

**LAPORAN PENGABDIAN KEPADA MASYARAKAT
TAHUN ANGGARAN 2025**

**JUDUL
PENINGKATAN KOMPETENSI STEM BAGI GURU SMP ISLAM
SABILURROSYAD KOTA MALANG**

Nomor DIPA	:	
Tanggal	:	5 November 2025
Satker	:	(423812) UIN Maulana Malik Ibrahim Malang
Kode Kegiatan	:	(2132) Peningkatan Akses, Mutu, Relevansi dan Daya Saing Pendidikan Tinggi Keagamaan Islam
Kode Output Kegiatan	:	(BGC) Tata Kelola Kelembagaan Publik Bidang Pendidikan
Sub Output Kegiatan	:	(001) PTKIN yang Meningkatkan Kualitas Layanan Pendidikan Melalui BLU
Kode Komponen	:	(067) Penyelenggara Pendidikan dan Pengajaran
Kode Sub Komponen	:	(SA) UIN Maulana Malik Ibrahim Malang Mengabdi Qaryah Thayyibah

Oleh:
Sri Harini (Ketua)
Akyunul Jannah (Anggota I)
Imam Tazi (Anggota II)



**LEMBAGA PENELITIAN DAN PENGABDIAN KEPADA MASYARAKAT
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2025**

HALAMAN PENGESAHAN

Laporan Pengabdian Kepada Masyarakat
UIN Mengabdi *Qaryah Thayyibah* 2025 ini disahkan oleh
Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang
Pada tanggal 5 November 2025

Pelaksana Kegiatan

Ketua : Nama Sri Harini
NIDN 2014107301

Tanda Tangan

Anggota I : Nama Akyunul Jannah
NIDN 2010047501

Tanda Tangan

Anggota II : Nama Imam Tazi
NIDN 2030077401

Tanda Tangan

Ketua LP2M

UIN Maulana Malik Ibrahim Malang

Dr. H. Isroqunnajah, M.Ag.
NIP. 196702181997031001

DAFTAR ISI

BAB 1 PENDAHULUAN	1
A. LATAR BELAKANG	1
B. PERMASALAHAN.....	3
C. TUJUAN	3
D. SIGNIFIKANSI	3
BAB 2 KERANGKA KONSEP	5
A. GAMBARAN UMUM LOKASI PENELITIAN	5
B. KONDISI SAAT INI MASYARAKAT DAMPINGAN.....	7
C. KONDISI YANG DIHARAPKAN	8
D. STRATEGI PELAKSANAAN/METODE	9
E. KAJIAN TEORI-TEORI PENGABDIAN	11
BAB 3 PELAKSANAAN PENGABDIAN	13
A. GAMBARAN KEGIATAN.....	13
B. DINAMIKA KEILMUAN.....	18
C. TEORI YANG DIHASILKAN DARI PENDAMPINGAN	19
BAB 4 DISKUSI KEILMUAN	22
A. DISKUSI DATA.....	22
B. FOLLOW UP.....	23
BAB 5 PENUTUP	25
A. kesimpulan	25
B. REKOMENDASI.....	25
DAFTAR PUSTAKA	27

BAB 1 PENDAHULUAN

A. LATAR BELAKANG

Pendidikan abad ke-21, yang sering digaungkan sejalan dengan era Revolusi Industri 4.0 dan Kurikulum Merdeka, menuntut pergeseran paradigma dari pembelajaran pasif menuju pembelajaran aktif dan aplikatif. Fokus utama tidak lagi hanya pada penguasaan materi, tetapi pada pengembangan kompetensi krusial seperti berpikir kritis, pemecahan masalah (problem-solving), kreativitas, dan kolaborasi. Untuk menjawab tantangan ini, pendekatan STEM (Sains, Teknologi, Engineering, dan Matematika) muncul sebagai salahsatu pilar utama reformasi pendidikan.

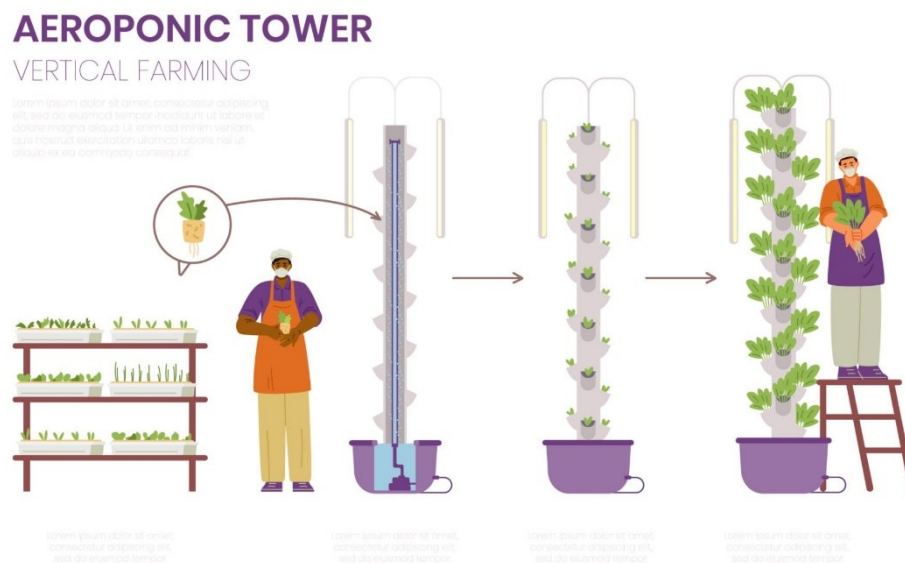
STEM bukanlah sekadar akronim dari empat disiplin ilmu yang diajarkan secara terpisah. Esensi sejati dari STEM terletak pada integrasinya; sebuah pendekatan pembelajaran interdisipliner di mana konsep akademik dipadukan dengan pemecahan masalah dalam konteks dunia nyata. Sayangnya, implementasi STEM di banyak sekolah, termasuk di tingkat SMP, masih menghadapi kendala. Guru seringkali memahami STEM secara teoretis, namun mengalami kesulitan dalam menerjemahkannya ke dalam praktik pembelajaran yang menarik dan relevan bagi siswa. Kompetensi guru untuk merancang dan memfasilitasi proyek berbasis STEM yang nyata menjadi "gap" (kesenjangan) yang perlu segera diatasi.

Untuk menjembatani kesenjangan ini, diperlukan sebuah platform pembelajaran yang bersifat praktis (hands-on), kontekstual, dan mampu mengintegrasikan seluruh aspek STEM secara utuh. Salah satu solusi yang paling relevan, terutama untuk konteks sekolah di perkotaan dengan tantangan lahan terbatas seperti di Kota Malang, adalah teknologi hidroponik.

Hidroponik, atau teknik budidaya tanaman tanpa menggunakan media tanah, merupakan sebuah contoh sempurna dari penerapan STEM dalam dunia nyata. Proyek hidroponik secara inheren memaksa pembelajar untuk terlibat dalam:

- Sains (Science): Mempelajari biologi tanaman, fotosintesis, siklus nutrisi, dan mengukur parameter kualitas air (pH, PPM).

- Teknologi (Technology): Menggunakan dan memahami cara kerja alat, seperti pompa air, sistem irigasi tetes, dan dalam konteks ini, teknologi "Eco Tower" (pertanian vertikal) sebagai solusi lahan sempit.
- Engineering (Engineering): Melakukan proses desain dan rekayasa. Ini mencakup proses merakit instalasi, memecahkan masalah (misalnya: bagaimana agar air terdistribusi merata), dan bahkan berinovasi, seperti merancang sistem untuk memanfaatkan sumber daya terbarukan (contoh: air wudhu).
- Matematika (Mathematics): Melakukan perhitungan presisi untuk konsentrasi larutan nutrisi (AB Mix), mengukur volume air, menghitung rasio bibit, dan menganalisis laju pertumbuhan tanaman.



Gambar 1. Eco Tower Hidroponik

Oleh karena itu, kegiatan pengabdian di SMP Islam Sabilurrosyad Kota Malang ini dirancang untuk meningkatkan kompetensi STEM para guru secara langsung melalui praktik. Dengan menggunakan "Eco Tower Hidroponik" sebagai studi kasus yang idenya digagas untuk memanfaatkan air wudhu. Program ini tidak hanya memberikan teori tetapi juga pengalaman langsung (experiential learning). Para guru diajak untuk menjadi seorang engineer, scientist, dan problem-solver sehingga mereka siap untuk membimbing siswanya dengan pendekatan yang sama.

B. PERMASALAHAN

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, fokus utama dari pengabdian ini adalah kesenjangan antara pentingnya STEM secara teoretis dan kesulitan implementasinya secara praktis di level sekolah. Maka, rumusan masalah dalam kegiatan pengabdian ini adalah:

1. Bagaimana cara meningkatkan kompetensi praktis STEM (khususnya dalam domain Engineering dan Teknologi) bagi guru-guru di SMP Islam Sabilurrosyad Kota Malang?
2. Bagaimana mengimplementasikan sebuah media pembelajaran STEM yang aplikatif, kontekstual, dan mampu mengatasi kendala faktual sekolah, seperti keterbatasan lahan?
3. Bagaimana mengenalkan konsep teknologi tepat guna (Eco Tower Hidroponik) yang diintegrasikan dengan potensi kearifan lokal sekolah (gagasan pemanfaatan air wudhu) sebagai model pembelajaran berbasis proyek?

C. TUJUAN

Selaras dengan rumusan masalah di atas, tujuan spesifik dari kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini adalah:

1. Meningkatkan kompetensi dan keterampilan praktis guru-guru SMP Islam Sabilurrosyad dalam merancang, merakit, dan mengoperasikan sebuah proyek STEM melalui lokakarya perakitan Eco Tower Hidroponik.
2. Mengimplementasikan dan menghibahkan satu unit Eco Tower Hidroponik sebagai prototipe media pembelajaran STEM yang solutif terhadap masalah keterbatasan lahan di lingkungan sekolah.
3. Memberikan edukasi dan pendampingan tentang prinsip dasar pertanian hidroponik serta memantik inovasi pemecahan masalah yang kontekstual (pemanfaatan air wudhu) bagi para guru.

D. SIGNIFIKANSI

Kegiatan pengabdian ini diharapkan dapat memberikan manfaat yang signifikan bagi berbagai pihak yang terlibat:

1. Bagi Guru SMP Islam Sabilurrosyad:
 - Mendapatkan peningkatan kompetensi yang nyata (*hands-on*) dalam menerapkan pembelajaran STEM, tidak hanya sebatas teori.
 - Memperoleh keterampilan baru dalam merakit dan merawat sistem hidroponik yang dapat ditularkan kepada siswa.
 - Mendapatkan inspirasi untuk mengembangkan proyek-proyek pembelajaran lain yang kontekstual dan relevan dengan lingkungan sekolah.
2. Bagi SMP Islam Sabilurrosyad (Sekolah):
 - Memperoleh unit media pembelajaran (Eco Tower Hidroponik) yang fungsional dan dapat dimanfaatkan untuk program penghijauan sekolah.
 - Mendukung program unggulan sekolah (seperti "Spesga Technology") dengan adanya praktik teknologi tepat guna yang nyata.
 - Menjadi model percontohan (*best practice*) implementasi STEM yang terintegrasi dengan nilai-nilai keislaman (pemanfaatan air wudhu) dan solusi masalah perkotaan (lahan sempit).
3. Bagi Siswa (Manfaat Jangka Panjang):
 - Berpotensi mendapatkan pengalaman belajar STEM yang lebih menarik, aplikatif, dan tidak membosankan karena guru-guru mereka telah terlatih.
4. Bagi Tim Pengabdian (Perguruan Tinggi):
 - Terlaksananya salah satu pilar Tri Dharma Perguruan Tinggi yaitu pengabdian kepada masyarakat.

BAB 2 KERANGKA KONSEP

A. GAMBARAN UMUM LOKASI PENELITIAN

Kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini dilaksanakan dengan mitra strategis, yaitu SMP Islam Sabilurrosyad (Spesga). Sekolah ini merupakan lembaga pendidikan formal tingkat menengah pertama yang berlokasi di wilayah Kota Malang, Jawa Timur. Sebagai sekolah yang mengusung nilai-nilai keislaman, aktivitas dan budaya sekolah sangat erat kaitannya dengan praktik-praktik ibadah harian, seperti pelaksanaan sholat berjamaah.

Berdasarkan hasil diskusi dan observasi awal, SMP Islam Sabilurrosyad menunjukkan komitmen yang kuat terhadap pengembangan kompetensi modern. Hal ini terbukti dari adanya program unggulan sekolah yang selaras dengan STEM, yaitu "Spesga Technology" dan "Spesga Mathematic". Visi sekolah yang terbuka terhadap inovasi ini didukung penuh oleh pimpinan sekolah, yang proaktif dalam mencari solusi atas tantangan yang dihadapi.



Gambar 2. Keterbatasan Lahan

Tantangan utama yang teridentifikasi di lokasi adalah keterbatasan lahan (lahan sempit). Sebagai institusi pendidikan yang berada di kawasan perkotaan, sekolah memiliki ruang terbuka hijau yang sangat minim. Kondisi ini menjadi kendala bagi implementasi program penghijauan sekolah atau pelaksanaan pembelajaran praktik IPA (Biologi) yang membutuhkan media tanam konvensional.

Di tengah tantangan tersebut, sebuah peluang inovatif yang kontekstual muncul dari diskusi dengan pimpinan sekolah. Terdapat sumber daya air yang melimpah namun belum dimanfaatkan secara optimal, yaitu air sisa wudhu dari masjid/mushola sekolah. Gagasan untuk memanfaatkan air wudhu ini menjadi titik awal perancangan solusi teknologi tepat guna.

Oleh karena itu, kombinasi antara:

- Visi sekolah yang pro-STEM.
- Tantangan faktual (lahan sempit).
- Potensi sumber daya unik (air wudhu).

Menjadikan SMP Islam Sabilurrosyad sebagai mitra yang sangat ideal dan reseptif untuk implementasi program peningkatan kompetensi STEM melalui teknologi Eco Tower Hidroponik (pertanian vertikal).



Video 1. Profil Sekolah SMP Islam Sabilurrosyad

B. KONDISI SAAT INI MASYARAKAT DAMPINGAN

Masyarakat dampingan (mitra) dalam kegiatan pengabdian ini adalah dewan guru di SMP Islam Sabilurrosyad, Kota Malang. Berdasarkan observasi dan diskusi awal yang dilakukan sebelum implementasi program, teridentifikasi beberapa kondisi awal yang menjadi landasan pelaksanaan kegiatan ini:

1. Kesenjangan antara Visi Sekolah dan Implementasi Praktis STEM

- Secara Visi, Siap: Pihak sekolah, dipimpin oleh Kepala Sekolah, telah memiliki visi yang sangat terbuka dan progresif terhadap kemajuan teknologi dan sains. Hal ini dibuktikan dengan adanya program unggulan sekolah seperti "Spesga Technology" dan "Spesga Mathematic".
- Secara Praktik, Terkendala: Meskipun visi tersebut sudah ada, implementasi pembelajaran STEM di dalam kelas masih cenderung teoretis. Guru-guru telah memahami pentingnya STEM, namun masih menghadapi kebingungan atau keterbatasan dalam menerapkannya dalam bentuk proyek praktis (*hands-on*) yang nyata dan dapat dikerjakan bersama siswa.

2. Keterbatasan Media Pembelajaran Kontekstual (Masalah Lahan Sempit)

- Guru-guru (khususnya guru IPA atau Prakarya) menghadapi tantangan faktual, yaitu keterbatasan lahan (lahan sempit) di lingkungan sekolah.
- Kondisi ini secara langsung menghambat kemampuan guru untuk melaksanakan praktik pembelajaran yang berhubungan dengan penghijauan, pertanian, atau ekosistem. Pembelajaran menjadi terbatas pada buku teks karena tidak adanya media atau "laboratorium alam" yang memadai.

3. Sumber Daya Lokal yang Belum Teridentifikasi sebagai Peluang Edukasi

- Terdapat sumber daya unik di sekolah yang belum dimanfaatkan secara optimal dan belum dilihat sebagai media pembelajaran, yaitu air sisa wudhu.
- Sebelum adanya diskusi pengabdian, air wudhu yang digunakan siswa dan guru setiap hari hanya dibuang percuma ke saluran pembuangan.
- Para guru belum mengidentifikasi atau mengkoneksikan masalah (air terbuang) dan tantangan (lahan sempit) ini sebagai sebuah peluang untuk proyek pembelajaran STEM yang inovatif dan kontekstual.

Ringkasan Kondisi Awal:

Singkatnya, kondisi awal mitra adalah kondisi "siap secara visi, namun terkendala secara teknis dan sarana". Para guru di SMP Islam Sabilurrosyad memiliki kemauan (willingness) untuk maju dalam bidang STEM, namun kekurangan kompetensi praktis (practical skills) dan media pendukung (tools) untuk mewujudkan pembelajaran berbasis proyek yang relevan dengan tantangan nyata di sekolah mereka (lahan sempit).

C. KONDISI YANG DIHARAPKAN

Berdasarkan analisis situasi awal dan identifikasi masalah yang ada, maka kondisi yang diharapkan (target luaran) setelah program pengabdian ini selesai dilaksanakan adalah sebagai berikut:

1. Peningkatan Kompetensi Praktis (Transfer Keterampilan)

- Diharapkan terjadi transformasi kompetensi pada guru-guru SMP Islam Sabilurrosyad.
- Para guru tidak lagi hanya memahami STEM secara teoretis atau sebatas visi sekolah, tetapi memiliki keterampilan praktis (*practical skills*) dan kepercayaan diri untuk mengimplementasikan proyek STEM.
- Secara spesifik, guru-guru diharapkan terampil dalam merakit, mengoperasikan, dan merawat perangkat Eco Tower Hidroponik. Kompetensi ini menjadi bekal bagi mereka untuk mereplikasi atau membimbing siswa dalam proyek serupa.

2. Terwujudnya Media Pembelajaran Aplikatif (Solusi Sarana)

- Diharapkan masalah keterbatasan lahan sempit di sekolah dapat teratasi dengan hadirnya prototipe pertanian vertikal (Eco Tower Hidroponik).
- Sekolah kini memiliki sebuah media pembelajaran yang fungsional dan konkret untuk praktik IPA (Biologi) dan Prakarya, sekaligus mendukung program penghijauan sekolah.
- Eco Tower ini menjadi "laboratorium mini" yang dapat diamati dan dikelola oleh guru dan siswa, membuat pembelajaran STEM menjadi nyata dan relevan.

3. Perubahan Pola Pikir (Mindset Inovasi Kontekstual)

- Diharapkan para guru memiliki pola pikir pemecahan masalah (*problem-solver*) yang lebih tajam.
- Para guru kini melihat sumber daya lokal (air wudhu) bukan lagi sebagai sisa buangan, melainkan sebagai potensi dan peluang inovasi yang dapat diintegrasikan ke dalam pembelajaran.
- Terbukanya wawasan ini akan memicu guru untuk berpikir lebih kreatif dalam memanfaatkan lingkungan sekitar sekolah sebagai sumber belajar, sejalan dengan semangat Kurikulum Merdeka.

Ringkasan Kondisi yang Diharapkan:

Secara keseluruhan, kondisi yang diharapkan adalah terjadinya perubahan holistik: dari yang awalnya pasif (mengetahui teori STEM) menjadi aktif dan terampil (mampu mempraktikkan STEM), dari yang awalnya terkendala sarana (lahan sempit) menjadi memiliki solusi teknologi, dan dari yang awalnya mengabaikan potensi lokal (air wudhu) menjadi inovatif dan kontekstual.

D. STRATEGI PELAKSANAAN/METODE

Program pengabdian ini dilaksanakan dengan menggunakan metode Participatory Action Research (PAR) atau Riset Aksi Partisipatif. Metode ini dipilih karena sejalan dengan tujuan utama pengabdian, yaitu pemberdayaan dan peningkatan kompetensi mitra (guru-guru SMP Islam Sabilurrosyad).

Dalam kerangka PAR, mitra tidak diposisikan sebagai objek penerima program, melainkan sebagai subjek aktif yang terlibat dalam seluruh siklus kegiatan, mulai dari identifikasi masalah, perencanaan aksi, pelaksanaan aksi, hingga refleksi.

Pelaksanaan kegiatan dibagi ke dalam empat tahapan utama yang merupakan siklus dari PAR:

Tahap 1: Perencanaan Partisipatif (Participatory Planning)

Tahap ini adalah fondasi dari seluruh kegiatan. Alih-alih datang dengan solusi yang sudah jadi, tim pengabdian memfokuskan pada proses "mendengar" dan "merumuskan masalah bersama".

1. Audiensi dan Identifikasi Kebutuhan: Tim melakukan kunjungan awal dan diskusi mendalam (FGD) dengan pimpinan sekolah dan perwakilan guru.

2. Penggalan Gagasan Kontekstual: Dalam diskusi ini, tim pengabdian memfasilitasi mitra untuk mengidentifikasi tantangan (lahan sempit) dan potensi lokal. Proses ini berhasil memunculkan gagasan inovatif yang datang langsung dari mitra (Kepala Sekolah), yaitu ide pemanfaatan air sisa wudhu.
3. Kesepakatan Aksi: Berdasarkan masalah dan gagasan tersebut, disepakati bersama bahwa solusi yang akan diambil adalah implementasi teknologi hidroponik.

Tahap 2: Perancangan Aksi (Action Design)

Setelah masalah dan gagasan teridentifikasi secara partisipatif, tim pengabdian (bersama perwakilan mitra) merancang solusi teknis yang paling tepat.

1. Survei Teknologi: Tim melakukan studi komparatif terhadap berbagai model sistem hidroponik (misalnya, sistem horizontal/NFT vs. sistem vertikal/Tower).
2. Pemilihan Solusi Tepat Guna: Mempertimbangkan tantangan utama (lahan sempit), diputuskan untuk merancang aksi berupa implementasi Eco Tower Hidroponik (pertanian vertikal) karena efisiensi ruangnya.
3. Persiapan Logistik Aksi: Tim menyiapkan seluruh perangkat keras (Eco Tower) dan bahan pendukung yang diperlukan untuk pelaksanaan aksi, seperti bibit tanaman, media tanam (rockwool), dan nutrisi (AB Mix).

Tahap 3: Implementasi Aksi dan Pendampingan (Action & Facilitation)

Ini adalah tahap inti pelaksanaan di mana terjadi transfer pengetahuan dan keterampilan.

1. Edukasi (Transfer Pengetahuan): Sebelum praktik, tim memberikan pemaparan materi dan edukasi mengenai prinsip-prinsip dasar STEM yang terkandung dalam hidroponik (Sains, Teknologi, Engineering, dan Matematika).
2. Lokakarya Praktik (Transfer Keterampilan): Aksi utama adalah lokakarya perakitan (workshop). Sesuai prinsip PAR, produk (Eco Tower) tidak diserahkan dalam bentuk jadi. Tim pengabdian dan para guru bersama-sama merangkai dan membangun tower hidroponik dari awal. Para guru terlibat langsung dalam proses *engineering* (pemasangan pipa, penyiapan media tanam, dll.), sehingga terjadi peningkatan kompetensi secara langsung.

Tahap 4: Observasi dan Refleksi (Observation & Reflection)

Sebagai sebuah siklus PAR, kegiatan tidak berhenti setelah perakitan selesai. Tahap ini dirancang untuk mengevaluasi proses yang sedang berjalan dan merencanakan tindak lanjut.

1. Observasi Aksi: Selama proses lokakarya, tim pengabdian melakukan observasi langsung terhadap proses dan kendala yang dihadapi guru saat merakit.
2. Refleksi Bersama (Evaluasi *On-the-Spot*): Tim akan mengumpulkan catatan lapangan dan temuan yang muncul selama praktik.
3. Perumusan Tindak Lanjut: Hasil refleksi ini akan menjadi dasar untuk rekomendasi perbaikan atau program pengabdian selanjutnya.

E. KAJIAN TEORI-TEORI PENGABDIAN

1. Teori Pengabdian Partisipatif (Participatory Action Research - PAR)

Penelitian Aksi Partisipatif (PAR) adalah pendekatan penelitian kolaboratif yang melibatkan peneliti dan partisipan yang bekerja sama selama proses penelitian. Metode ini bertujuan untuk mengatasi permasalahan dunia nyata, menciptakan solusi praktis, dan mendorong perubahan sosial, dengan seluruh proses penelitian dimiliki bersama oleh semua pemangku kepentingan [1], [2], [3]. PAR menekankan keterlibatan aktif peserta, terutama mereka yang berasal dari komunitas terpinggirkan, dalam semua fase proses penelitian [2], [3], [4]. Pendekatan ini melibatkan siklus aksi dan refleksi yang berulang, yang memungkinkan pembelajaran dan adaptasi yang berkelanjutan [5], [6]. PAR bertujuan untuk memberdayakan peserta dan mendorong perubahan sosial dengan mengatasi ketidakseimbangan kekuatan dan menumbuhkan kesadaran kritis [2], [7], [8]. PAR dapat meningkatkan komunikasi, kolaborasi, dan pemecahan masalah dalam organisasi, yang mengarah pada peningkatan keterlibatan dan pemberdayaan karyawan [1], [5]. PAR telah diterapkan untuk meningkatkan kualitas pendidikan dan mengintegrasikan isu perubahan iklim ke dalam pengajaran [9], [10]. PAR memfasilitasi transformasi organisasi, memperkuat kepemimpinan lokal, dan meningkatkan hubungan sosial dalam masyarakat [11], [12].

2. Konsep Teknologi Tepat Guna (TTG) dan Pertanian Perkotaan (Urban Farming)

Teknologi Tepat Guna (TTG) adalah konsep yang menekankan penggunaan teknologi yang sesuai dengan kondisi sosial, ekonomi, dan lingkungan setempat. TTG bertujuan untuk meningkatkan kesejahteraan masyarakat dengan cara yang berkelanjutan dan adil. Konsep ini pertama kali dikenal luas melalui buku EF Schumacher, "Small is Beautiful: Economics as if People Mattered," yang mengkritik sistem teknologi industri yang merusak lingkungan dan tidak adil secara sosial. TTG sering kali diterapkan dalam skala kecil dan terdesentralisasi, yang cocok untuk unit sosial kecil di pedesaan [13]. Pertanian perkotaan adalah praktik menanam tanaman dan memelihara hewan di dalam dan sekitar kota. Hal ini menjadi semakin penting karena terbatasnya lahan pertanian di daerah perkotaan dan kebutuhan untuk meningkatkan ketahanan pangan [14].d Pertanian perkotaan dapat dilakukan melalui berbagai metode seperti hidroponik, akuaponik, dan aeroponik, yang tidak memerlukan tanah dan lebih efisien dalam penggunaan udara dan ruang [14], [15].

BAB 3 PELAKSANAAN PENGABDIAN

A. GAMBARAN KEGIATAN

Pelaksanaan kegiatan pengabdian ini dirancang secara sistematis sebagai sebuah siklus utuh yang mengadopsi Metodologi *Participatory Action Research* (PAR). Pendekatan ini tidak dipilih secara acak; ia menjadi filosofi dasar yang memandu seluruh proses. Fokus utama PAR adalah pergeseran dari model "penyerahan produk" atau "bantuan hibah" yang bersifat *top-down*, menjadi proses kolaboratif yang menekankan pemberdayaan, kemandirian mitra, dan transfer keterampilan praktis. Dalam konteks ini, mitra (para guru SMP Islam Sabilurrosyad) diposisikan sebagai subjek dan rekan peneliti, bukan sekadar objek penerima manfaat.

Keseluruhan proses ini diartikulasikan ke dalam tiga tahapan utama yang saling bertautan dan bersifat siklikal: (1) Diagnosis Kebutuhan dan Perencanaan Partisipatif; (2) Implementasi Aksi dan Lokakarya Keterampilan; dan (3) Observasi, Refleksi Kritis, dan Evaluasi Simultan.

Tahap 1: Diagnosis Kebutuhan dan Perencanaan Partisipatif

Tahap inisiasi ini merupakan fondasi dari keseluruhan program, difokuskan pada pemahaman mendalam terhadap konteks dan tantangan yang dihadapi mitra.



Gambar 3. Identifikasi Kebutuhan

1.1. Audiensi dan Analisis Kebutuhan (Needs Assessment): Kegiatan dimulai dengan kunjungan formal dan audiensi mendalam bersama pimpinan sekolah serta perwakilan guru. Sesi ini tidak hanya bersifat seremonial, namun difungsikan

sebagai *Focus Group Discussion* (FGD) untuk melakukan analisis kebutuhan dan pemetaan aset (aset mapping) secara partisipatif.

1.2. Identifikasi Masalah Utama: Melalui dialog dua arah yang intensif, tim pengabdian dan pihak sekolah bersama-sama mengidentifikasi tantangan paling krusial: keterbatasan lahan sekolah yang sangat sempit. Ketiadaan lahan terbuka hijau ini secara langsung menghambat pelaksanaan pembelajaran berbasis alam, khususnya untuk mata pelajaran rumpun IPA (Biologi), yang idealnya memerlukan praktik langsung di luar kelas.

1.3. Penemuan Gagasan Kontekstual (Aset Lokal): Dalam diskusi yang sama, terdapat sebuah gagasan inovatif yang kontekstual dan brilian dari Kepala Sekolah. Beliau menyoroti adanya sumber daya yang belum termanfaatkan, yaitu air sisa wudhu dari masjid sekolah yang selama ini terbuang percuma ke saluran pembuangan. Gagasan ini menjadi terobosan penting yang mengintegrasikan nilai spiritualitas Islam dengan prinsip ekologi dan konservasi air.

1.4. Perumusan Solusi Kolaboratif: Berdasarkan sintesis antara masalah (lahan sempit) dan potensi (air sisa wudhu), disepakati secara kolektif bahwa implementasi teknologi hidroponik adalah solusi paling tepat dan relevan.

1.5. Desain Teknis dan Persiapan Logistik: Tim pengabdian, bertindak sebagai fasilitator teknis, kemudian menerjemahkan gagasan tersebut ke dalam rancangan teknis. Dipilihlah model "Eco Tower Hidroponik", sebuah sistem pertanian vertikal (*vertical farming*) yang dirancang khusus untuk memaksimalkan rasio tanam pada luasan tapak minimal. Tim segera menyiapkan seluruh logistik pendukung, mencakup:

- Perangkat tower vertikal (pipa paralon, sambungan, dan rangka).
- Sistem irigasi (pompa air, selang, dan timer).
- Media tanam (rockwool dalam jumlah yang diperhitungkan).
- Bibit tanaman sayuran daun (dipilih yang adaptif dan cepat panen).
- Nutrisi esensial (pupuk AB Mix).

Tahap 2: Implementasi Aksi dan Lokakarya Keterampilan (Hands-on Workshop)

Tahap ini merupakan puncak eksekusi program, di mana perencanaan diubah menjadi tindakan nyata yang dilaksanakan di lokasi sekolah.

1. Integrasi STEM dalam Hidroponik: Menjelaskan bagaimana hidroponik menjadi media pembelajaran *Sains* (biologi tanaman, fotosintesis),

Teknologi (sistem irigasi otomatis), *Engineering* (desain dan perakitan tower), dan *Matematika* (perhitungan presisi PPM nutrisi).

2. Konsep *Urban Farming*: Memperkenalkan gagasan pertanian perkotaan sebagai solusi ketahanan pangan di lahan terbatas.
3. Manajemen Nutrisi dan Hama: Pengetahuan dasar mengenai cara meracik nutrisi AB Mix dan mengidentifikasi hama umum.

2.2. Lokakarya Praktik Perakitan (*Learning by Doing*): Sesuai dengan prinsip PAR, tim pengabdian tidak menyerahkan produk jadi. Sebaliknya, lokakarya praktik menjadi inti kegiatan. Prinsip *learning by doing* menjadi sentral. Para guru, yang sebelumnya mungkin belum pernah memegang peralatan teknik, didorong untuk "turun tangan" secara langsung.



Gambar 6. Perakitan

Tim pengabdian dan para guru bekerja bahu-membahu merakit perangkat Eco Tower dari kondisi terurai total. Para guru secara aktif terlibat dalam setiap detail proses *engineering*: mengukur dan memasang pipa, mengebor lubang tanam, memasang

sambungan, menginstalasi pompa air, hingga menyiapkan media tanam rockwool di dalam *net pot* dan memahami alur sistem irigasi *drip*.

2.3. Transfer Keterampilan Nyata: Melalui proses ini, terjadi transfer keterampilan teknis secara nyata dan langsung. Peran tim pengabdian bergeser dari instruktur menjadi fasilitator, mendampingi para guru saat mereka menghadapi kesulitan teknis dan memecahkan masalah bersama. Antusiasme para guru saat berhasil merakit dan melihat sistem bekerja menjadi indikator keberhasilan dari proses pemberdayaan ini.

Tahap 3: Observasi, Refleksi Kritis, dan Evaluasi Simultan

Tahapan ini tidak dilakukan di akhir program, melainkan berjalan secara simultan (bersamaan) selama lokakarya praktik berlangsung.

3.1. Observasi Lapangan oleh Fasilitator: Selama proses perakitan, tim pengabdian bertindak ganda sebagai fasilitator sekaligus pengamat (observer). Tim mencatat berbagai temuan lapangan, baik teknis maupun non-teknis, serta mengamati respons dan tingkat adopsi keterampilan oleh para guru.

3.2. Identifikasi Temuan Evaluasi Krusial: Dari proses praktik bersama ini, ditemukan beberapa catatan evaluasi krusial yang langsung didiskusikan dengan para guru:

1. Temuan Logistik: Teridentifikasi bahwa jumlah rockwool yang dianggarkan dan dibawa ternyata kurang dari kebutuhan ideal untuk mengisi 100% *net pot* pada tower yang telah dirakit. Ini menjadi catatan penting untuk perencanaan anggaran dan logistik di siklus berikutnya.
2. Temuan Teknis (Penyempurnaan Desain): Observasi teknis pada aliran air mengidentifikasi perlunya komponen tambahan sederhana namun vital: kain flanel. Kain flanel dinilai akan sangat membantu optimalisasi penyebaran air nutrisi agar lebih merata ke seluruh media tanam. Fungsinya adalah sebagai sumbu kapiler (*capillary wick*) yang menjaga kelembapan rockwool secara konsisten, terutama pada fase awal persemaian.

3.3. Umpan Balik untuk Keberlanjutan: Temuan-temuan ini tidak dianggap sebagai kegagalan, melainkan sebagai data berharga dalam siklus PAR. Catatan ini menjadi bahan evaluasi penting untuk perbaikan dan keberlanjutan program. Rekomendasi

praktis (seperti penambahan kain flanel dan penyesuaian anggaran rockwool) langsung dicatat untuk memastikan bahwa di masa mendatang, program ini dapat diadopsi, direplikasi, dan dikelola secara mandiri dan lebih optimal oleh para guru SMP Islam Sabilurrosyad.

B. DINAMIKA KEILMUAN

Kegiatan pengabdian ini merupakan sebuah arena di mana berbagai rumpun keilmuan berinteraksi dan berpadu secara dinamis. Keberhasilan program tidak bertumpu pada satu disiplin ilmu tunggal, melainkan pada sinergi holistik antara ilmu murni (STEM), ilmu pendidikan (Pedagogi), dan yang menjadi fondasi utamanya, yaitu nilai-nilai Keislaman yang menjadi identitas mitra (SMP Islam Sabilurrosyad).

Integrasi pertama terjadi dalam domain STEM (Sains, Teknologi, Enjiniring, Matematika) itu sendiri. Proyek Eco Tower Hidroponik dipilih sebagai media sentral karena kemampuannya menjadi "laboratorium terapan" yang sempurna untuk keempat disiplin tersebut. Aktivitas ini secara dinamis menuntut mitra (guru) untuk beralih peran: mereka menjadi *Scientist* (ilmuwan) saat mempelajari biologi tanaman dan kimia nutrisi AB Mix; mereka menjadi *Technologist* saat mengoperasikan sistem pertanian vertikal; mereka menjadi *Engineer* saat merakit tower dan memecahkan masalah (seperti perlunya kain flanel); dan mereka menjadi *Mathematician* saat menakar dosis nutrisi.

Integrasi kedua adalah perpaduan antara keilmuan STEM dengan Ilmu Pendidikan (Pedagogi). Peningkatan kompetensi guru tidak akan bermakna jika mereka tidak tahu bagaimana cara mengajarkannya kembali kepada siswa. Di sinilah Pembelajaran Berbasis Proyek (Project-Based Learning - PjBL) dan Pembelajaran Kontekstual (Contextual Teaching and Learning - CTL) berperan. PjBL menjadi kerangka kerja pedagogisnya (belajar melalui pengerjaan proyek tower), sementara CTL menjadi "jiwa"-nya, di mana pembelajaran dikaitkan langsung dengan konteks dunia nyata (lahan sempit).

Integrasi ketiga, yang menjadi pilar metodologi, adalah perpaduan antara Ilmu Belajar Orang Dewasa (Andragogi) dengan Metodologi Pengembangan Masyarakat (Participatory Action Research - PAR). Tim pengabdian menyadari

bahwa mitra adalah para guru (orang dewasa) yang memiliki pengalaman. Oleh karena itu, pendekatan *top-down* (menggurui) tidak akan efektif. Prinsip Andragogi (pembelajaran yang berpusat pada masalah) bersinergi dengan metodologi PAR, di mana tim pengabdian dan guru adalah mitra setara dalam memecahkan masalah.

Integrasi Keempat dan Kunci (Integrasi Keislaman), adalah dinamika yang menjadikan program ini unik. Seluruh proses pengabdian ini dibingkai dan dimotivasi oleh nilai-nilai Islam yang hidup di lingkungan sekolah.

- STEM sebagai Wujud Tadabbur Alam: Pembelajaran Sains (Biologi tanaman) dan Teknologi (hidroponik) diposisikan sebagai cara untuk memahami dan mengagumi ciptaan Allah SWT (Tadabbur Alam).
- Prinsip *Hifz al-Bi'ah* (Menjaga Lingkungan): Gagasan sentral untuk memanfaatkan air sisa wudhu adalah implementasi langsung dari ajaran Islam untuk tidak berbuat *mubadzir* (sia-sia). Ini mengubah air yang tadinya terbuang percuma menjadi sumber kehidupan bagi tanaman, sejalan dengan prinsip menjaga lingkungan (*hifz al-bi'ah*).
- Teknologi yang Bermanfaat (Maslahah): Teknologi Eco Tower tidak hanya diperkenalkan sebagai kecanggihan, tetapi sebagai alat untuk membawa kemaslahatan (solusi atas lahan sempit) dan wujud syukur atas akal (teknologi) dan air (sumber daya).

Dengan demikian, "dinamika keilmuan" dalam pengabdian ini adalah sebuah sintesis di mana ilmu teknik (hidroponik) bertemu dengan ilmu pendidikan (PjBL & CTL), dieksekusi melalui ilmu sosial (PAR & Andragogi), dan kesemuanya dilandasi oleh nilai-nilai spiritual Keislaman sebagai motivasi dan tujuan akhir.

C. TEORI YANG DIHASILKAN DARI PENDAMPINGAN

Pelaksanaan program pengabdian ini, melalui metodologi *Participatory Action Research* (PAR), tidak hanya mencapai tujuan praktis berupa peningkatan kompetensi mitra, tetapi juga menghasilkan sebuah temuan teoretis (teori substantif). Temuan ini berupa sebuah model atau kerangka kerja untuk implementasi STEM yang efektif di lembaga pendidikan berbasis agama. Model ini kami sebut sebagai "Model Integrasi STEM Partisipatif Berbasis Nilai" (*Value-Based Participatory STEM Integration Model*).

Model ini menjelaskan bahwa untuk mencapai internalisasi kompetensi STEM yang mendalam dan berkelanjutan, tiga komponen utama harus hadir dan berintegrasi secara simultan. Kegagalan pada salah satu komponen akan mereduksi program menjadi sekadar hibah barang atau pelatihan teknis yang dangkal.

Ketiga pilar dari model ini adalah:

1. Prinsip Jangkar Nilai (The Principle of Value Anchoring)

Temuan di lapangan membuktikan bahwa transfer teknologi (Eco Tower) tidak akan terinternalisasi jika hanya diperkenalkan sebagai solusi teknis atas masalah sekuler (lahan sempit). Motivasi intrinsik dan *buy-in* penuh dari mitra (para guru) baru tercapai ketika solusi teknis tersebut diberi "jiwa" atau dijangkarkan (anchored) pada nilai-nilai inti (core values) yang mereka anut.

Dalam konteks SMP Islam Sabilurrosyad, "jangkar" tersebut adalah gagasan pemanfaatan air sisa wudhu. Gagasan ini secara instan mengubah status proyek: dari "proyek STEM milik pengabdian" menjadi "proyek bersama untuk mengamalkan nilai anti-mubadzir dan *hifz al-bi'ah* (menjaga lingkungan)". Teori ini menyatakan bahwa inovasi STEM di lembaga religius harus selaras dan memperkuat, bukan menantang, identitas spiritual lembaga tersebut.

2. Prinsip Transfer Kompetensi Otentik (The Principle of Authentic Competence Transfer)

Teori ini menjelaskan *bagaimana* kompetensi "E" (Enjiniring) dalam STEM seharusnya ditransfer. Model pengabdian tradisional yang bersifat *top-down* (hibah barang jadi) terbukti hanya menciptakan operator, bukan problem-solver.

Temuan di lapangan (kekurangan rockwool dan kebutuhan kain flanel) yang awalnya terlihat sebagai evaluasi teknis, justru merupakan momen pedagogis terpenting dalam pendampingan. Kompetensi enjiniring tidak ditransfer saat guru berhasil mengikuti instruksi perakitan yang sempurna, tetapi ditransfer pada saat guru dan tim pengabdian bersama-sama menganalisis masalah (troubleshooting) yang otentik dan merumuskan solusi (perlu flanel). Teori ini menegaskan bahwa "kegagalan produktif" (*productive failure*) dalam lokakarya

partisipatif adalah kunci untuk memindahkan guru dari *passive receiver* menjadi *active engineer*.

3. Prinsip Kepemilikan Kontekstual (The Principle of Contextual Ownership)

Teori ini menjawab pertanyaan tentang keberlanjutan (*sustainability*) program. Keberlanjutan sebuah inovasi di mitra berbanding lurus dengan tingkat kepemilikan (*ownership*) mereka terhadap inovasi tersebut.

Temuan dari pengabdian ini menunjukkan bahwa kepemilikan tidak dapat "diberikan" atau "dihibahkan". Ia harus dibangun melalui dua syarat:

- Relevansi Kontekstual: Solusi (Eco Tower) harus secara langsung menjawab masalah nyata dan mendesak yang dirasakan mitra (lahan sempit).
- Proses Partisipatif: Mitra harus menjadi subjek aktif dalam proses penciptaan solusi (merakit bersama, memikirkan solusi flanel), bukan sekadar objek penerima.

Karena kedua syarat ini terpenuhi, SMP Islam Sabilurrosyad kini "memiliki" Eco Tower tersebut, bukan hanya "dititipi".

BAB 4 DISKUSI KEILMUAN

A. DISKUSI DATA

Diskusi ini tidak hanya melaporkan temuan, tetapi menganalisis *mengapa* temuan tersebut muncul dan *apa maknanya* secara keilmuan.

1. Keberhasilan PAR: Transformasi dari Objek menjadi Subjek

Data utama yang diperoleh adalah tingginya antusiasme dan partisipasi aktif para guru dalam lokakarya perakitan Eco Tower. Hal ini secara langsung memvalidasi pemilihan metodologi Participatory Action Research (PAR) dan Andragogi (Pendidikan Orang Dewasa).

Para guru, sebagai pembelajar dewasa, tidak diposisikan sebagai "objek" yang pasif menerima hibah barang jadi. Sebaliknya, mereka adalah "subjek" yang dilibatkan dalam proses pemecahan masalah. Keterlibatan langsung dalam merakit (praktik *hands-on*) selaras dengan prinsip Andragogi, yang menyatakan bahwa orang dewasa belajar paling efektif ketika mereka terlibat aktif dalam pengalaman yang relevan dengan masalah mereka (lahan sempit). Keberhasilan perakitan tower bukanlah hasil dari tim pengabdian, melainkan bukti terjadinya transfer kompetensi kepada para guru.

2. Temuan "Flanel" dan "Rockwool": Validasi Transfer Kompetensi Enjiniring (Rekayasa)

Temuan paling signifikan dari pengabdian ini adalah teridentifikasinya dua "masalah" teknis: (1) kekurangan rockwool, dan (2) kebutuhan akan kain flanel untuk pemerataan air.

Dalam kerangka diskusi keilmuan, temuan ini bukanlah kegagalan program, melainkan indikator keberhasilan terbesar dari transfer kompetensi "E" (Enjiniring) dalam STEM.

- Jika tim pengabdian datang dengan sistem yang sempurna dan *zero-defect*, maka kompetensi yang ditransfer hanyalah "kompetensi operator" (cara mengoperasikan).
- Dengan adanya masalah ini, para guru diajak masuk ke level yang lebih tinggi: proses berpikir enjiniring (engineering design thinking). Mereka

ikut menganalisis masalah (*troubleshooting*), mengidentifikasi *bottleneck* (air tidak merata), dan merumuskan hipotesis solusi (perlu flanel).

- Ini sejalan dengan "Teori Kegagalan Produktif" (*Productive Failure*) yang kita bahas. Para guru secara tidak sadar telah mempraktikkan siklus inti PjBL (Project-Based Learning): Menemukan Masalah → Menganalisis → Merancang Solusi. Ini adalah esensi sejati dari kompetensi STEM yang ingin ditingkatkan.

3. "Air Wudhu": Kekuatan Jangkar Motivasi Kontekstual-Religius

Diskusi awal dengan Kepala Sekolah yang memunculkan ide "pemanfaatan air wudhu" terbukti menjadi "jangkar motivasi" (Motivation Anchor) yang krusial.

- Secara teoretis (Model SKR yang dihasilkan), hal ini memvalidasi bahwa implementasi STEM di lembaga berbasis agama membutuhkan relevansi yang lebih tinggi daripada sekadar relevansi teknis (solusi lahan sempit).
- STEM harus selaras dengan identitas dan nilai-nilai inti (core values) lembaga. Gagasan memanfaatkan air wudhu (*anti-mubadzir*) memberikan "jiwa" atau "makna" pada proyek teknologi tersebut.
- Ini adalah implementasi sempurna dari Pembelajaran Kontekstual (CTL) yang diintegrasikan dengan nilai-nilai Keislaman. Tanpa "jangkar" ini, program ini berisiko menjadi program teknis biasa yang cepat dilupakan. Dengan "jangkar" ini, Eco Tower menjadi simbol dari integrasi Iman, Ilmu, dan Amal di sekolah tersebut.

B. FOLLOW UP

Berdasarkan diskusi dan temuan di lapangan, program pengabdian ini tidak berhenti sebagai satu kegiatan tunggal, melainkan menjadi awal dari siklus Participatory Action Research (PAR) yang berkelanjutan. Rencana tindak lanjut strategis telah dirumuskan untuk memastikan keberlanjutan dan pendalaman dampak. Secara jangka pendek, tindak lanjut paling mendesak adalah kembali ke lokasi untuk mengimplementasikan solusi teknis yang ditemukan, yaitu memasang kain flanel untuk optimalisasi pemerataan air dan mengevaluasi ulang kebutuhan logistik rockwool. Beranjak ke jangka menengah, fokus akan bergeser dari transfer kompetensi ke guru, menjadi diseminasi kompetensi dari guru ke siswa. Tim

pengabdian akan mendampingi para guru dalam menyusun Rencana Pelaksanaan Pembelajaran (RPP) berbasis PjBL menggunakan Eco Tower, sekaligus mulai merealisasikan gagasan "air wudhu" dari konsep menjadi prototipe fungsional. Adapun tujuan jangka panjangnya adalah membangun ekosistem STEM yang mandiri di sekolah. Hal ini mencakup peningkatan skala (scaling up), di mana sekolah didorong untuk memperbanyak unit Eco Tower, serta memposisikan SMP Islam Sabilurrosyad sebagai sekolah percontohan (best practice) bagi implementasi STEM yang inovatif dan terintegrasi dengan nilai-nilai keislaman di Kota Malang.

BAB 5 PENUTUP

A. KESIMPULAN

Berdasarkan pelaksanaan kegiatan dan diskusi yang telah diuraikan, dapat ditarik kesimpulan yang secara langsung menjawab rumusan masalah. Pertama, peningkatan kompetensi praktis STEM (khususnya dalam domain Enjiniring dan Teknologi) bagi guru-guru SMP Islam Sabilurrosyad telah berhasil dicapai secara efektif. Peningkatan ini terwujud melalui metode lokakarya partisipatif (PAR), di mana para guru tidak hanya menerima teori tetapi terlibat langsung dalam proses perakitan (enjiniring) dan pemecahan masalah (troubleshooting) perangkat. Kedua, kegiatan ini telah berhasil mengimplementasikan sebuah media pembelajaran yang aplikatif, kontekstual, dan solutif, yaitu Eco Tower Hidroponik. Media ini terbukti menjadi jawaban konkret atas kendala faktual sekolah, yakni keterbatasan lahan (lahan sempit). Ketiga, pengabdian ini juga sukses mengenalkan konsep teknologi tepat guna yang diintegrasikan secara inovatif dengan potensi kearifan lokal (gagasan pemanfaatan air wudhu), yang menjadikan Eco Tower ini bukan sekadar produk hibah, melainkan sebuah model pembelajaran berbasis proyek (PjBL) yang relevan dan sarat nilai bagi sekolah.

B. REKOMENDASI

Berdasarkan kesimpulan dan temuan di lapangan, beberapa rekomendasi dirumuskan untuk keberlanjutan program. Pertama, bagi mitra (SMP Islam Sabilurrosyad), diharapkan para guru yang telah terlatih dapat secara aktif menginternalisasikan kompetensi ini dan mengintegrasikannya ke dalam Rencana Pelaksanaan Pembelajaran (RPP) mata pelajaran IPA atau Prakarya. Dengan demikian, Eco Tower dapat difungsikan sebagai media permanen untuk Pembelajaran Berbasis Proyek (PjBL) bagi siswa. Pihak sekolah juga disarankan untuk mengalokasikan sumber daya demi perawatan rutin dan mempertimbangkan peningkatan skala (scaling up) unit Eco Tower untuk memperluas program penghijauan.

Kedua, bagi tim pengabdian selanjutnya, rekomendasi prioritas utama adalah merealisasikan gagasan inovatif pemanfaatan air wudhu menjadi prototipe fungsional, yang akan berfokus pada aspek enjiniring (rekayasa) sistem filtrasi dan

pompa. Tim selanjutnya juga harus menindaklanjuti temuan teknis siklus ini dengan menyertakan kain flanel sebagai komponen standar dan mengkalkulasi ulang kebutuhan rockwool secara akurat. Akhirnya, fokus program dapat digeser dari transfer kompetensi ke guru (yang telah tercapai) menjadi diseminasi dari guru ke siswa, melalui pendampingan bagi guru dalam melatih kader siswa untuk mengelola Eco Tower secara mandiri.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] D. B. Mallory, *Participatory Action Research*. 2024. doi: 10.4337/9781803921761.00093.
- [2] J. Merçon, *Participatory Action Research (Latin American tradition)*. 2024. doi: 10.4337/9781035317967.ch80.
- [3] J. Springett, T. Cook, and K. Kongats, *Participatory action research as a core research approach to health promotion*, vol. 3. 2023. doi: 10.1007/978-3-031-20401-2_18.
- [4] G. Walker and B. Suter, *Participatory action research and migration*. 2025. doi: 10.4337/9781035300389.ch138.
- [5] S. Long, D. Penny, S. Gold, and W. Harding, *A Shared Vision: Using Action Research for Work Culture Change in a Cardiology Department*, vol. Part F4356. 2010. doi: 10.1057/9780230274341_14.
- [6] H. Bradley, *Participatory action research in pharmacy practice*. 2015. doi: 10.1007/978-3-319-14672-0_6.
- [7] C. Cusack, B. Cohen, J. Mignone, M. J. Chartier, and Z. Lutfiyya, "Participatory action as a research method with public health nurses," *J Adv Nurs*, vol. 74, no. 7, pp. 1544–1553, 2018, doi: 10.1111/jan.13555.
- [8] T. E. Benjamin-Thomas, A. M. Corrado, C. McGrath, D. L. Rudman, and C. Hand, "Working Towards the Promise of Participatory Action Research: Learning From Ageing Research Exemplars," *Int J Qual Methods*, vol. 17, no. 1, 2018, doi: 10.1177/1609406918817953.
- [9] J. Carasco, N. Clair, and L. Kanyike, *Enhancing dialogue among researchers, policy makers, and community members in Uganda: Complexities, possibilities, and persistent questions*. 2003. doi: 10.4324/9780203463376.
- [10] L. O. de Sousa, E. A. Hay, S. P. Raath, A. A. Fransman, and B. W. Richter, "Shifting gears: Lessons learnt from critical, collaborative, self-reflection on community-based research," *Educational Research for Social Change*, vol. 10, no. 1, pp. 70–82, 2021, doi: 10.17159/2221-4070/2021/v10i1a5.

- [11] M. E. B. Ponce, Y. B. V. Ozaeta, J. L. M. Briones, and I. M. S. Azúa, “Participatory action research (iap) as a methodology in community projects | Investigación acción participativa (iap) como metodología en proyectos comunitarios,” *Salud Ciencia Y Tecnologia*, vol. 5, 2025, doi: 10.56294/saludcyt20251722.
- [12] P. Day, *An Engagement Strategy for Community Network Research and Design*, vol. I. 2009. doi: 10.4018/978-1-60566-264-0.ch006.
- [13] D. G. Lodwick and D. E. Morrison, *Appropriate technology*. 2019. doi: 10.4324/9780429305153-6.
- [14] L. Wahdah and M. Maryono, “Urban Farming Management System in Semarang City,” in *E3s Web of Conferences*, 2018. doi: 10.1051/e3sconf/20187303023.
- [15] C. Augustine, K. Balaji, S. V. Dharanikumar, and A. J. Anand, *Urban farming: Case study*. 2023.