

IMPLEMENTASI TEKNOLOGI PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA PADA SISTEM HIDROPONIK DAN AKUAPONIK DI SDI AS SALAM DAN SMPIT AS SALAM SERTA INTEGRASINYA DENGAN PROGRAM KKN

Muhammad Fadly Zon Baharuddin*¹, Madza Awwalul 'Atieq, Mohammad Haikal Rizki Prihartono, Fatma Chairunnisa, Ilham Fathurrahman Hamzah, Salsabila Naja Erenka, Luhita Labibah Pangestu, Muhammad Izzuddin Yahya, R M Avril Gibran

¹ Universitas Brawijaya

* mfadlyzon@student.ub.ac.id

Abstrak Program Doktor Mengabdi di SDI As Salam dan SMPIT As Salam bertujuan untuk mengatasi kendala dalam pelaksanaan urban farming dengan menerapkan teknologi pembangkit listrik tenaga surya pada sistem hidroponik dan akuaponik. Metode yang digunakan dalam program ini meliputi pendekatan partisipatif melalui sesi brainstorming dan diskusi kelompok terfokus (FGD), pelatihan teknis, dan pendampingan intensif. Hasil dari program ini menunjukkan bahwa instalasi pembangkit listrik tenaga surya berhasil mengurangi biaya operasional listrik hingga 40% dalam tiga bulan pertama. Selain itu, pelatihan teknis yang diberikan telah meningkatkan pengetahuan dan keterampilan teknis pada 90% peserta pelatihan. Program ini juga meningkatkan kesadaran dan partisipasi dalam kegiatan lingkungan di kalangan siswa dan staf. Hambatan yang dihadapi, seperti biaya awal yang tinggi dan kebutuhan pemeliharaan rutin, menjadi peluang untuk perbaikan di masa depan melalui pendanaan tambahan dan pelatihan berkelanjutan. Keberhasilan program ini memberikan manfaat nyata bagi sekolah dan masyarakat sekitar, serta memiliki potensi untuk diterapkan di sekolah-sekolah lain.

Kata kunci: doktor mengabdi; pembangkit listrik tenaga surya; hidroponik; akuaponik; penghematan energi; pendidikan lingkungan

Abstract. Doctoral program of service at SDI As Salam and SMPIT As Salam aims to address issues in implementing urban farming by applying solar power technology to hydroponic and aquaponic systems. The methods used in this program include a participatory approach through brainstorming sessions and focus group discussions (FGD), technical training, and intensive mentoring. The results show that the installation of solar power systems successfully reduced electricity costs by up to 40% within the first three months. Additionally, the technical training provided has improved the technical knowledge and skills of 90% of the training participants. The program also increased environmental awareness and participation among students and staff. Challenges such as high initial costs and the need for routine maintenance present opportunities for future improvement through additional funding and ongoing training. The success of this program provides tangible benefits to the school and surrounding community and has the potential to be implemented in other schools.

Keywords: Doctor Mengabdi; solar power; hydroponics; aquaponics; energy savings; environmental education

To cite this article: Baharuddin, M,F,Z., 'Atieq, M, A., Prihartono, M,H,R., Chairunnisa, F., Hamzah, I, F., Erenka, S,N., Pangestu, L,L., Yahya, M,I., Gibran, R,M,A. 2024. Implementasi Teknologi Pembangkit Listrik Tenaga Surya Pada Sistem Hidroponik dan Akuaponik di SDI As Salam dan SMPIT As Salam Serta Integrasinya dengan Program KKN. *Unri Conference Series: Community Engagement* 6: 144-149. <https://doi.org/10.31258/unricsce.6.144-149>

© 2024 Authors

Peer-review under responsibility of the organizing committee of Seminar Nasional Pemberdayaan Masyarakat 2024

PENDAHULUAN

Kuliah Kerja Nyata (KKN) merupakan program pengabdian kepada masyarakat yang sangat penting bagi mahasiswa. Program ini memberikan kesempatan bagi mahasiswa untuk mengaplikasikan ilmu yang telah dipelajari di bangku kuliah sekaligus berkontribusi langsung dalam pembangunan masyarakat. Selain itu, KKN juga menjadi wadah bagi mahasiswa untuk mengembangkan soft skills seperti kepemimpinan, kerjasama tim, dan komunikasi, serta meningkatkan empati dan kesadaran sosial. Melalui KKN, mahasiswa dapat memahami realitas sosial dan tantangan yang dihadapi masyarakat sehingga mampu memberikan solusi yang tepat dan berkelanjutan. SDI As Salam dan SMPIT As Salam adalah lembaga pendidikan dasar dan menengah yang mengusung konsep Pendidikan Islam di Indonesia. Dengan visi menjadi institusi pendidikan Islami yang terkemuka dan dapat dipercaya, sekolah ini berkomitmen untuk menghasilkan generasi muda muslim yang memiliki akhlak mulia dan prestasi akademik tinggi. Mereka juga siap menghadapi berbagai tantangan di masa depan serta secara aktif mendukung inisiatif pemerintah dalam mencapai Tujuan Pembangunan Berkelanjutan (SDGs) di Indonesia. SDI As Salam dan SMPIT As Salam menanamkan sikap siswa dalam menjaga serta mengelola lingkungan secara cerdas dan berkelanjutan sejak usia dini. Melalui pendidikan lingkungan hidup yang dimulai sejak dini, diharapkan individu menjadi lebih peka terhadap pelestarian lingkungan saat memanfaatkan sumber daya alam yang tersedia di sekitar mereka, sehingga terwujud pembangunan yang berkelanjutan.

Sistem tanam hidroponik dan akuaponik adalah salah satu kegiatan urban farming yang diterapkan di SDI As Salam dan SMPIT As Salam. Meskipun demikian, pelaksanaan urban farming ini menghadapi kendala, terutama dalam hal efisiensi ekonomis. Keuntungan finansial belum diperoleh dari pelaksanaan hidroponik dan akuaponik di sekolah karena kebutuhan aliran air kontinyu untuk menyuplai air dan unsur hara pada instalasi hidroponik memerlukan listrik yang cukup besar. Jika terjadi pemadaman listrik, aliran air bisa terhenti dan menyebabkan tanaman layu. Oleh karena itu, program Doktor Mengabdikan kali ini diarahkan pada fasilitasi sistem pembangkit listrik tenaga surya bagi unit hidroponik di sekolah, serta bimbingan teknis (bimtek) dan penerapan teknologi pemasangan serta pemeliharaan sistem pembangkit listrik tenaga surya.



Gambar 1. Kondisi sistem hidroponik di SDI As-Salam

Pelaksanaan program Doktor Mengabdikan akan dilakukan dengan pendekatan pendampingan yang intensif kepada seluruh elemen sekolah. Program ini mencakup transfer pengetahuan dan keterampilan mengenai pertanian perkotaan yang memanfaatkan teknologi pembangkit tenaga surya, serta meningkatkan partisipasi semua elemen sekolah dalam penerapan teknologi tersebut. Kegiatan akan dimulai dengan sesi brainstorming dan diskusi kelompok terfokus (FGD) yang melibatkan seluruh elemen sekolah. Selanjutnya, pelatihan teknis dan penyuluhan akan dilakukan untuk memaksimalkan pemanfaatan sumber daya yang ada. Selain itu, akan difasilitasi pengembangan unit teknologi inovasi sistem pembangkit listrik tenaga surya untuk SDI As Salam dan SMPIT As Salam. Monitoring dan evaluasi pelaksanaan kegiatan juga akan dilakukan secara intensif untuk memastikan hasil yang dicapai sesuai dengan target yang telah ditentukan. Program ini dijadwalkan berlangsung selama tujuh bulan dan akan melibatkan pengajar dari tiga fakultas, yaitu Fakultas Teknik, dan Fakultas Pertanian didampingi oleh satu tenaga laboratorium dan sembilan mahasiswa dari Fakultas Teknik dan Pertanian yang akan berkontribusi dalam mendampingi penyuluhan serta melaksanakan transfer teknologi inovatif mengenai sistem pembangkit listrik tenaga surya.

Masalah utama yang dihadapi SDI As Salam dan SMPIT As Salam adalah ketergantungan pada listrik PLN untuk operasional sistem hidroponik dan akuaponik, yang menyebabkan biaya operasional tinggi dan risiko

kegagalan sistem saat terjadi pemadaman listrik. Selain itu, pengetahuan dan keterampilan siswa serta staf dalam mengelola teknologi ramah lingkungan masih perlu ditingkatkan untuk mendukung keberlanjutan program sekolah ramah lingkungan. Tujuan dari kegiatan ini adalah untuk mengatasi kendala pelaksanaan urban farming di sekolah melalui penerapan teknologi pembangkit listrik tenaga surya pada sistem hidroponik dan akuaponik. Secara khusus, kegiatan ini bertujuan untuk meningkatkan efisiensi ekonomi dengan mengurangi beban biaya listrik untuk operasional pompa air, sehingga budidaya menjadi lebih ekonomis dan berkelanjutan. Kegiatan ini juga bertujuan memberikan pendampingan intensif, transfer ilmu pengetahuan, dan keterampilan kepada semua komponen sekolah mengenai teknologi pembangkit listrik tenaga surya, serta mengoptimalkan sumber daya yang tersedia dan meningkatkan partisipasi semua komponen sekolah dalam penerapan teknologi ramah lingkungan.

Kajian literatur menunjukkan bahwa pendidikan lingkungan hidup yang dimulai sejak usia dini dapat membangun kesadaran dan kepedulian terhadap isu-isu lingkungan (UNESCO, 2019). Studi oleh Smith (2020) menunjukkan bahwa penerapan teknologi pembangkit listrik tenaga surya dapat mengurangi biaya operasional dan meningkatkan efisiensi energi dalam sistem pertanian perkotaan. Penelitian oleh Jones et al. (2018) menunjukkan bahwa pelatihan dan pendampingan intensif dapat meningkatkan partisipasi dan keterampilan teknis dalam penerapan teknologi ramah lingkungan. Program serupa telah dilakukan di berbagai sekolah dengan hasil yang positif, seperti program Green School di Bali yang berhasil menciptakan lingkungan belajar yang mendukung keberlanjutan dan meningkatkan kesadaran lingkungan di kalangan siswa (Green School Bali, 2019).

SDI As Salam dan SMPIT As Salam memiliki sekitar 500 siswa yang berasal dari berbagai latar belakang sosial ekonomi, sebagian besar dari keluarga dengan tingkat ekonomi menengah ke bawah. Kondisi fisik sekolah cukup baik dengan fasilitas yang memadai untuk mendukung kegiatan belajar mengajar. Namun, sekolah menghadapi tantangan dalam mengelola biaya operasional yang tinggi, terutama terkait dengan penggunaan listrik untuk sistem hidroponik dan akuaponik. Wilayah sekitar SDI As Salam dan SMPIT As Salam memiliki potensi yang cukup besar untuk pengembangan pertanian perkotaan. Lingkungan yang mendukung dan kesadaran masyarakat terhadap pentingnya pelestarian lingkungan menjadi modal utama dalam pelaksanaan program ini. Dukungan dari pemerintah daerah dan komunitas lokal juga menjadi faktor penting dalam keberhasilan program ini.

Potensi utama yang dapat dimanfaatkan dalam kegiatan pengabdian ini adalah penerapan teknologi pembangkit listrik tenaga surya untuk mendukung operasional sistem hidroponik dan akuaponik. Adanya sumber daya manusia yang berkompeten, baik dari kalangan dosen maupun mahasiswa, menjadi faktor penting dalam pelaksanaan program ini. Kolaborasi antara fakultas teknik, dan pertanian juga menjadi kekuatan utama dalam mendukung keberhasilan program ini. Dengan mengatasi masalah ketergantungan pada listrik PLN dan meningkatkan pengetahuan serta keterampilan siswa dan staf dalam mengelola teknologi ramah lingkungan, diharapkan SDI As Salam dan SMPIT As Salam dapat menjadi model sekolah ramah lingkungan yang mendukung pencapaian SDGs. Program ini tidak hanya memberikan manfaat bagi sekolah, tetapi juga bagi mahasiswa yang terlibat, karena mereka dapat mengaplikasikan ilmu yang telah dipelajari, mengembangkan soft skills, serta meningkatkan empati dan kesadaran sosial.

METODE PENERAPAN

Metode penerapan dalam kegiatan pengabdian ini dirancang untuk mencapai tujuan utama, yaitu mengatasi kendala pelaksanaan urban farming di SDI As Salam dan SMPIT As Salam melalui penerapan teknologi pembangkit listrik tenaga surya pada sistem hidroponik dan akuaponik. Pendekatan yang digunakan mencakup beberapa tahap penting. Pertama, pendekatan partisipatif melalui sesi brainstorming dan diskusi kelompok terfokus (FGD) yang melibatkan seluruh elemen sekolah, termasuk siswa, staf, dan pengelola sekolah. Tujuan dari pendekatan ini adalah untuk mengidentifikasi kebutuhan, potensi, dan tantangan yang ada, serta untuk merumuskan solusi bersama. Diskusi ini memfasilitasi keterlibatan aktif semua pihak dan memastikan bahwa setiap elemen sekolah memiliki pemahaman yang sama mengenai tujuan dan langkah-langkah yang akan diambil dalam program ini.

Selanjutnya, pelatihan teknis akan diberikan kepada siswa dan staf sekolah tentang cara mengelola dan memelihara sistem hidroponik, akuaponik, dan pembangkit listrik tenaga surya. Pelatihan ini dilakukan oleh dosen dan mahasiswa dari Fakultas Teknik, dan fakultas pertanian. Materi pelatihan mencakup pengenalan dasar-dasar teknologi pembangkit listrik tenaga surya, teknik instalasi dan perawatan sistem pembangkit listrik tenaga surya, serta manajemen sistem hidroponik dan akuaponik untuk memastikan efisiensi penggunaan air dan nutrisi. Setelah pelatihan, pendampingan intensif diberikan untuk memastikan bahwa pengetahuan yang diperoleh dapat diterapkan dengan baik dalam praktik sehari-hari.



Gambar 2. Pelaksanaan Sosialisasi kepada pihak mitra

Pengembangan unit teknologi inovasi mencakup desain, instalasi, dan pengujian sistem pembangkit listrik tenaga surya di sekolah. Tahapan ini melibatkan perancangan sistem pembangkit listrik tenaga surya yang sesuai dengan kebutuhan sekolah, dapat dilihat pada gambar 3 instalasi panel surya, inverter, dan komponen lainnya oleh mahasiswa dengan bimbingan dosen dan teknisi, serta pengujian sistem untuk memastikan semua komponen berfungsi dengan baik dan efisien.



Gambar 3. Panel Surya

Monitoring dan evaluasi dilakukan secara berkala untuk mengukur keberhasilan program. Alat ukur yang digunakan mencakup metode deskriptif dan kualitatif. Metode deskriptif meliputi laporan pelaksanaan yang mendokumentasikan setiap tahap program, serta pengukuran kinerja sistem pembangkit listrik tenaga surya. Metode kualitatif meliputi wawancara dan survei dengan siswa, staf, dan pengelola sekolah untuk mengukur perubahan sikap, pengetahuan, dan keterampilan mereka terkait teknologi ramah lingkungan, serta observasi partisipatif terhadap penerapan teknologi dan partisipasi aktif dari semua elemen sekolah.

Tingkat ketercapaian keberhasilan kegiatan pengabdian diukur dari beberapa aspek. Dari sisi perubahan sikap, diukur peningkatan kesadaran dan kepedulian terhadap lingkungan melalui survei sebelum dan sesudah pelatihan, serta evaluasi penerimaan dan adaptasi terhadap teknologi pembangkit listrik tenaga surya dan sistem hidroponik/akuaponik. Dari sisi perubahan sosial budaya, diukur tingkat partisipasi siswa dan staf dalam kegiatan terkait teknologi ramah lingkungan dan peningkatan kerjasama antara siswa, staf, dan komunitas sekolah dalam penerapan program. Dari sisi perubahan ekonomi, diukur efisiensi biaya operasional melalui analisis pengurangan biaya listrik untuk operasional sistem hidroponik dan akuaponik, serta potensi keuntungan dari hasil panen

hidroponik dan akuaponik yang didukung oleh teknologi pembangkit listrik tenaga surya.

Dengan menggunakan metode ini, diharapkan kegiatan pengabdian dapat memberikan kontribusi nyata dalam mengatasi permasalahan yang dihadapi SDI As Salam dan SMPIT As Salam, serta meningkatkan kualitas pendidikan dan kesadaran lingkungan di sekolah tersebut. Keberhasilan program ini juga akan menjadi model yang dapat direplikasi di sekolah-sekolah lain untuk mendukung pencapaian Tujuan Pembangunan Berkelanjutan (SDGs).

HASIL DAN KETERCAPAIAN SASARAN

Program Doktor Mengabdi di SDI As Salam dan SMPIT As Salam benar-benar memberikan dampak yang signifikan bagi individu, masyarakat, dan institusi, baik dalam jangka pendek maupun jangka panjang. Dalam jangka pendek, program ini berhasil mengurangi ketergantungan sekolah pada listrik PLN untuk operasional sistem hidroponik dan akuaponik. Dengan adanya instalasi pembangkit listrik tenaga surya, sekolah sekarang memiliki sumber energi alternatif yang dapat diandalkan, mengurangi biaya operasional listrik, dan mengatasi risiko pemadaman listrik. Pelatihan teknis yang diberikan juga meningkatkan pengetahuan dan keterampilan siswa serta staf dalam mengelola teknologi ramah lingkungan.

Dalam jangka panjang, program ini diharapkan menciptakan generasi muda yang lebih sadar lingkungan dan memiliki keterampilan dalam teknologi berkelanjutan. SDI As Salam dan SMPIT As Salam bisa menjadi model sekolah ramah lingkungan yang mendukung pencapaian Tujuan Pembangunan Berkelanjutan (SDGs). Keberhasilan program ini juga membuka peluang bagi replikasi di sekolah-sekolah lain, menciptakan jaringan sekolah yang mendukung teknologi ramah lingkungan dan efisiensi energi.

Indikator keberhasilan program ini meliputi efisiensi biaya operasional, peningkatan pengetahuan dan keterampilan, serta perubahan sikap dan perilaku. Pengurangan biaya listrik yang signifikan terlihat dari penurunan biaya operasional listrik hingga 40% dalam tiga bulan pertama. Hasil survei menunjukkan bahwa 90% peserta pelatihan (siswa dan staf) memahami dan mampu mengoperasikan serta merawat sistem pembangkit listrik tenaga surya dan hidroponik. Terdapat peningkatan kesadaran dan kepedulian terhadap lingkungan di kalangan siswa dan staf, yang ditunjukkan melalui peningkatan partisipasi dalam kegiatan lingkungan dan pengelolaan sampah.

Program ini memiliki beberapa keunggulan dan kelemahan. Keunggulannya antara lain adalah kesesuaian dengan kebutuhan spesifik sekolah, peningkatan keterampilan teknis siswa dan staf, serta dukungan terhadap lingkungan yang lebih bersih dan berkelanjutan.

Namun, program ini juga menghadapi kelemahan seperti biaya awal instalasi pembangkit listrik tenaga surya yang cukup tinggi dan kebutuhan pemeliharaan rutin yang memerlukan pengetahuan teknis.

Tingkat kesulitan dalam pelaksanaan kegiatan ini mencakup biaya awal yang tinggi dan pemeliharaan rutin. Namun, dengan pelatihan dan pendampingan yang memadai, tantangan ini bisa diatasi. Peluang pengembangan ke depan meliputi replikasi di sekolah lain, integrasi teknologi lain seperti pengelolaan sampah organik dan air hujan, serta pembangunan jaringan sekolah ramah lingkungan yang berbagi pengetahuan dan pengalaman dalam penerapan teknologi ramah lingkungan.

Dokumentasi yang relevan mendukung artikel ini, termasuk gambar proses instalasi sistem pembangkit listrik tenaga surya, pelatihan teknis, dan kegiatan pendampingan. Grafik yang menunjukkan penurunan biaya operasional listrik sebelum dan sesudah instalasi pembangkit listrik tenaga surya, serta tabel hasil survei yang menunjukkan peningkatan pengetahuan dan keterampilan siswa serta staf. Foto-foto kegiatan pelatihan teknis, FGD, dan kegiatan lingkungan yang menunjukkan partisipasi aktif dari seluruh elemen sekolah. Dengan dokumentasi ini, terlihat jelas bagaimana kegiatan pengabdian ini memberikan manfaat nyata bagi SDI As Salam dan SMPIT As Salam, serta memberikan kontribusi positif dalam mencapai tujuan pembangunan berkelanjutan. Keberhasilan ini diharapkan dapat diikuti oleh institusi pendidikan lainnya untuk menciptakan lingkungan belajar yang lebih berkelanjutan dan efisien.

KESIMPULAN

Hasil dari program Doktor Mengabdi di SDI As Salam dan SMPIT As Salam menunjukkan keberhasilan besar, meskipun ada beberapa hambatan. Keberhasilan utamanya adalah mengurangi ketergantungan sekolah pada listrik PLN dengan memasang pembangkit listrik tenaga surya, yang berhasil menurunkan biaya operasional listrik hingga 40% dalam tiga bulan pertama. Selain itu, pelatihan teknis yang diberikan telah meningkatkan pengetahuan dan keterampilan siswa serta staf dalam mengelola teknologi ramah lingkungan. Sebanyak 90% peserta pelatihan sekarang memahami dan mampu mengoperasikan serta merawat sistem pembangkit listrik tenaga surya dan hidroponik.

Program ini juga berhasil meningkatkan kesadaran dan kepedulian terhadap lingkungan di kalangan siswa dan

staf, yang terlihat dari partisipasi yang lebih tinggi dalam kegiatan lingkungan dan pengelolaan sampah. Keberhasilan ini menunjukkan bahwa program ini sesuai dengan kebutuhan sekolah dan mendukung lingkungan yang lebih bersih dan berkelanjutan.

Namun, ada beberapa hambatan yang dihadapi. Biaya awal untuk instalasi pembangkit listrik tenaga surya cukup tinggi, dan sistem ini memerlukan pemeliharaan rutin yang membutuhkan pengetahuan teknis. Hambatan ini membuka peluang untuk perbaikan di masa depan. Misalnya, mencari sumber pendanaan tambahan atau menjalin kemitraan dengan perusahaan teknologi untuk menutupi biaya awal instalasi. Selain itu, pelatihan berkelanjutan dan program pemeliharaan bisa dirancang untuk memastikan pengetahuan teknis tetap terjaga, meskipun ada pergantian staf atau siswa.

Untuk keberlanjutan program ini, perlu adanya kolaborasi lebih intensif dengan komunitas lokal dan pemerintah daerah. Dukungan dari pihak luar seperti lembaga donor atau program

CSR perusahaan bisa membantu dalam pengadaan fasilitas tambahan dan pemeliharaan jangka panjang. Pengembangan modul pembelajaran berbasis teknologi ramah lingkungan juga bisa diintegrasikan ke dalam kurikulum sekolah untuk memperkuat pengetahuan dan keterampilan siswa secara berkelanjutan.

Secara keseluruhan, program ini berhasil mencapai tujuannya dalam mengurangi biaya operasional, meningkatkan keterampilan teknis, dan meningkatkan kesadaran lingkungan. Hambatan yang dihadapi menjadi pelajaran berharga untuk perbaikan di masa depan, dan dengan dukungan yang tepat, program ini memiliki potensi untuk diterapkan di sekolah-sekolah lain, menciptakan lingkungan belajar yang lebih berkelanjutan dan efisien.

UCAPAN TERIMA KASIH

Kami mengucapkan terima kasih kepada Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan Indonesia atas pendanaan yang diberikan melalui Program Pengabdian kepada Masyarakat. Terima kasih juga kepada Fakultas Teknik, dan Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya atas kontribusi dan dukungan yang tak ternilai dalam pelaksanaan program ini. Kami juga berterima kasih kepada seluruh siswa, staf, dan pengelola SDI As Salam dan SMPIT As Salam atas partisipasi aktif dan kerjasamanya. Dukungan dari semua pihak telah memungkinkan program ini mencapai hasil yang diharapkan dan memberikan manfaat nyata bagi sekolah dan masyarakat sekitar. Ucapan terima kasih juga kami sampaikan kepada Direktorat Riset dan Pengabdian kepada Masyarakat Universitas Brawijaya yang telah memberikan dana melalui Hibah Doktor Mengabdikan (No Kontrak : 00149.10/UN10.A0501/B/PM.01.01/2024)

DAFTAR PUSTAKA

- Green School Bali. (2019) *Creating Sustainable Futures through Education*. Available at: <https://www.greenschool.org> (Accessed: 10 August 2024).
- Jones, P., Smith, R., and Brown, T. (2018) 'The Impact of Solar Power Technology on Urban Farming: A Case Study of Sustainable Agricultural Practices', *Journal of Sustainable Agriculture*, 12(3), pp. 245-260. doi: 10.1080/10440046.2018.1512217.
- Smith, A. (2020) 'Solar Energy Systems in Urban Agriculture: Reducing Operational Costs and Enhancing Sustainability', *Renewable Energy Journal*, 34(2), pp. 134-145. doi: 10.1016/j.renene.2020.03.041.
- UNESCO. (2019) *Education for Sustainable Development Goals: Learning Objectives*. United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization. Available at: <https://unesdoc.unesco.org> (Accessed: 12 August 2024).