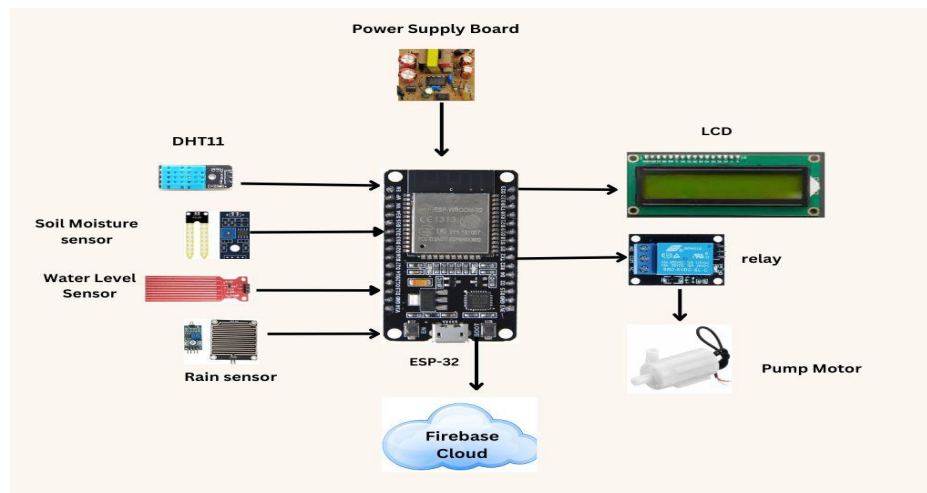
digunakan, hemat biaya, dan dapat diakses dari jarak jauh. Hasil analisis digunakan sebagai dasar penentuan spesifikasi perangkat keras dan perangkat lunak[45].

Tahap kedua adalah perancangan sistem. Sistem dirancang menggunakan mikrokontroler sebagai pusat pengendali yang terhubung dengan beberapa sensor, yaitu sensor kelembapan tanah, sensor suhu dan kelembapan udara, serta sensor pH tanah. Mikrokontroler menerima data dari sensor kemudian mengirimkannya melalui jaringan internet ke server. Pada sisi pengguna disediakan dashboard berbasis web untuk menampilkan data dalam bentuk angka, indikator status, dan grafik perkembangan kondisi lahan[46].

Tahap ketiga adalah pembuatan prototipe. Pada tahap ini seluruh komponen dirakit menjadi satu sistem. Sensor dipasang pada area lahan sesuai posisi pengukuran. Mikrokontroler diprogram agar dapat membaca data sensor secara berkala, misalnya setiap lima menit. Program juga dirancang untuk mengirim data ke database online. Dashboard dibuat menggunakan antarmuka sederhana agar pengguna dapat melihat kondisi lahan melalui laptop maupun telepon pintar[47].

Tahap keempat adalah pengujian sistem. Pengujian dilakukan untuk mengetahui fungsi setiap komponen. Sensor diuji dengan membandingkan hasil pembacaan terhadap alat ukur manual. Koneksi internet diuji untuk memastikan data dapat terkirim secara stabil. Dashboard diuji untuk melihat kecepatan pembaruan data dan kemudahan akses pengguna. Jika terjadi kesalahan pembacaan, maka dilakukan kalibrasi sensor dan perbaikan program[48].

Tahap kelima adalah analisis dan evaluasi. Data hasil pengujian dianalisis untuk menilai tingkat akurasi sensor, kestabilan sistem, dan manfaat penggunaan alat. Evaluasi juga dilakukan terhadap kemudahan penggunaan sistem oleh pengguna lapangan. Jika seluruh indikator terpenuhi, maka sistem dinyatakan layak diterapkan untuk monitoring lahan pertanian[49].



Gambar 1. Arsitektur Sistem

Gambar Arsitektur Sistem menunjukkan arsitektur perangkat keras dari sistem Smart Agriculture berbasis Internet of Things yang dirancang untuk monitoring dan pengendalian lahan pertanian secara otomatis. Pada pusat sistem terdapat mikrokontroler ESP32 yang berfungsi sebagai unit pemrosesan utama untuk menerima, mengolah, dan mengirimkan data. ESP32 terhubung dengan beberapa sensor, yaitu sensor DHT11 untuk mengukur suhu dan kelembapan udara, sensor kelembapan tanah untuk mengetahui kadar air dalam tanah, sensor ketinggian air untuk memantau volume air, serta sensor hujan untuk mendeteksi curah hujan. Seluruh data dari sensor tersebut diproses oleh ESP32 dan kemudian dikirim ke platform cloud, dalam hal ini Firebase, sehingga data dapat diakses secara real-time melalui jaringan internet. Selain itu, sistem juga dilengkapi dengan LCD sebagai media tampilan lokal untuk menampilkan informasi langsung di lapangan. Pada bagian aktuator, terdapat modul relay yang berfungsi sebagai saklar elektronik untuk mengontrol pompa air. Pompa akan aktif atau nonaktif secara otomatis berdasarkan kondisi yang dibaca sensor, misalnya ketika tanah dalam kondisi kering. Sistem ini juga didukung oleh power supply board yang menyediakan sumber daya listrik untuk seluruh komponen. Secara keseluruhan, arsitektur ini menggambarkan integrasi antara sensor, mikrokontroler, cloud, dan aktuator dalam menciptakan sistem pertanian cerdas yang mampu melakukan monitoring sekaligus pengendalian secara otomatis dan efisien.

Alur Kerja Sistem

1. Sensor membaca kondisi tanah dan lingkungan.
2. Data diterima mikrokontroler.

3. Mikrokontroler mengirim data ke server melalui internet.
4. Server menyimpan data ke database.
5. Dashboard menampilkan kondisi lahan secara real-time.
6. Pengguna melakukan tindakan penyiraman atau perawatan berdasarkan data.

Tabel Komponen Penelitian

NO	KOMPONEN	FUNGSI
1	Mikrokontroler ESP32	Mengolah dan mengirim data sensor
2	Sensor Kelembapan Tanah	Mengukur kadar air tanah
3	Sensor Suhu dan Kelembapan	Mengukur kondisi udara
4	Sensor pH Tanah	Mengukur tingkat keasaman tanah
5	Modul Internet	Menghubungkan sistem ke server
6	Database Cloud	Menyimpan data monitoring
7	Dashboard Web	Menampilkan data pengguna

Teknik Analisis Data

Data sensor dianalisis menggunakan metode deskriptif kuantitatif. Hasil pembacaan ditampilkan dalam bentuk tabel dan grafik harian. Indikator keberhasilan penelitian meliputi akurasi sensor, keberhasilan pengiriman data, kecepatan akses dashboard, dan kestabilan sistem selama masa uji coba. Dengan metode ini diharapkan sistem Smart Agriculture berbasis IoT dapat menjadi solusi efektif untuk monitoring lahan pertanian secara modern dan efisien[50].

IV. HASIL

Hasil dari penelitian ini adalah terbentuknya sistem Smart Agriculture berbasis Internet of Things yang mampu melakukan monitoring lahan pertanian secara real-time. Sistem berhasil dirancang menggunakan mikrokontroler yang terhubung dengan sensor kelembapan tanah, sensor suhu dan kelembapan udara, serta sensor pH tanah. Seluruh sensor dapat membaca kondisi lingkungan lahan secara otomatis dan mengirimkan data ke server melalui jaringan internet.

Pada tahap implementasi, perangkat berhasil dipasang di area lahan uji coba dan beroperasi sesuai rancangan. Sensor kelembapan tanah mampu mendeteksi perubahan kadar air tanah ketika kondisi lahan kering maupun setelah proses penyiraman. Sensor suhu dan kelembapan udara menunjukkan perubahan nilai sesuai kondisi cuaca harian, terutama pada pagi, siang, dan sore hari. Sensor pH tanah juga mampu memberikan informasi tingkat keasaman tanah yang berguna untuk mengetahui kesesuaian media tanam terhadap jenis tanaman yang dibudidayakan.

Data hasil pembacaan sensor berhasil dikirim ke database secara berkala sesuai interval waktu yang telah ditentukan. Sistem menunjukkan performa stabil dalam proses transmisi data tanpa kehilangan data yang signifikan. Informasi yang tersimpan kemudian ditampilkan melalui dashboard berbasis web yang dapat diakses menggunakan komputer maupun telepon pintar. Dashboard menampilkan nilai sensor dalam bentuk angka, indikator status normal atau tidak normal, serta grafik perkembangan data harian.

Berdasarkan pengujian lapangan, sistem mampu membantu pengguna dalam mengetahui kondisi lahan tanpa harus datang langsung ke lokasi. Ketika kelembapan tanah berada di bawah batas minimum, dashboard memberikan peringatan bahwa lahan memerlukan penyiraman. Fitur ini membantu pengambilan keputusan yang lebih cepat sehingga risiko tanaman mengalami kekeringan dapat dikurangi. Selain itu, data suhu lingkungan dapat digunakan untuk memperkirakan kondisi pertumbuhan tanaman dan kebutuhan perlindungan terhadap cuaca ekstrem.

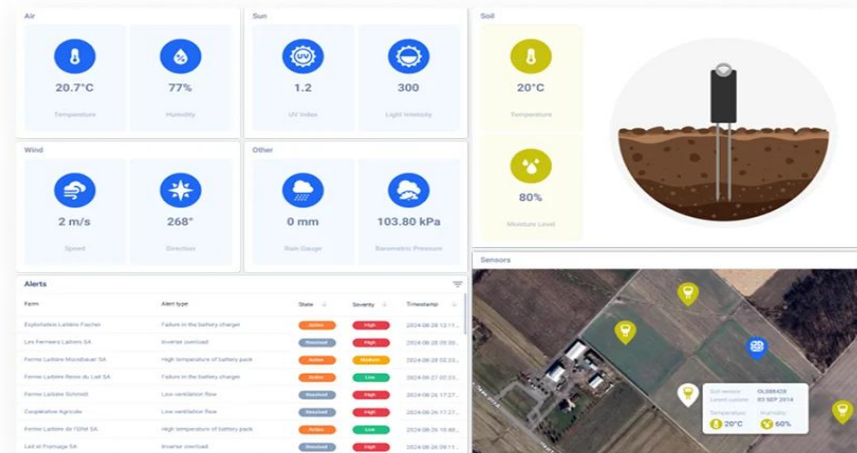
Hasil pengujian akurasi menunjukkan bahwa pembacaan sensor memiliki tingkat kesesuaian yang baik dibanding alat ukur manual. Selisih data masih berada dalam batas toleransi penggunaan lapangan. Hal ini menunjukkan bahwa sistem layak digunakan sebagai alat monitoring pendukung pada kegiatan pertanian modern. Dari sisi konektivitas, pengiriman data berjalan optimal pada area yang memiliki jaringan internet stabil.

Sistem juga memberikan manfaat efisiensi tenaga dan waktu. Pada metode konvensional, petani harus memeriksa lahan secara langsung beberapa kali dalam sehari. Dengan sistem ini, pemantauan dapat dilakukan dari jarak jauh sehingga pekerjaan menjadi lebih efisien. Data historis yang tersimpan pada dashboard juga dapat digunakan untuk mengevaluasi pola kelembapan tanah, perubahan suhu, dan kondisi lahan dalam jangka waktu tertentu.

Tabel Hasil Pengujian Sistem

NO	PARAMETER UJI	HASIL
1	Pembacaan kelembapan tanah	Berjalan baik
2	Pembacaan suhu udara	Stabil
3	Pembacaan pH tanah	Akurat
4	Pengiriman data ke server	Berhasil

5	Tampilan dashboard	Real-time
6	Akses melalui smartphone	Berhasil
7	Notifikasi kondisi kering	Aktif



Gambar 2. Visualisasi Dashboard Monitoring

Visualisasi Dashboard Monitoring menampilkan sebuah dashboard sistem Smart Agriculture berbasis Internet of Things yang digunakan untuk memantau kondisi lahan pertanian secara real-time. Pada bagian atas dashboard ditampilkan parameter lingkungan udara seperti suhu sebesar 20.7°C dan kelembapan 77% yang menunjukkan kondisi iklim mikro di sekitar lahan. Selain itu, terdapat informasi terkait intensitas cahaya matahari dengan nilai UV index 1.2 dan tingkat pencahayaan sebesar 300, yang berperan dalam proses fotosintesis tanaman. Kondisi angin juga ditampilkan dengan kecepatan 2 m/s dan arah 268°, yang dapat memengaruhi penguapan air serta penyebaran hama. Pada bagian lain, terdapat data tambahan seperti curah hujan 0 mm dan tekanan udara 103.80 kPa yang memberikan gambaran kondisi cuaca secara keseluruhan. Fokus utama sistem ini terletak pada monitoring tanah, di mana suhu tanah tercatat sebesar 20°C dan kelembapan tanah mencapai 80%, sehingga dapat digunakan sebagai dasar pengambilan keputusan terkait irigasi. Dashboard juga dilengkapi dengan visualisasi sensor yang tertanam di dalam tanah sebagai representasi cara kerja perangkat IoT di lapangan. Selain itu, terdapat fitur notifikasi atau alert yang memberikan peringatan jika kondisi lingkungan berada di luar batas normal. Pada bagian bawah, ditampilkan peta lahan dengan beberapa titik sensor yang menunjukkan distribusi data di berbagai lokasi. Secara keseluruhan, dashboard ini berfungsi sebagai alat monitoring terintegrasi yang membantu pengguna dalam mengelola lahan pertanian secara lebih efisien, akurat, dan berbasis data.

Secara keseluruhan, hasil penelitian menunjukkan bahwa implementasi Smart Agriculture berbasis IoT berhasil diterapkan untuk monitoring lahan pertanian. Sistem mampu menyediakan informasi kondisi lahan secara cepat, akurat, dan mudah diakses, sehingga berpotensi meningkatkan efisiensi pengelolaan pertanian serta mendukung produktivitas hasil panen.

V. PEMBAHASAN

Temuan riset mengindikasikan bahwa penerapan sistem *Smart Agriculture* berlandaskan *Internet of Things* menghadirkan dampak positif terhadap prosedur pengawasan lahan agrikultur. Sistem yang dikembangkan sanggup memindai keadaan lingkungan secara mandiri serta menyajikan data secara langsung (*real-time*) lewat antarmuka digital. Fakta ini menegaskan bahwa pendayagunaan teknologi IoT mampu menanggulangi kelemahan metode konvensional yang selama ini bertumpu pada pengecekan fisik secara manual di area tanam. Melalui inovasi ini, petani maupun pengelola lahan bisa mendeteksi situasi agrikultur dengan sigap tanpa diwajibkan selalu hadir di lokasi. Dari sisi teknis, keberhasilan sistem ditunjukkan melalui kemampuan sensor dalam mendeteksi parameter penting seperti kelembapan tanah, suhu udara, dan pH tanah. Ketiga parameter tersebut merupakan faktor utama yang memengaruhi

pertumbuhan tanaman. Ketika kelembapan tanah berada pada kondisi rendah, pengguna dapat segera melakukan penyiraman. Begitu pula ketika suhu meningkat atau pH tanah tidak sesuai, tindakan korektif dapat dilakukan lebih awal. Kondisi ini menunjukkan bahwa sistem monitoring berbasis IoT mampu mendukung pengambilan keputusan yang lebih tepat dan efisien.

Selain aspek teknis, penelitian ini juga memperlihatkan bahwa digitalisasi pertanian dapat meningkatkan efisiensi kerja. Pengguna tidak lagi memerlukan pengecekan lapangan berulang kali karena data sudah tersedia secara daring. Hal ini sangat bermanfaat terutama untuk lahan pertanian yang luas atau berada jauh dari tempat tinggal petani. Dengan demikian, waktu, tenaga, dan biaya operasional dapat ditekan secara signifikan.

Meskipun demikian, implementasi sistem masih memiliki beberapa tantangan. Kestabilan jaringan internet menjadi faktor penting dalam pengiriman data dari perangkat ke server. Pada daerah dengan sinyal lemah, proses monitoring dapat mengalami keterlambatan. Selain itu, sensor memerlukan perawatan dan kalibrasi berkala agar hasil pembacaan tetap akurat. Oleh sebab itu, keberhasilan penerapan teknologi ini juga bergantung pada dukungan infrastruktur dan kesiapan pengguna dalam mengoperasikan sistem.

Secara umum, hasil penelitian ini menegaskan bahwa Smart Agriculture berbasis IoT berpotensi besar diterapkan pada sektor pertanian modern. Teknologi ini tidak hanya berfungsi sebagai alat pemantauan, tetapi juga sebagai langkah awal menuju sistem pertanian otomatis yang lebih cerdas dan berkelanjutan.

1. Keunggulan Sistem

- Monitoring lahan dapat dilakukan secara real-time.
- Data dapat diakses melalui smartphone atau komputer.
- Membantu pengambilan keputusan lebih cepat.
- Mengurangi ketergantungan pada pemeriksaan manual.

2. Kendala Implementasi

- Membutuhkan jaringan internet yang stabil.
- Sensor harus dikalibrasi secara berkala.
- Memerlukan sumber daya listrik yang cukup.
- Sebagian pengguna masih membutuhkan pelatihan teknologi.

3. Peluang Pengembangan

- Integrasi sistem penyiraman otomatis.
- Penambahan sensor unsur hara tanah.
- Pemanfaatan kecerdasan buatan untuk prediksi panen.
- Pengembangan aplikasi mobile yang lebih interaktif.

VI. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa implementasi sistem Smart Agriculture berbasis Internet of Things berhasil diterapkan sebagai solusi monitoring lahan pertanian secara modern dan efisien. Sistem yang dirancang mampu membaca parameter penting lahan seperti kelembapan tanah, suhu udara, kelembapan udara, dan pH tanah secara otomatis serta mengirimkan data ke server melalui jaringan internet. Informasi tersebut kemudian ditampilkan melalui dashboard digital yang mudah diakses oleh pengguna kapan saja dan dari mana saja.

Penerapan sistem ini memberikan manfaat nyata dalam meningkatkan efektivitas pengelolaan lahan pertanian. Pengguna dapat mengetahui kondisi lahan secara real-time tanpa harus melakukan pengecekan manual secara terus-menerus. Dengan tersedianya data yang cepat dan akurat, keputusan terkait penyiraman, pemupukan, maupun tindakan perawatan lainnya dapat dilakukan lebih tepat waktu. Selain itu, penggunaan sistem juga berpotensi menekan biaya operasional, menghemat tenaga kerja, dan mengurangi risiko gagal panen akibat keterlambatan penanganan.

Meskipun masih terdapat kendala seperti kebutuhan jaringan internet yang stabil dan perawatan sensor secara berkala, secara keseluruhan sistem ini menunjukkan kinerja yang baik dan layak dikembangkan lebih lanjut. Oleh karena itu, Smart Agriculture berbasis IoT memiliki potensi besar untuk mendukung transformasi digital sektor pertanian menuju sistem pertanian yang lebih produktif, cerdas, dan berkelanjutan di masa depan.

Kontribusi Penulis: [Mohammad Faisol]: Konseptualisasi, Penulisan Draf Awal, Review & Editing, Supervisi. [Syamsul Arifin]: Pengumpulan Data, Analisis, dan Penulisan Draf Awal.

Semua penulis telah membaca dan menyetujui versi naskah yang telah diterbitkan.

Pendanaan: -

Ucapan Terima Kasih: -

Konflik Kepentingan: Para penulis menyatakan tidak memiliki konflik kepentingan.

Ketersediaan Data: -

Persetujuan Berdasarkan Informasi ORCID: Tidak tersedia.

Penulis Pertama: https: -

Penulis Kedua: https: -

Penulis Ketiga: -

REFERENSI

- [1] S. Wolfert, L. Ge, C. Verdouw, and M. Bogaardt, "Big Data in Smart Farming – A review," *Agric. Syst.*, vol. 153, pp. 69–80, 2017, doi: 10.1016/j.agry.2017.01.023.
- [2] K. G. Liakos, P. Busato, D. Moshou, and S. Pearson, "Machine Learning in Agriculture : A Review," no. M1, pp. 1–29, doi: 10.3390/s18082674.
- [3] H. M. Jawad, R. Nordin, and S. K. Gharghan, "Energy-Efficient Wireless Sensor Networks for Precision Agriculture : A Review," 2017, doi: 10.3390/s17081781.
- [4] L. Klerkx, E. Jakku, and P. Labarthe, "A review of social science on digital agriculture , smart farming and agriculture 4 . 0 : New contributions and a future research agenda," *NJAS - Wageningen J. Life Sci.*, vol. 90–91, p. 100315, 2022, doi: 10.1016/j.njas.2019.100315.
- [5] R. Zavaliev, G. Sagi, A. Gera, and B. L. Epel, "The constitutive expression of Arabidopsis plasmodesmal-associated class 1 reversibly glycosylated polypeptide impairs plant development and virus spread," vol. 61, no. 1, pp. 131–142, 2010, doi: 10.1093/jxb/erp301.
- [6] M. T. Steele and D. W. Hamilton, "Start-up of an Anaerobic Sequencing Batch Reactor (ASBR) Treating Low Strength Swine Manure Grand Sierra Resort and Casino," vol. 0300, no. 096766, 2009, doi: https://doi.org/10.13031/2013.27359.
- [7] J. Yang, W. Lee, and S. Han, "Detector Array for a Terahertz Real-Time Imaging System," pp. 1–11, 2016, doi: 10.3390/s16030319.
- [8] C. Intercrop *et al.*, "Nitrogen Fixation and Nutritional Yield of," pp. 1–15, doi: https://doi.org/10.3390/agronomy10040565.
- [9] K. Bronson and I. Knezevic, "Big Data in food and agriculture," no. June, pp. 1–5, 2016, doi: 10.1177/2053951716648174.
- [10] E. Demir, E. Demir, E. Köseoğlu, R. Sokullu, and B. Şeker, "ScienceDirect ScienceDirect Smart Home Assistant for Ambient Assisted Living of Elderly Smart Home Assistant for Ambient Assisted Living of Elderly People with Dementia People with Dementia," *Procedia Comput. Sci.*, vol. 113, pp. 609–614, 2017, doi: 10.1016/j.procs.2017.08.302.
- [11] M. L. Buchaillet *et al.*, "Evaluating Maize Genotype Performance under Low Nitrogen Conditions Using RGB UAV Phenotyping Techniques", doi: https://doi.org/10.3390/s19081815.
- [12] N. Sharma and N. Sharma, "An Neural An Analysis Analysis Of Of Convolutional Convolutional Neural Networks Networks For For Image Image An Analysis Of Co Classification An Analysis Of Convolutional Neural Networks For Image Classification An Analysis Of Convolutional Neural and Networks For Image ScienceDirect are are," *Procedia Comput. Sci.*, vol. 132, no. Iccids, pp. 377–384, 2018, doi:

- 10.1016/j.procs.2018.05.198.
- [13] Y. Cai, K. Zhang, Z. Ye, C. Liu, K. Lu, and L. Wang, "Influence of Temperature on the Natural Vibration Characteristics of Simply Supported Reinforced Concrete Beam," 2021, doi: <https://doi.org/10.3390/s21124242>.
- [14] J. Meléndez and G. Guarnizo, "Fast Quantification of Air Pollutants by Mid-Infrared Hyperspectral Imaging and Principal Component Analysis," 2021, doi: <https://doi.org/10.3390/s21062092>.
- [15] J. Ling, E. Germain, R. Murphy, and D. Saroj, "Designing a Sustainability Assessment Framework for Selecting Sustainable Wastewater Treatment Technologies in Corporate Asset Decisions," *Sustainability*, vol. 13, no. 7, p. 3831, Mar. 2021, doi: 10.3390/su13073831.
- [16] A. Review, "Smart Sensors and Smart Data for Precision Agriculture: A Review," 2024, doi: <https://doi.org/10.3390/s24082647>.
- [17] G. R. Sinha, "Advances in IoT and Smart Sensors for Remote Sensing and Agriculture Applications," 2021, doi: <https://doi.org/10.3390/rs13132585>.
- [18] T. A. Khoa, M. M. Man, T. Nguyen, and V. Nguyen, "Smart Agriculture Using IoT Multi-Sensors : A Novel Watering Management System", doi: 10.3390/jsan8030045.
- [19] X. Sigalingging and S. W. Prakosa, "SCANet : Implementation of Selective Context Adaptation Network in Smart Farming Applications," 2023, doi: <https://doi.org/10.3390/s23031358>.
- [20] S. N. Kumar, K. Suriyan, A. T. Jacob, A. Varghese, and E. Francis, "Smart farming for a sustainable future : implementing IoT - based systems in precision agriculture," 2025, doi: <https://doi.org/10.1186/s42269-025-01366-8>.
- [21] A. Chourlias and J. Violos, "Internet of Things Virtual sensors for smart farming : An IoT- and AI-enabled approach," vol. 32, no. March, 2025, doi: <https://doi.org/10.1016/j.iot.2025.101611>.
- [22] P. Rajak, A. Ganguly, S. Adhikary, and S. Bhattacharya, "Internet of Things and smart sensors in agriculture : Scopes and challenges," *J. Agric. Food Res.*, vol. 14, no. June, p. 100776, 2023, doi: 10.1016/j.jafr.2023.100776.
- [23] S. Murgod, T. Kabbur, B. Matte, V. Mujumdar, and M. Meenaxi, "ScienceDirect IoT-Driven Smart Farming with Machine Learning for Sustainable Food Systems," *Procedia Comput. Sci.*, vol. 260, pp. 552–560, 2025, doi: 10.1016/j.procs.2025.03.233.
- [24] R. Trabelsi, R. Khemmar, B. Decoux, J. Ertaud, and R. Butteau, "Recent Advances in Vision-Based On-Road Behaviors Understanding : A Critical Survey," pp. 1–27, 2022, doi: <https://doi.org/10.3390/s22072654>.
- [25] F. Prasetyo, E. Putra, A. Zulfikri, G. Arifin, and R. M. Ilhamsyah, "Analysis of Phishing Attack Trends , Impacts and Prevention Methods : Literature Study," vol. 4, no. 1, pp. 413–421, 2024, doi: <https://doi.org/10.47709/brilliance.v4i1.4357>.
- [26] D. Radzikowska-kujawska, P. John, T. Piechota, M. Nowicki, and P. Ł. Kowalczewski, "Response of Winter Wheat (*Triticum aestivum* L .) to Selected Biostimulants under Drought Conditions," pp. 1–14, 2022, doi: <https://doi.org/10.3390/agriculture13010121>.
- [27] U. Ludewig, "Nitrogen Fertilizer Type and Genotype as Drivers of P Acquisition and Rhizosphere Microbiota Assembly in Juvenile Maize Plants," 2023, doi: <https://doi.org/10.3390/plants12030544>.
- [28] F. Prasetyo, E. Putra, R. O. F. Kusuma, A. Mu, and A. Efendy, "Effect Of Distance On Wi-Fi Signal Quality

- In The Home Environment,” vol. 4, no. 1, pp. 391–398, 2024, doi: <https://doi.org/10.47709/brilliance.v4i1.4319>.
- [29] Y. Ma, S. Guga, J. Xu, X. Liu, Z. Tong, and J. Zhang, “Evaluation of Drought Vulnerability of Maize and Influencing Factors in Songliao Plain Based on the SE-DEA-Tobit Model,” 2022, doi: <https://doi.org/10.3390/rs14153711>.
- [30] F. Prasetyo, E. Putra, M. Dafid, and I. Syafi, “Firewall Implementation as a Computer Network Security Strategy for Data Protection,” vol. 5, no. 1, pp. 291–297, 2025, doi: <https://doi.org/10.47709/brilliance.v5i1.6162>.
- [31] M. Antenna, “A Compact Ultra-Thin 4×4 Multiple-Input Multiple-Output Antenna,” 2022, doi: <https://doi.org/10.3390/s22166091>.
- [32] F. Prasetyo, E. Putra, M. A. Huda, and A. Rohman, “Computer Network Management Optimization Through Big Data Analysis Using Time Series Analysis Method,” vol. 4, no. 1, pp. 434–442, 2024, doi: <https://doi.org/10.47709/brilliance.v4i1.4373>.
- [33] L. Algorithm, “Analysis of Mobile Robot Control by Reinforcement Learning Algorithm,” 2022, doi: <https://doi.org/10.3390/electronics11111754>.
- [34] F. Prasetyo, E. Putra, M. Aziz, M. Irfan, and R. Alim, “Improving Network Service Quality in parts of Sampang City : QoS Evaluation and User Perception of QoE,” vol. 4, no. 1, pp. 408–412, 2024, doi: <https://doi.org/10.47709/brilliance.v4i1.4311>.
- [35] O. Sadeghian, B. Mohammadi-ivatloo, F. Mohammadi, and Z. Abdul-malek, “Protecting Power Transmission Systems against Intelligent Physical Attacks: A Critical Systematic Review,” 2022, doi: <https://doi.org/10.3390/su141912345>.
- [36] F. Prasetyo, E. Putra, R. W. Efendi, A. B. Tamam, and W. A. Pramadi, “Trends and Best Practices in API-Based Web Development Using Laravel and React,” vol. 5, no. 1, pp. 223–233, 2025, doi: <https://doi.org/10.47709/brilliance.v5i1.5971>.
- [37] A. Region, “Mapping Soil Organic Matter Content Based on Feature Band Selection with ZY1-02D Hyperspectral Satellite Data in the,” 2022, doi: <https://doi.org/10.3390/agronomy12092111>.
- [38] F. Prasetyo, E. Putra, M. Surur, and G. Arifin, “Internet Network QOS Analysis at Yala Kopitiam pamekasan Using Wireshak,” vol. 5, no. 1, pp. 190–200, 2025, doi: <https://doi.org/10.47709/brilliance.v5i1.5940>.
- [39] S. Kwon *et al.*, “Validation of Adhesive Single-Lead ECG Device Compared with Holter Monitoring among Non-Atrial Fibrillation Patients,” pp. 1–17, 2021, doi: <https://doi.org/10.3390/s21093122>.
- [40] F. Prasetyo, E. Putra, A. Zulfikri, A. Rohman, and R. Alim, “Analysis Comparative of Performance Optimization Techniques for PHP Framework Testing : Laravel , CodeIgniter , Symfony,” vol. 5, no. 1, pp. 242–248, 2025, doi: <https://doi.org/10.47709/brilliance.v5i1.5989>.
- [41] J. Hernandez-alvidrez, R. Darbali-zamora, J. D. Flicker, M. Shirazi, J. Vandermeer, and W. Thomson, “Using Energy Storage-Based Grid Forming Inverters for Operational Reserve in Hybrid Diesel Microgrids,” 2022, doi: <https://doi.org/10.3390/en15072456>.
- [42] F. Prasetyo, E. Putra, I. N. S. Degeng, S. Ulfa, and W. Kamdi, “The Evolution of Quality Education : Impacts and Challenges of Using Open Educational Resources (OER) and Open Educational Practices (OEP) in the Conceive - Design - Implement - Operate (CDIO) Framework,” vol. 13, no. 1, pp. 386–395, 2024, doi: [10.18421/TEM131](https://doi.org/10.18421/TEM131).

- [43] C.- Patients *et al.*, “Requirements and Solutions for Motion Limb Assistance of COVID-19 Patients,” pp. 37-47, 2022, doi: <https://doi.org/10.3390/robotics11020045>.
- [44] F. Prasetyo, E. Putra, F. Iqbal, and N. Muhammad, “Twitter sentiment analysis about economic recession in indonesia,” vol. 7, no. 1, pp. 1–7, 2023, doi: <https://doi.org/10.31763/businta.v7i1.592>.
- [45] F. Li *et al.*, “A Time-Varying Incentive Optimization for Interactive Demand Response Based on Two-Step Clustering,” 2022, doi: <https://doi.org/10.3390/info13090421>.
- [46] J. Cai, K. Sun, T. Qin, X. Bu, M. Wang, and H. Li, “Genotypic Diversity Improves Photosynthetic Traits of *Hydrocotyle vulgaris* and Alters Soil Organic Matter and N₂O Emissions of Wetland Microecosystems,” 2022, doi: <https://doi.org/10.3390/w14060872>.
- [47] D. Wajnert, “Two Models for Time-Domain Simulation of Hybrid Magnetic Bearing ’ s Characteristics,” 2022, doi: <https://doi.org/10.3390/s22041567>.
- [48] R. Koyama, M. Ishibashi, I. Fukuda, A. Okino, R. Osawa, and Y. Uno, “Pre- and Post-Harvest Conditions Affect Polyphenol Content in Strawberry (*Fragaria × ananassa*),” *Plants*, vol. 11, no. 17, p. 2220, Aug. 2022, doi: [10.3390/plants11172220](https://doi.org/10.3390/plants11172220).
- [49] L. Plutellidae, “Proteome Analysis of Male Accessory Gland,” pp. 1–20, 2023, doi: <https://doi.org/10.3390/insects14020132>.
- [50] R. F. Alshebli and Y. Bicer, “Thermodynamics Analysis of a Membrane Distillation Crystallization Ion Recovery System for Hydroponic Greenhouses Assisted with Renewable Energy,” *Sustainability*, vol. 15, no. 3, p. 1876, Jan. 2023, doi: [10.3390/su15031876](https://doi.org/10.3390/su15031876).

Publisher’s Note: Publisher stays neutral with regard to jurisdictional claims in published maps and institutional affiliations.