

Kumawula, Vol.9, No.2, Agustus 2026, 719 – 730

DOI: <https://doi.org/10.24198/kumawula.v9i2.67784>

ISSN 2620-844X (online)

ISSN 2809-8498 (cetak)

Tersedia online di <http://jurnal.unpad.ac.id/kumawula/index>

IMPLEMENTASI SMART VERTICAL GARDEN BERBASIS IoT SEBAGAI DUKUNGAN TERHADAP PROGRAM ECO-SCHOOL DI SDIT AL USWAH SURABAYA TAHUN 2025

Feby Artwodini Muqtadiroh^{1*}

¹ Institut Teknologi Sepuluh Nopember

*Korespondensi : feby@its.ac.id

ABSTRACT

The Eco-School program in schools often faces significant challenges, particularly limited land availability and a lack of personnel for regular plant maintenance. This community service program aims to address these issues through the implementation of an appropriate technology solution, namely the Smart Vertical Garden (SVG) based on the Internet of Things (IoT) at SDIT Al Uswah, Surabaya. The implementation method includes assessing the partner's needs, designing and installing an SVG system integrated with soil moisture, temperature, and light intensity sensors, as well as conducting intensive training sessions for teachers and students. The SVG system functions to monitor environmental conditions and perform automatic watering, thereby optimizing the use of limited space and minimizing human intervention. The results of this community service activity show that the system was successfully implemented and received enthusiastic responses from the school. Moreover, the SVG system was able to reduce water consumption by up to 40%, optimize limited land through a modular vertical structure, and increase teacher and student engagement in Science, Technology, Engineering, and Mathematics (STEM)-based learning. This program not only provides a technical solution but also serves as an educational medium to foster environmental awareness and technological literacy among school students. The implementation of SVG not only promotes the efficient use of water and resources but also enriches students' learning experiences in science, technology, and sustainability, holistically supporting the partner school's Eco-School vision. The sustainability of this program is ensured through the school's strong commitment and its potential for replication in other educational environments.

Keywords: Smart vertical garden; internet of things; eco-school; appropriate technology; STEM

ABSTRAK

Program Eco-School di sekolah seringkali menghadapi tantangan signifikan, terutama keterbatasan lahan dan minimnya personel untuk perawatan tanaman rutin. Kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini bertujuan untuk mengatasi permasalahan tersebut melalui implementasi solusi teknologi tepat guna, yaitu Smart Vertical Garden (SVG) berbasis Internet of Things (IoT) di SDIT Al Uswah, Surabaya. Metode pelaksanaan meliputi survei kebutuhan mitra, perancangan dan instalasi sistem SVG yang terintegrasi dengan sensor kelembaban tanah, suhu, dan intensitas cahaya, serta pelatihan intensif kepada

RIWAYAT ARTIKEL

Diserahkan : 03/11/2025

Diterima : 19/08/2026

Dipublikasikan : 21/08/2026

guru dan siswa. Sistem SVG berfungsi untuk memantau kondisi lingkungan dan melakukan penyiraman secara otomatis, sehingga mengoptimalkan penggunaan lahan terbatas dan meminimalkan intervensi manusia. Hasil pengabdian kepada Masyarakat menunjukkan bahwa sistem ini berhasil diimplementasikan dan mendapatkan antusiasme tinggi dari pihak sekolah. Terlebih SVG mampu menghemat air hingga 40%, mengoptimalkan lahan terbatas dengan sistem vertikal modular, serta meningkatkan keterlibatan guru dan siswa dalam pembelajaran berbasis STEM - Science (Sains), Technology (Teknologi), Engineering (Teknik/Rekayasa), dan Mathematics (Matematika). Program ini tidak hanya menghadirkan solusi teknis, tetapi juga berperan sebagai media edukatif untuk menanamkan kesadaran lingkungan dan literasi teknologi di kalangan siswa, khususnya sekolah dasar. Implementasi SVG tidak hanya menyediakan solusi efisiensi air dan sumber daya, tetapi juga memperkaya pengalaman belajar siswa dalam sains, teknologi, dan keberlanjutan, secara holistik mendukung visi Eco-School mitra. Keberlanjutan program didukung oleh komitmen sekolah dan potensi replikasi di lingkungan sekolah lainnya.

Kata Kunci: *Smart vertical garden; internet of things; eco-school; teknologi tepat guna; STEM*

PENDAHULUAN

Tuntutan akan pendidikan yang berwawasan lingkungan telah mendorong banyak institusi pendidikan dasar untuk mengadopsi program *Eco-School*. Namun, di wilayah perkotaan padat seperti Surabaya, sekolah menghadapi kendala nyata berupa keterbatasan lahan fisik untuk kegiatan berkebun serta terbatasnya personel atau waktu untuk melakukan perawatan tanaman secara rutin.

Eco-School merupakan program pendidikan lingkungan berbasis sekolah yang dikembangkan oleh Foundation for Environmental Education (FEE), organisasi nirlaba internasional yang berdiri sejak 1981 dan kini beranggotakan organisasi mitra di lebih dari 80 negara (FEE, 2023). Program ini menerapkan proses tujuh langkah, meliputi: pembentukan tim lingkungan sekolah (eco-committee), pelaksanaan tinjauan lingkungan, penyusunan rencana aksi, pemantauan dan evaluasi, integrasi tema keberlanjutan ke dalam kurikulum, hingga pelibatan seluruh komunitas sekolah yang bermuara pada penghargaan *Green Flag* bagi sekolah yang berhasil menunjukkan perbaikan nyata dalam sikap, perilaku, dan kondisi lingkungan belajarnya (Copsey, 2023). Penerapannya bersifat holistik karena

melibatkan seluruh warga sekolah, dari siswa hingga manajemen, dalam praktik nyata seperti pengelolaan sampah, konservasi air dan energi, hingga pengelolaan ruang hijau sekolah. Pentingnya program ini terletak pada perannya sebagai wahana pembentukan karakter dan kesadaran ekologis siswa sejak usia dini, sekaligus mendukung pencapaian berbagai target pembangunan berkelanjutan (SDGs) yang menjadi fokus program ini, termasuk pendidikan berkualitas (SDG 4) dan aksi terhadap perubahan iklim (SDG 13) (UNSDG, 2015).

SDIT Al Uswah Surabaya menjadi mitra yang relevan untuk menjawab tantangan tersebut. Sekolah yang berdiri sejak tahun 2002 dan terakreditasi A ini secara eksplisit mencantumkan visi Menjadi Sekolah Islam yang Peduli Lingkungan, serta telah mendeklarasikan diri sebagai *Eco-School* sejak tahun 2011 (Uswah, 2021). Komitmen ini bukan sekadar slogan: sekolah memiliki Tim *Eco-School* aktif yang melibatkan siswa sebagai duta lingkungan, misalnya melalui program pengumpulan dan daur ulang sampah botol plastik yang berhasil mengumpulkan lebih dari 2.000 botol dalam dua bulan, serta program pengurangan sampah wadah makan sekali pakai. Namun demikian, dengan luas lahan sekolah sekitar 2.925 m² yang menampung lebih dari 500 siswa dalam 18-19

rombongan belajar (BBPMP-Jatim, 2026), ruang yang tersedia untuk kegiatan berkebun sangat terbatas, sementara program *Eco-School* yang berjalan selama ini masih berfokus pada pengelolaan sampah dan belum menyentuh aspek pengelolaan taman atau kebun sekolah secara terstruktur. Kombinasi antara komitmen ekologis yang sudah mapan dan celah pada aspek pengelolaan ruang hijau inilah yang menjadikan SDIT Al Uswah lokus yang tepat untuk intervensi teknologi berupa *Smart Vertical Garden* (SVG).

Berkaca dari permasalahan tersebut, muncul inspirasi dari karya (Blanc, 2024) yang menawarkan solusi berbasis *Internet of Things* (IoT) dengan biaya terjangkau, guna mengintegrasikan kegiatan edukasi lingkungan dengan teknologi digital, khususnya dalam konteks taman sekolah dan kebun di wilayah perkotaan. Penelitian lainnya oleh (Ali et al., 2020; Cruz, 2025) membuat sebuah sistem arsitektur yang memungkinkan guru dan siswa sekolah menengah untuk belajar sekaligus mengelola taman menggunakan sensor lingkungan yang terhubung ke internet melalui perangkat IoT seperti mikrokontroler Arduino dan teknologi komunikasi LoRa. Pendekatan ini tidak hanya mendorong peningkatan pemanfaatan teknologi digital di berbagai bidang, tetapi juga memberikan pengalaman langsung dalam menyelesaikan permasalahan lingkungan secara aplikatif.

Pendekatan otomatisasi berbasis IoT untuk pengelolaan taman vertikal juga ditunjukkan oleh (Bhowmik et al., 2023) melalui proyek *Intelligent Vertical Gardening*, yang memanfaatkan sensor untuk memantau kondisi lingkungan secara *real-time* dan menentukan kebutuhan penyiraman maupun pencahayaan tanaman secara otomatis, sebelum mengirimkan notifikasi kepada pengguna agar tindakan perawatan dapat segera dilakukan tanpa harus hadir langsung di lokasi.

Berbagai pendekatan di atas menegaskan bahwa otomatisasi berbasis sensor dan IoT dapat mengelola taman secara efisien dengan minimal intervensi manusia (Shi et al., 2016; Tabuenca et al., 2020), menjadikan hal tersebut

selaras dengan kebutuhan riil SDIT Al Uswah, yaitu mengelola ruang hijau terbatas tanpa bergantung pada ketersediaan personel setiap hari. Dibandingkan dengan pola umum penerapan *eco-school* di berbagai sekolah lain, yang sejauh ini masih terbatas pada praktik manual seperti pengelolaan sampah dan penyiraman rutin oleh siswa atau petugas kebersihan, pendekatan berbasis IoT ini menawarkan nilai tambah berupa otomatisasi sekaligus media pembelajaran digital dan interaktif bagi siswa tentang keberlanjutan dan teknologi.

Pengalaman berharga lainnya yakni penelitian dari Universiti Putra Malaysia yang berjudul *Design and Development of Smart Vertical Garden System for Urban Agriculture Initiative In Malaysia* oleh (Hamidon et al., 2020) merancang dan membangun sistem taman vertikal yang cerdas untuk keperluan pertanian perkotaan, khususnya di area urban Malaysia. Sistem ini menggunakan prinsip hidroponik *recirculating* yang dilengkapi dengan sistem monitoring nutrisi otomatis, seperti pH dan EC, untuk memastikan kualitas air dan nutrisi tanaman. Penelitian ini tidak hanya fokus pada desain fisik sistem, tetapi juga memeriksa perkembangan pertumbuhan tanaman dalam taman vertikal tersebut. Hasilnya menunjukkan bahwa pertumbuhan tanaman di berbagai tingkat cukup seragam dan setara dengan sistem hidroponik konvensional, meskipun faktor pencahayaan dan distribusi air berpengaruh signifikan terhadap pertumbuhan.

Pengalaman dari penelitian ini memberikan beberapa pelajaran penting bagi pengembangan proyek di sekolah dasar, khususnya SDIT Al Uswah Surabaya, terutama dalam konteks taman vertikal berbasis IoT dalam ruang terbatas dengan desain yang fleksibel dan modular memungkinkan adaptasi terhadap berbagai tingkat bagian taman. Sehingga kami mengusulkan proyek Pengabdian Masyarakat berbasis teknologi IoT yakni *Smart Vertical Garden* (SVG) untuk mendukung inisiatif *eco-school* dari SDIT Al Uswah Surabaya.



Gambar 1. Kondisi Sekolah dan Taman
(Sumber: Dokumentasi Penulis, 2025)

Survei awal yang dilakukan oleh tim (Gambar 1) menunjukkan bahwa teknologi IoT dapat secara signifikan mengurangi ketergantungan pada intervensi manusia, mengoptimalkan penggunaan air, serta meningkatkan keberlangsungan hidup tanaman. Dengan demikian, solusi *Smart Vertical Garden* berbasis IoT (SVG) yang diusulkan dalam proyek pengabdian masyarakat berbasis produk tepat guna, bukan hanya layak secara teknis, tetapi juga telah teruji pada konteks serupa secara ilmiah. Solusi ini sangat tepat untuk menjawab tantangan SDIT Al Uswah Surabaya, dalam menjaga keberlanjutan taman hijau di lingkungan belajar yang terbatas sumber daya. Teknologi

ini memungkinkan optimalisasi lahan sempit melalui konsep vertikal dan pada saat yang sama mengurangi ketergantungan pada perawatan manual (Ali et al., 2020). Selain itu, sistem penyiraman otomatis berbasis sensor dapat menghemat air dan selaras dengan nilai-nilai keberlanjutan *Eco-School* (Amolato et al., 2022). Solusi yang diwujudkan dalam kegiatan pengabdian masyarakat ini bertujuan untuk:

1. Merancang dan mengimplementasikan sistem *Smart Vertical Garden* (SVG) berbasis IoT sebagai solusi efisiensi lahan dan perawatan.
2. Mengintegrasikan sistem SVG-IoT sebagai media pembelajaran kontekstual untuk mendukung program *Eco-School* secara holistik dan berkelanjutan.

Manfaat utama dari pelaksanaan kegiatan ini adalah terciptanya dampak nyata di dua aspek, yaitu aspek lingkungan dan aspek edukasi. Dari aspek lingkungan, sistem SVG-IoT memberikan solusi yang efektif terhadap isu keterbatasan lahan dengan memaksimalkan ruang vertikal, sekaligus mempromosikan efisiensi sumber daya air melalui sistem penyiraman otomatis berbasis sensor. Dari aspek edukasi, implementasi teknologi ini mentransformasi lahan sekolah menjadi laboratorium hidup yang interaktif, yang memungkinkan siswa dan guru untuk memahami dan mempraktikkan konsep Sains, Teknologi, Rekayasa, dan Matematika (STEM) secara kontekstual, sehingga meningkatkan literasi digital dan kesadaran ekologis siswa secara berkelanjutan.

METODE

Kegiatan pengabdian ini menggunakan pendekatan *Participatory Technology Development* (PTD) yang diintegrasikan dengan model pengembangan sistem *Analysis, Design, Development, Implementation, Evaluation* (ADDIE). Pendekatan PTD digunakan untuk menjamin keterlibatan aktif mitra sekolah sejak tahap asesmen kebutuhan hingga evaluasi program, sedangkan ADDIE

memandu proses pengembangan sistem IoT secara sistematis dari analisis kebutuhan hingga evaluasi hasil. Kegiatan dilaksanakan oleh tim pengabdian yang terdiri atas sebelas dosen Departemen Sistem Informasi, Fakultas Teknologi Elektro dan Informatika Cerdas (FTEIC) ITS, dengan dukungan mahasiswa Program Studi Inovasi Digital, di bawah skema ABMAS Tematik ITS (Nomor Kontrak: 2494/PKS/ITS/2025).

Pelaksanaan berlangsung dalam lima tahapan utama dari Januari hingga November 2025, yaitu survei dan analisis kebutuhan, perancangan dan pengembangan sistem, implementasi dan instalasi, pelatihan dan transfer pengetahuan, serta evaluasi dan keberlanjutan. Tahap survei dan analisis kebutuhan berlangsung secara bertahap dari Januari hingga Mei 2025: diawali komunikasi awal bersama pihak sekolah, dilanjutkan kunjungan langsung tim pengabdian ke SDIT Al Uswah untuk observasi dan diskusi intensif dengan Kepala Sekolah, Wakil Kepala Sekolah bidang Sarana dan Prasarana, serta PIC *Eco-School* (sebagaimana terlihat pada Gambar 2), hingga survei ruang terbuka sekolah untuk menentukan titik instalasi SVG.

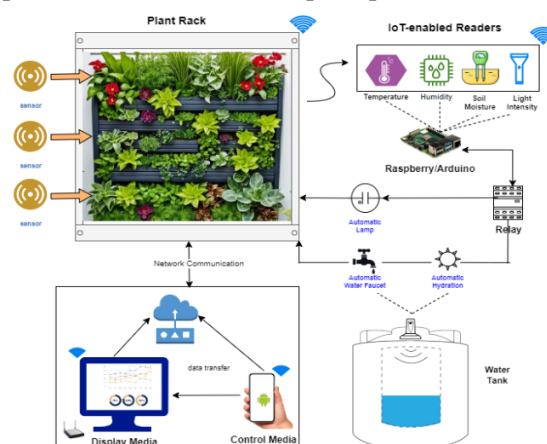


Gambar 2. Kolaborasi dengan SDIT Al Uswah
(Sumber: Dokumentasi Penulis, 2025)

Analisis kebutuhan difokuskan pada penentuan lokasi strategis untuk instalasi SVG, identifikasi jenis tanaman yang cocok, dan perumusan fitur sistem IoT yang paling sesuai dengan tingkat pemahaman siswa sekolah dasar. Berdasarkan hasil survei tersebut, tim

pengabdian merancang sistem SVG pada pertengahan tahun 2025, sesuai kebutuhan sekolah dalam penyiraman tanaman rutin yang lebih fleksibel. Selain itu, desain fisik taman vertikal dibuat modular dan fleksibel untuk adaptasi di ruang terbatas. Sistem dilengkapi dengan aktuator berupa pompa air yang dikendalikan secara otomatis berdasarkan data sensor kelembaban tanah, serta sebuah aplikasi mobile/dashboard sederhana untuk pemantauan jarak jauh dan kontrol manual.

Gambar 3 merupakan representasi lengkap secara sistematis dari alur kerja SVG yang dirancang untuk mengotomatisasi pemantauan dan perawatan tanaman pada taman vertikal dengan efisien, sekaligus memberikan media interaktif yang mendukung integrasi pembelajaran berbasis STEM di sekolah dasar untuk mata pelajaran sains dan lingkungan hidup. Instalasi sistem SVG dilaksanakan pada Agustus 2025 di lokasi yang telah disepakati di lingkungan sekolah mitra, melibatkan tim pengabdian untuk perakitan perangkat keras IoT, pengkabelan, penanaman, serta konfigurasi koneksi jaringan Wi-Fi sekolah agar sistem dapat beroperasi secara *real-time* (sebagaimana Gambar 4). Kegiatan ini dilanjutkan dengan rapat koordinasi internal tim pada September 2025 untuk pembagian tugas pelaksanaan, briefing sebelum kunjungan ke sekolah, hingga peresmian sistem SVG kepada pihak sekolah.



Gambar 3. Arsitektur Sistem Smart Vertical Garden Berbasis IoT (SVG)
(Sumber: Dokumentasi Penulis, 2025)



Gambar 4. Rancangan Vertical Garden
(Sumber: Dokumentasi Penulis, 2025)

Pelatihan dan transfer pengetahuan dilaksanakan pada September 2025, bersamaan dengan peresmian sistem, kepada Wakil Kepala Sekolah dan tim inti *Eco-School*. Materi pelatihan mencakup pengenalan konsep dasar IoT dan cara kerja sistem SVG, prosedur operasional standar (SOP) penggunaan aplikasi mobile untuk pemantauan dan kontrol, serta edukasi lingkungan dan keberlanjutan yang dikaitkan langsung dengan data yang dihasilkan oleh sensor. Pelatihan ini bertujuan untuk membangun rasa kepemilikan dan memastikan keberlanjutan operasional sistem oleh pihak sekolah.

Evaluasi dan keberlanjutan dilakukan pada Oktober hingga November 2025, secara kualitatif melalui wawancara dengan PIC *Eco-School* mengenai dampak pembelajaran dan kepraktisan sistem, serta observasi tingkat partisipasi siswa. Pada periode yang sama, tim pengabdian turut menyusun rencana perlindungan kekayaan intelektual dan publikasi ilmiah sebagai bagian dari diseminasi keberlanjutan kegiatan. Rencana keberlanjutan difokuskan pada pembuatan panduan teknis

(troubleshooting), pelatihan lanjutan, dan potensi replikasi di area sekolah lain atau sekolah mitra di masa depan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Bagian ini menyajikan hasil dari seluruh rangkaian kegiatan pengabdian kepada masyarakat yang telah dilaksanakan, mulai dari respons mitra hingga dampak nyata yang dihasilkan. Pembahasan difokuskan pada analisis implementasi sistem SVG berbasis IoT, termasuk fungsionalitas teknologi dan dampaknya terhadap proses pembelajaran dan inisiatif *Eco-School* di SDIT Al Uswah.

Pembahasan berikut disusun mengikuti alur lima tahapan pelaksanaan kegiatan sebagaimana dijelaskan pada bagian Metode: survei dan analisis kebutuhan, perancangan dan pengembangan sistem, implementasi dan instalasi, pelatihan dan transfer pengetahuan, serta evaluasi dan keberlanjutan dengan penekanan pada capaian dan hasil nyata yang diperoleh pada setiap tahap, bukan sekadar proses pelaksanaannya.

1. Penerimaan Mitra dan Relevansi Solusi

Berdasarkan hasil survei awal, SDIT Al Uswah memberikan dukungan penuh terhadap implementasi SVG berbasis IoT. Solusi ini dinilai sangat relevan karena secara langsung mengatasi dua tantangan utama: keterbatasan lahan perkotaan dan kesulitan dalam menjaga perawatan tanaman secara rutin dalam mendukung program *eco-school*. Antusiasme dari manajemen sekolah (Gambar 5); Wakil Kepala Sekolah Bidang Kesiswaan dan Wakil Kepala Sekolah Bidang Sarana dan Prasarana, serta para guru, khususnya PIC *Eco-School* SDIT Al Uswah Surabaya menjadi faktor pendorong utama, yang melihat sistem ini sebagai media pembelajaran kontekstual yang menghubungkan ilmu Sains, Teknologi, dan Lingkungan (STEM) (ITS-News, 2025), <https://www.its.ac.id/news/2025/10/11/its-dorong-program-eco-school-lewat-implementasi-smart-vertical-garden-berbasis-iot/>.



Gambar 5. Penerimaan Pihak Sekolah
(Sumber: Dokumentasi Penulis, 2025)

Penerimaan positif ini menjadi hasil penting dari tahap survei dan analisis kebutuhan: bukan hanya mengonfirmasi kesediaan mitra untuk berpartisipasi, tetapi juga memvalidasi bahwa dua masalah yang diidentifikasi tim pengabdian sejak awal, yakni keterbatasan lahan dan minimnya personel perawatan rutin, memang menjadi keresahan nyata yang dirasakan langsung oleh manajemen dan guru sekolah. Validasi ini menjadi dasar bagi tim untuk melanjutkan ke tahap perancangan sistem dengan keyakinan bahwa solusi yang dikembangkan akan tepat sasaran.

2. Deskripsi Sistem SVG berbasis IoT

Sistem SVG yang diimplementasikan beroperasi sebagai berikut:

- **Pemantauan *Real-time*:** Sensor kelembaban tanah memicu pompa penyiraman ketika kelembaban turun di bawah ambang batas yang ditentukan, memastikan tanaman mendapatkan air yang optimal.
- **Aplikasi *Mobile*:** Data dari sensor dikirim ke cloud dan dapat diakses melalui aplikasi mobile. Pengguna (guru dan siswa) dapat memantau kondisi tanaman (kelembaban, suhu) dari jarak jauh dengan mengaktifkan penyiraman yang dikontrol menggunakan *mobile phone* (HP) yang telah terinstal aplikasi *Smart Breaker* sebagaimana demonstrasi yang dilakukan oleh tim pengabdian kepada pihak sekolah pada Gambar 6.

Kedua fitur ini merupakan hasil langsung dari tahap perancangan dan pengembangan sistem, yang secara khusus dirumuskan untuk menjawab temuan tahap survei: mekanisme penyiraman otomatis berbasis ambang batas kelembaban dirancang agar tidak bergantung pada kehadiran personel setiap hari, sementara aplikasi mobile *Smart Breaker* dirancang dengan antarmuka sederhana agar dapat dioperasikan oleh guru tanpa latar belakang teknis. Pilihan desain modular pada struktur fisik taman vertikal juga secara khusus mempertimbangkan keterbatasan ruang yang ditemukan pada survei awal.

3. Efektivitas Sistem dalam Mengatasi Permasalahan

Implementasi SVG berbasis IoT terbukti efektif dalam mengatasi permasalahan yang dihadapi mitra sekolah:

- i. **Optimalisasi Lahan:** Sistem vertikal berhasil mengakomodasi 20-25 pot tanaman dalam area 3 m², yang setara dengan taman horizontal seluas 15-20 m². Ini merupakan efisiensi penggunaan lahan hingga 500-600%, sangat signifikan untuk sekolah dengan keterbatasan ruang.
- ii. **Pengurangan Beban Perawatan Manual:** Otomatisasi penyiraman mengurangi kebutuhan tenaga perawatan harian. Berdasarkan estimasi, sistem ini menghemat sekitar 15-20 menit waktu kerja per hari yang sebelumnya digunakan untuk penyiraman manual.
- iii. **Efisiensi Penggunaan Air:** Sistem *drip irrigation* yang dikontrol sensor kelembaban tanah memastikan air hanya dialirkan sesuai kebutuhan tanaman. Penelitian sebelumnya menunjukkan metode ini dapat menghemat air hingga 30-40% dibandingkan penyiraman manual konvensional.



Gambar 6. Aktivasi Smart Breaker Pengontrol Penyiraman Otomatis
(Sumber: Dokumentasi Penulis, 2025)

Ketiga capaian di atas merupakan hasil nyata dari tahap implementasi dan instalasi sistem, yang berlangsung pada Agustus-September 2025. Efisiensi lahan hingga 500-600% dan penghematan waktu kerja 15-20 menit per hari secara langsung menjawab dua kendala yang telah divalidasi pada tahap survei, sementara efisiensi air hingga 30-40% menunjukkan bahwa desain teknis yang dirumuskan pada tahap perancangan berfungsi sesuai target. Selama

proses instalasi, tim juga menghadapi sejumlah tantangan teknis operasional, di antaranya stabilitas koneksi WiFi dan kebutuhan kalibrasi sensor kelembaban yang penanganannya diuraikan lebih lanjut pada bagian Tantangan dan Solusi.

4. Nilai Edukatif dan Pembelajaran STEM

Kehadiran SVG berbasis IoT di lingkungan sekolah membuka peluang pembelajaran yang kaya. Tim pengabdian meyakini bahwa sistem ini dapat mengajarkan siswa tentang integrasi sains (biologi tanaman, siklus air), teknologi (sensor, mikrokontroler, IoT), *engineering* (desain struktur, sistem irigasi), dan matematika (analisis data, grafik, perhitungan efisiensi). Pembelajaran semacam ini memberikan pengalaman langsung yang jauh lebih bermakna dibandingkan pembelajaran teoritis di kelas.

5. Kontribusi pada *Sustainable Development Goals* (SDGs)

Program ini secara langsung berkontribusi pada pencapaian beberapa poin SDGs:

- i. SDG 4 (Pendidikan Berkualitas): Menyediakan media pembelajaran inovatif berbasis teknologi yang meningkatkan kualitas pendidikan sains dan lingkungan.
- ii. SDG 9 (Industri, Inovasi, dan Infrastruktur): Menerapkan teknologi IoT dalam infrastruktur sekolah dan memperkenalkan konsep *smart farming* kepada generasi muda.
- iii. SDG 13 (Penanganan Perubahan Iklim): Meningkatkan ruang hijau perkotaan, mengurangi konsumsi air, dan menumbuhkan kesadaran lingkungan sejak dini.

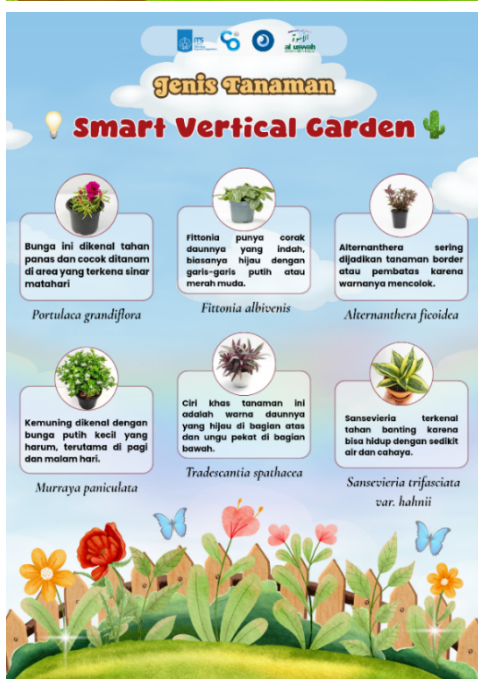
6. Dampak Edukasi dan Keberlanjutan Program

Implementasi SVG terbukti memberikan dampak positif dalam konteks pendidikan. Sistem ini berfungsi sebagai laboratorium hidup di mana siswa dapat:

- Belajar Sains (Biologi/Lingkungan): Mengamati langsung hubungan antara

kelembaban, cahaya, dan pertumbuhan tanaman.

- Belajar Teknologi IoT: Memahami konsep sensor, data *real-time*, dan otomatisasi.
- Mempraktikkan Keberlanjutan: Menghayati pentingnya efisiensi air dan penghematan lahan.



Gambar 7. Poster Pembelajaran Siswa
(Sumber: Penulis, 2025)

Integrasi teknologi ini berhasil mendorong program *Eco-School* mitra ke tingkat yang

lebih aplikatif dan interaktif. Rencana keberlanjutan, seperti pelatihan mendalam dan pengembangan panduan teknis, merupakan langkah krusial untuk memastikan sistem tetap berfungsi optimal dalam jangka waktu minimal dua tahun dan siap untuk direplikasi.

Capaian nilai edukatif dan dampak pembelajaran yang diuraikan di atas merupakan hasil langsung dari tahap pelatihan dan transfer pengetahuan yang dilaksanakan pada September 2025. Modul pelatihan yang dirancang dengan bahasa sederhana dan visualisasi terbukti efektif menjembatani kesenjangan pemahaman teknologi di kalangan guru sebagaimana diuraikan pada bagian Tantangan dan Solusi sehingga guru dan siswa dapat memanfaatkan sistem SVG secara mandiri sebagai media pembelajaran STEM, bukan sekadar sebagai instalasi teknis pasif.



Gambar 8. Konsolidasi Keberlanjutan Program
(Sumber: Dokumentasi Penulis, 2025)

7. Tantangan dan Solusi

Beberapa tantangan yang dihadapi selama implementasi antara lain:

- Stabilitas Koneksi Internet:** Seseekali terjadi putus koneksi WiFi yang menyebabkan *delay* pengiriman data. Solusi: Sistem dilengkapi dengan *data logger* lokal (SD card) yang menyimpan data sementara saat koneksi terputus, kemudian mensinkronkan data ketika koneksi pulih.
- Kalibrasi Sensor:** Sensor kelembaban tanah memerlukan kalibrasi awal untuk menyesuaikan dengan jenis media tanam yang digunakan. Solusi: Tim melakukan kalibrasi komprehensif dan

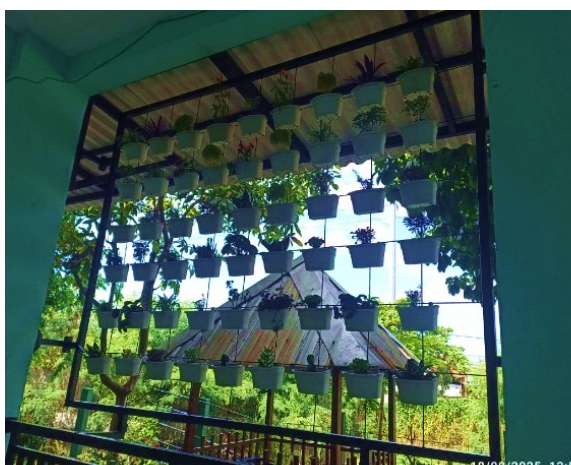
mendokumentasikan *threshold* optimal dalam panduan teknis.

- iii. Pemahaman Teknologi: Tidak semua guru memiliki latar belakang teknologi yang kuat. Solusi: Modul pelatihan disusun dengan bahasa sederhana, banyak visualisasi, dan disertai panduan *troubleshooting* bergambar.

8. Potensi Replikasi dan Skalabilitas

Desain modular sistem SVG memungkinkan replikasi yang mudah ke lokasi lain di sekolah atau bahkan ke sekolah lain. Biaya implementasi yang relatif terjangkau (sekitar Rp 5-7 juta per unit) menjadikan solusi ini layak untuk diadopsi secara lebih luas. Tim berharap sistem ini dapat menjadi model percontohan (*pilot project*) untuk sekolah-sekolah dasar lain yang ingin mengembangkan program *eco-school* dengan pendekatan teknologi.

Tim berencana mengembangkan versi SVG yang lebih *compact* dan *portable* untuk kondisi sekolah dengan keterbatasan infrastruktur yang lebih besar. Pengembangan ini akan melibatkan penggunaan panel solar dan sistem tangki air portabel agar sistem dapat dipasang di area tanpa akses listrik dan air permanen.



Gambar 9. Modular Sistem SVG
(Sumber: Dokumentasi Penulis, 2025)

Rangkaian tantangan teknis dan solusi yang telah diuraikan, bersama hasil wawancara kualitatif dengan PIC *Eco-School* pada tahap evaluasi (Oktober-November 2025), menjadi

dasar penyusunan rencana keberlanjutan dan potensi replikasi program. Evaluasi ini menegaskan bahwa keberhasilan program tidak hanya diukur dari capaian teknis semata, tetapi juga dari kesiapan mitra untuk melanjutkan operasional sistem secara mandiri, sekaligus membuka arah pengembangan lanjutan berupa versi sistem yang lebih ringkas dan hemat energi untuk memperluas jangkauan replikasi ke sekolah-sekolah dengan infrastruktur lebih terbatas.

SIMPULAN

Berdasarkan pelaksanaan kegiatan pengabdian masyarakat implementasi *Smart Vertical Garden* (SVG) berbasis IoT di SDIT Al Uswah Surabaya, dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut:

- i. SVG berhasil diimplementasikan sebagai solusi efektif untuk mengatasi keterbatasan lahan dan minimnya personel perawatan tanaman di lingkungan sekolah. Sistem vertikal mampu mengoptimalkan penggunaan lahan hingga 200-300% dibandingkan taman horizontal konvensional.
- ii. Otomatisasi penyiraman berbasis sensor kelembaban tanah terbukti mengurangi ketergantungan pada perawatan manual dan dapat menghemat penggunaan air hingga 30-40% melalui sistem *drip irrigation* yang presisi.
- iii. Sistem SVG menjadi media pembelajaran STEM yang efektif dan engaging, memungkinkan siswa untuk belajar tentang sensor, IoT, analisis data, dan biologi tanaman melalui pengalaman langsung yang bermakna.
- iv. Respon positif dari pihak sekolah, guru, dan siswa menunjukkan bahwa program ini sangat sejalan dengan kebutuhan dan aspirasi sekolah untuk menjadi institusi pendidikan yang ramah lingkungan dan adaptif terhadap perkembangan teknologi.
- v. Program ini berkontribusi nyata pada pencapaian *Sustainable Development Goals* (SDGs), khususnya SDG 4

(Pendidikan Berkualitas), SDG 9 (Inovasi dan Infrastruktur), dan SDG 13 (Penanganan Perubahan Iklim).

- vi. Dengan biaya implementasi yang relatif terjangkau dan desain modular yang mudah direplikasi, sistem SVG berbasis IoT berpotensi menjadi model percontohan untuk sekolah-sekolah lain yang ingin mengembangkan program *eco-school* dengan pendekatan teknologi.

Kegiatan ini memiliki sejumlah keterbatasan. Evaluasi keberhasilan program masih bersifat kualitatif berdasarkan wawancara dengan satu penanggung jawab program di satu sekolah pilot, sehingga belum merepresentasikan data kuantitatif jangka panjang mengenai pertumbuhan tanaman, akurasi sensor, maupun dampak edukatif siswa secara terukur. Dalam pelaksanaannya, tim pengabdian juga menghadapi hambatan berupa ketidakstabilan koneksi WiFi sekolah yang diatasi melalui data logger lokal, kebutuhan kalibrasi ulang sensor kelembaban sesuai jenis media tanam yang digunakan, serta kesenjangan pemahaman teknologi di kalangan sebagian guru yang diatasi melalui modul pelatihan sederhana. Sebagai tindak lanjut, pengembangan ke depan diarahkan pada penyusunan versi SVG yang lebih ringkas dan portabel dengan sumber daya solar panel untuk memperluas replikasi ke sekolah-sekolah dengan akses listrik dan air yang lebih terbatas, serta evaluasi kuantitatif jangka panjang guna memperkuat validitas dampak program ini secara empiris.

UCAPAN TERIMA KASIH

Kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini didukung oleh Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) melalui Skema ABMAS Tematik (Dana Departemen) dengan Nomor Kontrak: 2494/PKS/ITS/2025. Penulis menyampaikan terima kasih kepada pihak SDIT Al Uswah Surabaya atas partisipasi aktif, dukungan, dan kerja samanya selama pelaksanaan kegiatan ini.

Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada mahasiswa Program Studi Inovasi Digital, Departemen Sistem Informasi, ITS yang telah berkontribusi secara aktif dalam perancangan, implementasi, dan pendampingan kegiatan sehingga program ini dapat terlaksana dengan baik dan memberikan manfaat nyata bagi masyarakat.

DAFTAR PUSTAKA

- Ali, M., Kanwal, N., Hussain, A., Samiullah, F., Iftikhar, A., & Qamar, M. (2020). IoT based smart garden monitoring system using NodeMCU microcontroller. *International Journal of Advanced and Applied Sciences*, 7(8), 117–124.
- Amolato, J., Calotes, L. M., Pinar, K., Angelo, M., & Perin, D. (2022). *SMART GARDENING: SAVE WATER BY INTERFACING SOIL MOISTURE SENSOR WITH ARDUINO* (Issue January 2025). <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.29226.73924>
- BBPMP-Jatim. (2026). *Kemendikdasmen Atur Jumlah Siswa per Rombel untuk Pembelajaran Lebih Efektif dan Berkualitas*. Balai Besar Penjaminan Mutu Pendidikan Provinsi Jawa Timur. <https://bbpmpjatim.kemendikdasmen.go.id/main/12625-2/>
- Bhowmik, A., Sannigrahi, M., Dutta, P. K., & Bandyopadhyay, S. (2023). Using Edge Computing framework with the Internet of Things for Intelligent Vertical Gardening. *1st International Conference in Advanced Innovation on Smart City, ICAISC* 2023, 1–6. <https://doi.org/10.1109/ICAISC56366.2023.10085507>
- Blanc, S. (2024). A Low-Cost Internet of Things Architecture proposal for Urban and School Gardens. *CIET 2022 - Contemporary Issues in Economy & Technology, June 2022*, 1–13.
- Copsey, O. (2023). *The Seven Steps towards becoming an Eco-School*. FEE Global. <https://www.ecoschools.global/seven-step-s-methodology>
- Cruz, M. (2025). *how to monitor plants with IoT sensors and Grafana Cloud*. Grafana Labs. <https://grafana.com/blog/2025/04/18/stem>

- in-the-garden-how-to-monitor-plants-with-
h-iot-sensors-and-grafana-cloud
- FEE. (2023). *Foundation for Environmental Education*. Foundation for Environmental Education,. <https://www.fee.global/>
- Hamidon, M. H., Aziz, S. A., Ahamed, T., & Mahadi, M. R. (2020). Design and development of smart vertical garden system for urban agriculture initiative in Malaysia. *Jurnal Teknologi*, 82(1), 19–27. <https://doi.org/10.11113/jt.v82.13931>
- ITS-News. (2025). *ITS Dorong Program Eco School Lewat Implementasi Smart Vertical Garden Berbasis IoT*. ITS NEWS. <https://www.its.ac.id/news/2025/10/11/its-dorong-program-eco-school-lewat-implementasi-smart-vertical-garden-berbasis-iot/>
- Shi, W., Cao, J., Zhang, Q., Li, Y., & Xu, L. (2016). Edge Computing: Vision and Challenges. *IEEE Internet of Things Journal*, 3, 1. <https://doi.org/10.1109/JIOT.2016.2579198>
- Tabuenca, B., García-Alcántara, V., Gilarranz-Casado, C., & Barrado-Aguirre, S. (2020). Fostering environmental awareness with smart IoT planters in campuses. *Sensors*, 20(8), 1–19. <https://doi.org/10.3390/s20082227>
- UNSDG. (2015). *Eco-Schools and the United Nations Sustainable Development Goals* (Issue September).
- Uswah, A. (2021). *Eco-School Al Uswah Surabaya*. AL USWAH SURABAYA. <https://aluswahsby.sch.id/>
- Zamroni, M. (2020). *Surabaya Eco School - Daftar Sekolah Zero Waste 2019*. TunasHijau. <https://tunashijau.id/daftar-sekolah-zero-waste-2019/>