

# Optimalisasi Pembelajaran Berbasis STEM Melalui Media Edukasi Mekanikal Pembangkit Listrik Tenaga Air: Solusi Inovatif Bagi Guru Pendidikan Dasar

Muhammad Abdul Wahid<sup>1</sup>, Linda Indiyarti Putri<sup>2\*</sup>, Gilar Pandu Annanto<sup>3</sup>, Erik Firmansyah<sup>4</sup>, Irvandianto Nugroho<sup>5</sup>, Sandif Prasetyo<sup>6</sup>, Lisa Nurul Qoniah<sup>7</sup>

<sup>1,3,4,5,6</sup> Program Studi Teknik Mesin, Universitas Wahid Hasyim, Indonesia

<sup>2,7</sup> Prodi Pendidikan Guru Madrasah Ibtidaiyah, Universitas Wahid Hasyim, Indonesia

email: <sup>1</sup>[mabdulwahid@unwahas.ac.id](mailto:mabdulwahid@unwahas.ac.id), <sup>2\*</sup>[lindaputri@unwahas.ac.id](mailto:lindaputri@unwahas.ac.id),

<sup>3</sup>[gilarpanduannanto@unwahas.ac.id](mailto:gilarpanduannanto@unwahas.ac.id), <sup>4</sup>[erikbeater82@gmail.com](mailto:erikbeater82@gmail.com), <sup>5</sup>[lrwannug215@gmail.com](mailto:lrwannug215@gmail.com),

<sup>6</sup>[ixdsandif@gmail.com](mailto:ixdsandif@gmail.com), <sup>7</sup>[lisa.lnqa@gmail.com](mailto:lisa.lnqa@gmail.com)

## Abstrak:

Pembelajaran berbasis STEM mampu memberikan peningkatan pemahaman signifikan jika diterapkan secara relevan dengan alat peraga edukatif. Program pengabdian ini bertujuan mengevaluasi efektivitas mainan mekanikal edukatif berbasis pembangkit listrik tenaga air untuk meningkatkan pemahaman peserta didik tentang konsep kelistrikan serta kompetensi guru dalam pembelajaran berbasis STEM. Menggunakan pendekatan Asset-Based Community Development (ABCD), program ini memanfaatkan potensi lokal untuk mendukung keberlanjutan kegiatan. Tahapan program meliputi identifikasi aset, pelatihan guru, implementasi alat peraga, serta evaluasi hasil. Sebanyak 30 peserta guru mitra dilibatkan sebagai subjek dalam program ini. Hasil evaluasi menunjukkan peningkatan signifikan pada pemahaman peserta didik (rerata nilai pre-test 60 meningkat menjadi 85;  $p < 0,01$ ) setelah penggunaan alat peraga. Kompetensi guru dalam merancang dan menerapkan pembelajaran berbasis STEM juga mengalami peningkatan substansial, terutama dalam memahami konsep STEM, merancang pembelajaran, serta menggunakan alat peraga secara efektif. Program ini menunjukkan bahwa mainan mekanikal edukatif mampu meningkatkan keterlibatan kelas, pemahaman konseptual, serta kepercayaan diri guru dalam mengintegrasikan STEM ke dalam kurikulum. Namun, diperlukan pendampingan berkelanjutan untuk mengoptimalkan penggunaan alat dan meningkatkan kualitas perangkat. Hasil program ini diharapkan menjadi model yang dapat diadaptasi di sekolah lain untuk mendukung transformasi pembelajaran abad ke-21 yang lebih inovatif dan inklusif.

**Kata Kunci:** STEM, Mainan Mekanikal Edukatif, Kompetensi Guru, Konsep Kelistrikan.

## 1. PENDAHULUAN

Pendidikan adalah kunci utama dalam membangun generasi yang mampu menghadapi tantangan global di era ekonomi berbasis pengetahuan. Indonesia, yang akan memasuki masa bonus demografi pada 2030–2040, memiliki peluang besar untuk mendorong pertumbuhan ekonomi jika mampu mengelola sumber daya manusianya dengan baik melalui pendidikan yang berkualitas [1]. Bloom dan Finlay dalam kajiannya menyatakan bahwa perubahan demografi, khususnya peningkatan proporsi penduduk usia produktif akibat menurunnya tingkat fertilitas, berkontribusi signifikan terhadap pertumbuhan ekonomi di Asia, menunjukkan bahwa bonus demografi dapat menjadi faktor utama dalam mendorong pembangunan ekonomi jika didukung oleh kebijakan yang tepat, termasuk dalam sektor pendidikan [2]. Dalam hal ini, pendidikan berbasis STEM (*Science, Technology, Engineering, and Mathematics*) menjadi salah satu pendekatan paling efektif untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis, pemecahan masalah, dan inovasi pada peserta didik. Namun, tidak

semua sekolah, terutama di tingkat dasar, memiliki kemampuan dan sumber daya untuk menerapkan pendidikan berbasis STEM secara optimal. Kesenjangan ini menjadi masalah serius yang harus diatasi agar bonus demografi tidak berubah menjadi bencana demografi.

Banyak penelitian telah menunjukkan bahwa pendidikan STEM mampu meningkatkan pemahaman peserta didik terhadap konsep-konsep ilmiah sekaligus menanamkan keterampilan praktis sejak usia dini. Misalnya, pendekatan berbasis permainan atau alat peraga interaktif terbukti efektif dalam meningkatkan minat dan keterlibatan peserta didik dalam pembelajaran. Tidak hanya itu, penggunaan alat bantu pendidikan seperti mainan mekanikal juga memberikan peserta didik pengalaman belajar yang lebih mendalam dan menyenangkan [3], [4]. Dalam program ini, pendekatan berbasis alat peraga mekanikal Pembangkit Listrik Tenaga Air akan diterapkan untuk membantu peserta didik memahami konsep kelistrikan secara lebih konkret. Alat ini dirancang agar peserta didik dapat melakukan eksplorasi langsung mengenai cara kerja pembangkitan energi listrik dari air, yang selaras dengan prinsip pembelajaran berbasis STEM. Selain itu, guru akan diberikan pelatihan mengenai pemanfaatan alat peraga ini dalam pembelajaran agar dapat meningkatkan efektivitas pengajaran mereka. Dengan metode ini, diharapkan peserta didik tidak hanya memahami teori kelistrikan tetapi juga mengembangkan keterampilan pemecahan masalah dan berpikir kritis melalui pengalaman belajar yang interaktif.

Sayangnya, penerapan pendidikan STEM di Indonesia masih menghadapi berbagai kendala. Salah satu tantangan terbesar adalah minimnya ketersediaan alat peraga dan media pembelajaran yang mendukung pengajaran STEM, terutama di sekolah-sekolah dengan keterbatasan fasilitas [5], [6]. Selain itu, banyak guru belum memiliki kompetensi yang memadai untuk menerapkan metode pembelajaran berbasis STEM. Hal ini juga dirasakan oleh MI Mitra dan MI sekitarnya di Semarang, di mana kurikulum dan sarana pendukung untuk pendidikan STEM masih sangat terbatas. Padahal, guru di madrasah ini sudah mulai menyadari pentingnya pendekatan STEM dalam meningkatkan kualitas pendidikan.

Gamifikasi dan media pembelajaran interaktif mulai menarik perhatian sebagai pendekatan inovatif dalam pendidikan STEM. Beberapa penelitian mengungkapkan bahwa pembelajaran berbasis permainan mampu meningkatkan motivasi dan kepercayaan diri peserta didik, terutama di bidang yang mereka anggap sulit seperti sains dan matematika [7]. Selain itu, mainan edukatif berbasis STEM, seperti mainan mekanikal, memberikan pengalaman belajar yang lebih nyata dan relevan dengan kehidupan sehari-hari peserta didik [8]. Hal ini penting, mengingat peserta didik di usia dini cenderung lebih mudah memahami konsep melalui praktik langsung daripada penjelasan teoritis semata. Mainan mekanikal, sebagai salah satu bentuk media pembelajaran interaktif, memiliki potensi besar untuk mendukung pembelajaran STEM di tingkat dasar. Dengan memanfaatkan mainan ini, peserta didik dapat mempelajari konsep-konsep kompleks seperti energi listrik dengan cara yang sederhana dan menyenangkan [9]. Tidak hanya untuk peserta didik, alat ini juga membantu guru dalam menjelaskan materi yang abstrak, sehingga meningkatkan efektivitas proses pembelajaran. Penggunaan alat peraga ini telah terbukti mampu meningkatkan keterlibatan peserta didik sekaligus mendorong kolaborasi dan kreativitas di dalam kelas [10].

Meskipun berbagai program telah menunjukkan manfaat alat peraga berbasis STEM, sebagian besar implementasi masih berfokus pada konteks pendidikan di negara-negara maju. Kegiatan pengabdian yang secara khusus mengembangkan dan menerapkan alat peraga seperti mainan mekanikal di sekolah-sekolah dengan keterbatasan fasilitas, seperti di Indonesia, masih relatif jarang [10]. Selain itu, penerapan pendidikan STEM di madrasah, yang memiliki kurikulum dan kebutuhan khusus, juga belum banyak mendapat perhatian. Padahal, penerapan STEM di lingkungan madrasah sangat penting untuk memastikan bahwa pendidikan berbasis sains dan teknologi dapat diakses oleh semua lapisan masyarakat, termasuk peserta didik di madrasah. MI di Semarang Timur memiliki keterbatasan dalam akses terhadap alat peraga

interaktif dan kurangnya pelatihan guru dalam penerapan pembelajaran berbasis STEM. Guru-guru di madrasah ini menghadapi tantangan dalam mengajarkan konsep-konsep sains secara konkret akibat minimnya fasilitas laboratorium dan media pembelajaran yang mendukung eksplorasi langsung oleh peserta didik. Selain itu, siswa di MI ini menunjukkan minat yang tinggi terhadap pembelajaran berbasis eksperimen tetapi belum memiliki sarana yang memadai untuk mengembangkan keterampilan sains dan teknologi. Kegiatan pelatihan ini diharapkan mampu memenuhi kebutuhan mitra dan menawarkan model implementasi yang dapat direplikasi di sekolah lain, sehingga semakin banyak peserta didik yang mendapatkan manfaat dari pendekatan pendidikan berbasis STEM.

## 2. METODE

Program pengabdian kepada masyarakat dilaksanakan menggunakan metode *Asset Based Community Development* (ABCD). Metode ABCD dalam pengabdian masyarakat bertujuan untuk mengembangkan dan memberdayakan komunitas dengan memanfaatkan aset-aset yang sudah dimiliki oleh masyarakat itu sendiri yang menekankan pada potensi, kekuatan, dan sumber daya yang ada di dalam komunitas sebagai fondasi untuk mencapai perubahan dan pembangunan [11]; [12]. Tahapan yang dapat dilakukan dalam menerapkan metode ABCD diantaranya identifikasi aset komunitas, pemetaan aset (*asset mapping*), mobilisasi aset komunitas, kolaborasi dan pengembangan jaringan, penciptaan rencana aksi, implementasi dan monitoring, evaluasi dan pembelajaran berkelanjutan [13].

Sebanyak 30 guru mitra yang terlibat dalam program penyuluhan. Dalam konteks ini, tim pengabdian melaksanakan kegiatan yang disesuaikan dengan potensi dan aset yang dimiliki oleh mitra [14]. Tahapan pelaksanaan program pengabdian ini meliputi:

Tabel 1. Tahapan Program Pengabdian dengan metode ABCD

No	Tahapan	Kegiatan
1.	Identifikasi Aset Komunitas	Mengidentifikasi keterampilan dasar guru MI dalam pemahaman materi IPAS khususnya perubahan energi dan kebutuhan mereka terkait inovasi pembelajaran dengan melakukan observasi dan diskusi dengan pihak mitra, permasalahan yang perlu dipecahkan dalam kegiatan ini adalah perlunya memberikan wawasan inovasi pembelajaran IPAS berbasis STEM yang bisa mendukung penguatan pemahaman bagi peserta didik
2.	Pemetaan Aset	Membuat pemetaan pemahaman guru dan potensi permasalahan pembelajaran IPAS yang ada di Madrasah Ibtidaiyah.
3.	Mobilisasi Aset Komunitas	Menggerakkan guru-guru MI untuk ikut serta dalam kegiatan penyuluhan pemanfaatan alat peraga edukatif mekanikal yang tepat dalam mengimplementasikan pembelajaran berbasis STEM.
4.	Kolaborasi dan Pengembangan Jaringan	Membangun kerja sama dengan madrasah, lembaga pelatihan teknologi dengan menghadirkan dosen Fakultas Teknik Informatika sebagai pemateri, dan praktisi pendidikan untuk memperkuat ketercapaian tujuan.

5.	Penciptaan Rencana Aksi	Menyusun rencana penyuluhan, serta menentukan materi penguatan konsep STEM serta implementasi alat peraga edukatif mekanikal yang akan disampaikan kepada mitra.
6.	Implementasi dan Monitoring	a. Memberikan penyuluhan yang bertujuan untuk membekali para guru terkait: 1) konsep pembelajaran berbasis STEM 2) konsep perubahan energi, 3) penggunaan alat peraga edukatif mekanikal yang tepat. b. Praktik dan melakukan pendampingan pembelajaran berbasis STEM. Kegiatan ini bertujuan memonitor dan mengarahkan guru mitra dalam upaya memberikan inovasi pembelajaran kepada peserta didik.
7.	Evaluasi dan Pembelajaran Berkelanjutan	Melakukan evaluasi terhadap kegiatan penyuluhan kepada mitra (guru MI) dan dampak kegiatan terhadap peningkatan pemahaman guru.

### 3. HASIL

Madrasah Ibtidaiyah di wilayah Semarang Timur meskipun telah memiliki komitmen kuat untuk meningkatkan kualitas pendidikan, institusi ini menghadapi berbagai tantangan dalam mengimplementasikan pembelajaran berbasis STEM. Berdasarkan analisis awal, guru-guru di MI Semarang Timur (MI Mitra, MI Addaenuriyyah, dan MI Al Muta'allimin) belum memiliki kompetensi yang memadai dalam pembelajaran STEM, baik dari segi teori maupun praktik. Kurangnya pemahaman teknis tentang penerapan STEM membuat mitra kesulitan mengintegrasikan pendekatan ini ke dalam proses belajar IPAS. Hal ini menjadi salah satu hambatan utama yang perlu diatasi melalui program pengabdian ini.



Gambar 1. Tahapan identifikasi masalah, diskusi tim pengabdian dengan MI mitra tentang media edukasi mekanikal untuk menguatkan konsep STEM kepada guru

Selain keterbatasan kompetensi guru, MI mitra juga menghadapi kendala dalam hal sarana pembelajaran. Media pembelajaran yang tersedia di sekolah ini masih bersifat konvensional dan belum mendukung penerapan pembelajaran berbasis STEM. Alat peraga yang dimiliki sekolah tidak cukup untuk memberikan gambaran nyata atau kontekstual kepada peserta didik terkait materi-materi yang bersifat abstrak, seperti konsep kelistrikan dalam IPAS. Kondisi ini diperburuk dengan minimnya pelatihan bagi guru mengenai penggunaan media pembelajaran inovatif. Akibatnya, pembelajaran cenderung teoritis tanpa memberikan pengalaman langsung kepada peserta didik.

Pendekatan STEM, yang mengintegrasikan empat disiplin ilmu secara interdisipliner, belum menjadi bagian dari struktur kurikulum madrasah. Sebagian besar materi yang diajarkan masih terkotak-kotak dalam disiplin ilmu masing-masing, tanpa adanya koneksi antara sains, teknologi, teknik, dan matematika. Guru sering kesulitan menghubungkan materi dengan aplikasi nyata dalam kehidupan sehari-hari. Hal ini menjadi tantangan besar karena salah satu keunggulan pendidikan STEM adalah memberikan pemahaman holistik kepada peserta didik melalui konteks dunia nyata. Analisis kebutuhan menunjukkan bahwa MI mitra membutuhkan alat peraga yang relevan untuk mendukung pembelajaran berbasis STEM tersebut. Dengan demikian tim pengabdian dapat memetakan program yang sesuai dengan kebutuhan.

Media edukasi mekanikal berupa alat pembangkit listrik tenaga air dibuat tidak hanya berfungsi sebagai sarana pembelajaran, tetapi juga sebagai jembatan bagi guru untuk memahami pendekatan STEM secara praktis. Dengan alat ini, peserta didik diharapkan dapat belajar melalui eksplorasi langsung, yang pada gilirannya dapat meningkatkan kemampuan berpikir kritis. Selain itu, pendampingan kurikulum juga diharapkan dapat membuka jalan bagi MI mitra untuk mengintegrasikan pendidikan STEM secara lebih sistematis. Program ini tidak hanya akan memberikan manfaat jangka pendek, tetapi juga membangun fondasi untuk pengembangan pendidikan berbasis STEM di masa depan.



Gambar 2. Tahap implementasi, penyuluhan pembelajaran IPAS Berbasis STEM menggunakan Media Edukasi Mekanikal: Pembangkit Listrik Tenaga Air

Pengembangan mainan mekanikal edukatif bertujuan untuk menyediakan alat pembelajaran berbasis STEM yang dapat membantu peserta didik memahami konsep perubahan energi gerak, khususnya kelistrikan. Alat ini dirancang untuk mendemonstrasikan bagaimana energi mekanik dari aliran air dapat dikonversi menjadi energi listrik menggunakan turbin dan generator sederhana. Proses desain dimulai dengan pembuatan model menggunakan perangkat lunak Computer-Aided Design (CAD), memastikan setiap komponen dirancang sesuai spesifikasi. Setelah itu, dilakukan simulasi untuk menguji fungsi alat secara virtual, memastikan gerakan turbin, transmisi roda gigi, dan output listrik bekerja dengan baik. Tahapan desain ini penting untuk menghindari kesalahan produksi dan memaksimalkan efisiensi alat saat diimplementasikan.

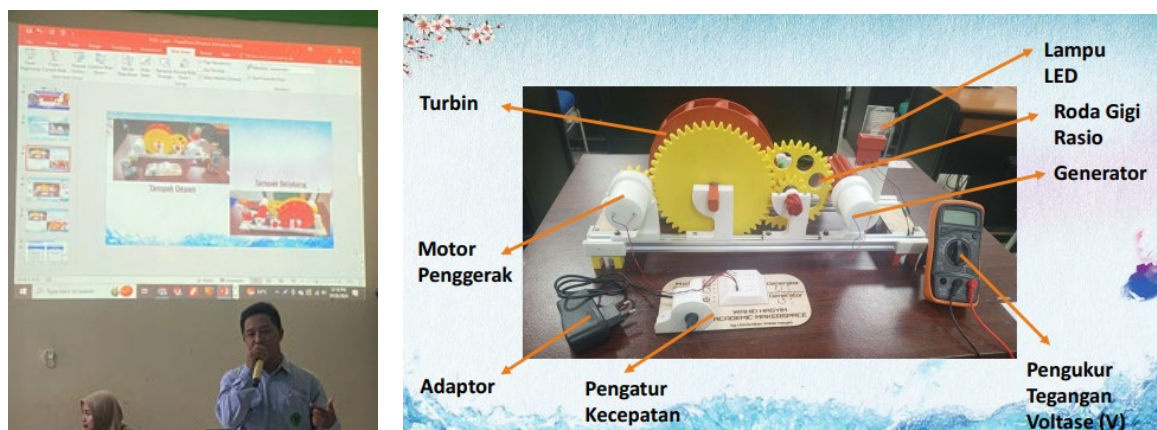
Setelah desain selesai, alat ini diproduksi menggunakan teknologi manufaktur modern seperti mesin pencetak 3D (3D printer) dan pemotong laser CO2. Material yang digunakan, seperti akrilik dan aluminium, dipilih untuk memastikan kekuatan dan daya tahan alat. Setiap komponen dirancang modular, memungkinkan peserta didik untuk membongkar dan memasang ulang bagian tertentu, seperti roda gigi pada transmisi atau magnet pada generator. Dengan fitur bongkar-pasang ini, peserta didik dapat mengeksplorasi berbagai konfigurasi alat



untuk memahami dampaknya terhadap efisiensi pembangkitan listrik. Tahapan manufaktur diakhiri dengan perakitan alat secara manual dan pengujian langsung untuk memastikan alat siap digunakan dalam pembelajaran. Fitur-Fitur Utama Mainan Mekanikal Edukatif:

1. Turbin Air Interaktif: turbin berputar saat dialiri air, menunjukkan proses konversi energi mekanik menjadi energi listrik.
2. Generator Mini: menghasilkan listrik dari gerakan turbin yang terhubung melalui sistem transmisi.
3. Komponen Modular: roda gigi dan transmisi dapat dibongkar-pasang untuk eksperimen peserta didik, memperlihatkan pengaruh perubahan konfigurasi terhadap kinerja alat.
4. Indikator Listrik: dilengkapi dengan lampu LED dan meteran arus-tegangan untuk menunjukkan keluaran listrik secara nyata.
5. Sistem Aman untuk peserta didik: Material yang digunakan ramah lingkungan dan aman untuk anak-anak, memastikan alat dapat digunakan dalam pengajaran dengan risiko minimal.

Fitur-fitur ini dirancang agar mitra tidak hanya mengamati, tetapi juga terlibat langsung dalam proses pembelajaran berbasis STEM. Melalui alat ini, konsep abstrak seperti energi, daya, dan efisiensi menjadi lebih konkret dan mudah dipahami.



Gambar 3. Visualisasi media edukasi mekanikal pembelajaran IPAS Berbasis STEM Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA)

Keterlibatan mitra sangat penting dalam pengembangan alat ini, terutama untuk memastikan alat sesuai dengan kebutuhan pembelajaran di MI Mitra. Guru-guru dari MI Mitra memberikan masukan selama tahap desain, terutama terkait kesesuaian alat dengan kurikulum mereka. Masukan dari guru juga membantu tim pengabdian menyesuaikan fitur alat agar lebih mudah digunakan oleh peserta didik sekolah dasar. Selain itu, keterlibatan mitra juga mencakup uji coba alat di lingkungan sekolah, di mana guru dan peserta didik memberikan umpan balik untuk penyempurnaan alat sebelum implementasi penuh. Dengan pengembangan alat ini, MI mitra dapat mengambil langkah konkret menuju implementasi pendidikan berbasis STEM yang lebih sistematis. Selain memberikan solusi terhadap tantangan pembelajaran STEM, alat ini juga memberikan pengalaman belajar yang menyenangkan dan interaktif bagi peserta didik. Dampak positifnya tidak hanya dirasakan oleh mitra, tetapi juga membuka peluang untuk memperluas model pembelajaran ini ke sekolah-sekolah lain dengan tantangan serupa. Program ini diharapkan dapat menjadi inspirasi bagi institusi pendidikan lain dalam

mengembangkan sarana pembelajaran inovatif yang mendukung pendidikan STEM di Indonesia.

Program pelatihan yang dilaksanakan bertujuan untuk meningkatkan kompetensi guru di MI mitra dalam mengimplementasikan pembelajaran berbasis STEM. Sebelum pelatihan, hasil analisis menunjukkan bahwa sebagian besar guru belum memahami konsep STEM, apalagi menerapkannya dalam pembelajaran. Pelatihan diawali dengan pengenalan teori dasar STEM, termasuk pendekatan interdisipliner yang mengintegrasikan sains, teknologi, teknik, dan matematika. Selanjutnya, guru diajak untuk memahami cara memanfaatkan alat mekanikal edukatif dalam pembelajaran, seperti alat pembangkit listrik tenaga air. Pendampingan juga dilakukan secara intensif untuk memastikan guru memahami penerapan alat ini dalam konteks kurikulum mereka.

Pendampingan terkait penyesuaian kurikulum dilakukan dengan mengintegrasikan tema-tema STEM ke dalam pembelajaran tematik yang sudah ada. Guru-guru dilatih untuk merancang pembelajaran yang memungkinkan peserta didik belajar melalui eksplorasi dan percobaan. Proses ini melibatkan identifikasi kompetensi dasar yang relevan dengan STEM serta pengembangan materi ajar yang mendukung pendekatan ini. Kurikulum yang disesuaikan juga mempertimbangkan keterbatasan sarana dan prasarana yang dimiliki MI mitra. Dengan pendampingan ini, guru dapat lebih percaya diri untuk merancang pembelajaran inovatif berbasis STEM. Berdasarkan hasil evaluasi, kegiatan penyuluhan menunjukkan peningkatan kompetensi guru secara signifikan. Sebelum mitra diberi penyuluhan, hanya sekitar 25% guru yang memahami dasar-dasar STEM, sementara setelah pelatihan, angka tersebut meningkat menjadi 85%. Keterampilan guru dalam merancang dan melaksanakan pembelajaran berbasis STEM juga mengalami peningkatan yang signifikan. Hal ini dapat dilihat dari hasil evaluasi pre-test dan post-test terhadap kompetensi guru yang disajikan dalam tabel berikut:

Tabel 2. Rekap prosentase angket peserta sebelum dan sesudah mengikuti kegiatan

Aspek Kompetensi	Pra-Pelatihan (%)	Pasca-Pelatihan (%)
Pemahaman Konsep STEM	25	85
Keterampilan Merancang Pembelajaran	30	80
Kemampuan Menggunakan Alat Peraga STEM	20	75
Kesiapan Mengintegrasikan Kurikulum	15	70

Peningkatan kompetensi ini memberikan dampak positif terhadap kesiapan guru dalam melaksanakan pembelajaran berbasis STEM. Dengan memahami urgensi STEM, guru mulai berinovasi untuk mengintegrasikan alat mekanikal edukatif ke dalam pembelajaran. Dalam uji coba di kelas, guru dapat memandu peserta didik menggunakan alat untuk memahami konsep kelistrikan. Hasil observasi menunjukkan peserta didik lebih antusias dan aktif selama pembelajaran berlangsung. Guru juga mulai mampu membuat penyesuaian kurikulum yang mendukung pembelajaran STEM secara berkelanjutan. Dampak dari peningkatan kompetensi ini juga meluas ke peserta didik, yang mendapatkan pengalaman belajar yang lebih kontekstual dan interaktif. Dengan menggunakan alat peraga STEM, peserta didik dapat lebih memahami hubungan antara teori dan praktik. Hal ini tidak hanya meningkatkan hasil belajar peserta didik, tetapi juga memotivasi guru untuk terus mengembangkan pembelajaran berbasis STEM.

Implementasi alat pembangkit listrik tenaga air di MI mitra mendapatkan respons positif dari peserta didik dan guru. Berdasarkan observasi di kelas, peserta didik menunjukkan antusiasme yang tinggi selama proses pembelajaran menggunakan alat ini. Peserta didik terlihat aktif mencoba memutar turbin, mengganti roda gigi, dan mengamati perubahan output listrik melalui lampu LED. Salah satu peserta didik mengatakan, "Alat ini membuat pelajaran lebih menyenangkan, karena saya bisa langsung melihat bagaimana listrik dibuat." Guru juga

mengungkapkan bahwa alat ini membantu peserta didik memahami konsep kelistrikan yang sebelumnya sulit dipahami. “Biasanya mereka bingung membayangkan bagaimana listrik dihasilkan, tapi dengan alat ini mereka langsung bisa melihat prosesnya,” ujar salah satu guru mata pelajaran IPA.

Pendampingan terhadap guru juga menunjukkan dampak yang signifikan. Guru diberikan pelatihan tentang penggunaan alat, mulai dari prinsip kerja hingga cara memanfaatkannya dalam pembelajaran berbasis STEM. Dalam wawancara, seorang guru mengatakan, “Saya merasa lebih percaya diri untuk mengajarkan kelistrikan karena alat ini sangat membantu memberikan visualisasi nyata.” Observasi selama pendampingan menunjukkan peningkatan kemampuan guru dalam memandu peserta didik menggunakan alat, dari awalnya hanya 30% guru yang merasa mampu, meningkat menjadi 80%. Selain itu, guru juga mulai merancang aktivitas berbasis proyek dengan memanfaatkan alat ini, sehingga pembelajaran menjadi lebih menarik dan kontekstual. Untuk mengukur efektivitas alat, dilakukan evaluasi dengan uji statistik menggunakan *paired t-test*. Hasil pre-test dan post-test peserta didik pada pemahaman konsep kelistrikan menunjukkan peningkatan yang signifikan.



Gambar 4. Implementasi efektivitas media pembelajaran mekanikal pembelajaran IPAS Berbasis STEM Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA)

Rata-rata nilai peserta didik sebelum menggunakan alat adalah 60, sedangkan setelah menggunakan alat meningkat menjadi 85. Hasil analisis statistik menunjukkan nilai *t* sebesar 9,45 dengan *p-value* < 0,01, yang berarti perbedaan tersebut signifikan secara statistik. Tabel berikut menunjukkan hasil uji statistiknya:

Tabel 3. Tabel deskripsi efektivitas pemahaman mitra sebelum dan sesudah mengikuti kegiatan penyuluhan

Aspek	Mean Pra-Intervensi	Mean Pasca-Intervensi	t-Value	p-Value
Pemahaman Konsep Kelistrikan	60	85	9,45	< 0,01

Peserta didik juga memberikan umpan balik positif terkait alat tersebut. Dalam wawancara, seorang peserta didik mengatakan, “Saya jadi lebih paham kenapa roda gigi penting untuk menghasilkan listrik. Kalau roda giginya besar, turbin jadi lebih lambat, tapi lampunya masih menyala.” Hal ini menunjukkan bahwa alat ini tidak hanya membantu peserta didik memahami teori, tetapi juga mengajarkan mereka prinsip-prinsip dasar teknik. Observasi



menunjukkan peserta didik lebih aktif berdiskusi dan bertanya saat menggunakan alat, dibandingkan dengan pembelajaran berbasis ceramah sebelumnya. Namun, implementasi alat ini juga menemui beberapa tantangan. Guru mengungkapkan bahwa beberapa peserta didik membutuhkan waktu lebih lama untuk memahami cara kerja alat, terutama dalam mengganti roda gigi. “Ada beberapa anak yang masih bingung waktu disuruh mengganti roda gigi, mungkin perlu pendampingan lebih intensif,” ujar salah satu guru. Selain itu, diperlukan penyesuaian lebih lanjut pada alat agar lebih tahan lama, mengingat alat sering digunakan oleh peserta didik dalam kegiatan praktikum. Tim pengabdian mencatat masukan ini untuk pengembangan alat di masa mendatang.

Secara keseluruhan, program ini memberikan dampak positif yang signifikan terhadap pembelajaran berbasis STEM di MI mitra. Peserta didik mendapatkan pengalaman belajar yang lebih interaktif, sementara guru merasa lebih percaya diri dalam mengajarkan konsep kelistrikan. Hasil uji statistik menunjukkan bahwa alat ini efektif meningkatkan pemahaman peserta didik. Dengan keberhasilan ini, MI mitra diharapkan dapat menjadi model penerapan pendidikan STEM yang inovatif, serta membuka peluang replikasi program di sekolah-sekolah lain dengan tantangan serupa.

Pendidikan berbasis STEM telah menjadi kebutuhan mendesak di Indonesia, terutama dalam mempersiapkan generasi muda menghadapi tantangan abad ke-21. Namun, implementasi pendekatan ini masih terhambat di banyak sekolah dasar, termasuk MI Mitra, Semarang. Guru-guru di sekolah ini belum memiliki kemampuan memadai dalam mengintegrasikan STEM ke dalam pembelajaran sehari-hari, sedangkan kurikulum dan media pembelajaran masih sangat konvensional [5], [6]. Padahal, pendidikan STEM bukan hanya membantu peserta didik memahami teori, tetapi juga mengasah kreativitas, keterampilan berpikir kritis, dan pemecahan masalah [15], [16]. Penelitian ini berfokus pada pengembangan mainan mekanikal edukatif, yakni alat pembangkit listrik tenaga air, yang dirancang untuk menjembatani kesenjangan tersebut dan memberikan pengalaman belajar yang lebih interaktif bagi peserta didik serta meningkatkan kompetensi guru.

Pelatihan intensif yang dilakukan berhasil meningkatkan kompetensi guru secara signifikan. Sebelum program ini dimulai, hanya sekitar 25% guru memahami dasar-dasar STEM, namun setelah pelatihan, angka tersebut melonjak hingga 85%. Keterampilan guru dalam merancang pembelajaran juga meningkat, dari 30% menjadi 80%, menunjukkan bahwa pendampingan yang menyeluruh sangat efektif [4], [17]. Hal ini membuktikan bahwa pelatihan berbasis praktik dapat memotivasi guru untuk lebih percaya diri mengadopsi pendekatan STEM dalam kelas mereka [18], [19]. Guru tidak hanya memahami teori, tetapi juga mampu menggunakan alat peraga secara maksimal untuk menciptakan pembelajaran yang menarik dan relevan.

Peserta didik menunjukkan respons yang luar biasa selama menggunakan mainan mekanikal ini. Mereka aktif bereksperimen, mengganti roda gigi, memutar turbin, dan mempelajari hubungan antara gerakan mekanik dan listrik. Pemahaman peserta didik terhadap konsep kelistrikan meningkat drastis, dibuktikan dengan kenaikan rata-rata nilai dari 60 menjadi 85 setelah intervensi, dengan hasil statistik menunjukkan perbedaan yang signifikan ( $p < 0,01$ ). Alat ini tidak hanya membuat pelajaran lebih menyenangkan, tetapi juga menjadikan konsep-konsep fisika yang kompleks lebih mudah dicerna [7], [20]. Peserta didik bahkan memberikan umpan balik positif, menyebutkan bahwa alat ini membantu mereka memahami bagaimana teori dapat diterapkan dalam kehidupan nyata [8], [21].

Temuan penelitian ini sejalan dengan studi sebelumnya yang menunjukkan bahwa media pembelajaran interaktif dapat meningkatkan pemahaman konsep dan keterlibatan peserta didik secara signifikan [3], [22]. Pendekatan berbasis permainan dan eksplorasi, seperti yang diterapkan melalui alat pembangkit listrik tenaga air, terbukti efektif untuk memotivasi peserta didik dalam memahami konsep STEM yang sering dianggap rumit [10], [23]. Modul

modular pada alat ini, yang memungkinkan peserta didik untuk membongkar dan merakit ulang komponen, juga mendukung temuan bahwa manipulasi langsung dapat meningkatkan keterampilan berpikir kritis dan pemecahan masalah [24], [25].

Namun, ada beberapa hal yang berbeda dari penelitian lain. Misalnya, beberapa studi melaporkan bahwa alat peraga STEM terkadang kurang efektif jika digunakan tanpa dukungan pelatihan guru yang intensif [5], [26], [27]. Dalam penelitian ini, keberhasilan justru sangat dipengaruhi oleh keterlibatan aktif guru selama pelatihan, yang memberikan efek domino pada peserta didik [28]. Selain itu, tidak ditemukan adanya kesenjangan gender dalam penggunaan alat ini, berbeda dengan beberapa penelitian lain yang menunjukkan perbedaan partisipasi antara peserta didik laki-laki dan perempuan dalam pembelajaran STEM [25], [29]. Desain alat yang inklusif dan sederhana tampaknya menjadi faktor penting dalam hal ini.

Keberhasilan alat ini tidak lepas dari desainnya yang sesuai dengan kebutuhan peserta didik dan guru. Fitur modular memungkinkan peserta didik belajar melalui eksperimen langsung, sehingga mereka tidak hanya mempelajari konsep tetapi juga mengalami prosesnya secara nyata. Selain itu, pelatihan intensif bagi guru memastikan bahwa alat ini digunakan secara optimal dalam proses pembelajaran [9], [30]. Hal ini menunjukkan pentingnya pendekatan holistik dalam pendekatan STEM, yang tidak hanya mengandalkan alat peraga, tetapi juga meningkatkan kapasitas guru sebagai fasilitator pembelajaran.

Meskipun hasilnya menggembirakan, ada beberapa tantangan yang perlu dicermati. Misalnya, beberapa peserta didik membutuhkan waktu lebih lama untuk memahami cara kerja alat, terutama dalam mengganti konfigurasi roda gigi. Selain itu, alat ini memerlukan perbaikan dari sisi daya tahan, mengingat frekuensi penggunaannya yang tinggi [26], [31]. Untuk implementasi lebih luas, perlu juga dipertimbangkan bagaimana alat ini dapat diadaptasi untuk berbagai konteks sekolah dengan keterbatasan sumber daya. Namun, secara keseluruhan, program ini memberikan harapan besar untuk mengatasi tantangan pendidikan STEM di Indonesia.

Keberhasilan program ini memberikan gambaran bahwa pendekatan STEM yang kreatif dapat diterapkan secara efektif bahkan di sekolah dengan keterbatasan sumber daya. Selain meningkatkan pemahaman peserta didik, program ini juga memperkuat kompetensi guru dan membuka peluang untuk penerapan kurikulum STEM yang lebih sistematis [15], [16]. Dengan melibatkan berbagai pihak—pendidik, akademisi, dan pembuat kebijakan—program serupa dapat direplikasi di sekolah lain untuk mendukung transformasi pendidikan di Indonesia. Langkah ini tidak hanya berkontribusi pada pengembangan individu peserta didik, tetapi juga memperkuat kesiapan bangsa dalam memanfaatkan potensi bonus demografi secara maksimal [32], [33].

#### 4. KESIMPULAN DAN SARAN

Program pengabdian ini berhasil meningkatkan pemahaman peserta didik terhadap konsep kelistrikan serta memperkuat kompetensi guru dalam pembelajaran berbasis STEM melalui penggunaan media edukasi mekanikal “Pembangkit Listrik Tenaga Air”. Hasil evaluasi menunjukkan peningkatan signifikan dalam pemahaman peserta didik dilihat dari rata-rata pre-test 60 menjadi 85,  $p < 0,01$  serta peningkatan keterampilan guru dalam merancang dan menerapkan pembelajaran STEM (dari 25% menjadi 85%). Program ini membuktikan bahwa pendekatan berbasis alat peraga interaktif dapat meningkatkan efektivitas pembelajaran, meskipun di lingkungan dengan keterbatasan sumber daya. Namun, masih terdapat tantangan dalam pemerataan pemahaman peserta didik serta daya tahan alat yang perlu ditingkatkan. Oleh karena itu, pendampingan berkelanjutan bagi guru, pengembangan alat yang lebih tahan lama, serta replikasi model ini di sekolah lain disarankan untuk memastikan dampak yang lebih luas dan berkelanjutan dalam meningkatkan kualitas pembelajaran berbasis STEM.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Kami mengucapkan terima kasih kepada LPPM Universitas Wahid Hasyim atas dukungan dan fasilitasi, termasuk pendanaan melalui dana hibah pengabdian kepada masyarakat tahun 2024, yang memungkinkan terlaksananya program ini. Ucapan terima kasih juga kami sampaikan kepada mitra dari MI Kota Semarang Timur, yaitu MI Taufiqiyah, MI Addaenuriyyah, dan MI Al Muta'allimin, atas kerja sama, partisipasi aktif, dan antusiasme yang luar biasa selama kegiatan berlangsung. Semoga kolaborasi ini memberikan manfaat yang berkelanjutan bagi pengembangan pendidikan berbasis STEM di lingkungan madrasah.

## REFERENCE

- [1] R. A. Susianita and L. P. Riani, "Pendidikan Sebagai Kunci Utama Dalam Mempersiapkan Generasi Muda Ke Dunia Kerja Di Era Globalisasi".
- [2] D. E. Bloom and J. E. Finlay, "Demographic Change and Economic Growth in Asia," *Asian Economic Policy Review*, vol. 4, no. 1, pp. 45–64, Jun. 2009, doi: 10.1111/j.1748-3131.2009.01106.x.
- [3] F. B. Rahimi and B. Kim, "Learning Through Redesigning a Game in the STEM Classroom," *Simul. Gaming*, vol. 52, no. 6, pp. 753–774, 2021, doi: 10.1177/10468781211039260.
- [4] A. Widiyatmoko, R. Nugrahani, A. Yanitama, and M. S. Darmawan, "THE EFFECT OF VIRTUAL REALITY GAME-BASED LEARNING TO ENHANCE STEM LITERACY IN ENERGY CONCEPTS," *J. Pendidikan IPA Indones.*, vol. 12, no. 4, pp. 648–657, 2023, doi: 10.15294/jpii.v12i4.48265.
- [5] N. Diana, Turmudi, and Yohannes, "Analysis of teachers' difficulties in implementing STEM approach in learning: a study literature," presented at the Journal of Physics: Conference Series, 2021, p. 012219. doi: 10.1088/1742-6596/1806/1/012219.
- [6] N. F. Sulaeman, P. D. A. Putra, and Y. Kumano, "Towards Integrating STEM Education into Science Teacher Preparation Programmes in Indonesia: A Challenging Journey," in *Concepts and Practices of STEM Education in Asia*, Springer Nature Singapore, 2022, pp. 237–252. doi: 10.1007/978-981-19-2596-2\_13.
- [7] Y. Gui, Z. Cai, Y. Yang, L. Kong, X. Fan, and R. H. Tai, "Effectiveness of digital educational game and game design in STEM learning: a meta-analytic review," *Int. J. STEM Educ.*, vol. 10, no. 1, 2023, doi: 10.1186/s40594-023-00424-9.
- [8] J. Yu, A. R. Denham, and E. Searight, "A systematic review of augmented reality game-based Learning in STEM education," *Educ. Technol. Res. Dev.*, vol. 70, no. 4, pp. 1169–1194, 2022, doi: 10.1007/s11423-022-10122-y.
- [9] K. J. Newton, J. Leonard, A. Buss, C. G. Wright, and J. Barnes-Johnson, "Informal STEM: learning with robotics and game design in an urban context," *J. Res. Technol. Educ.*, vol. 52, no. 2, pp. 129–147, 2020, doi: 10.1080/15391523.2020.1713263.
- [10] M. Tramonti *et al.*, "Game on for Climate Action: Big Game Delivers Engaging STEM Learning," *Educ. Sci.*, vol. 14, no. 8, 2024, doi: 10.3390/educsci14080893.
- [11] M. M. Al-Kautsari, "Asset-Based Community Development : Strategi Pengembangan Masyarakat," *Empower: Jurnal Pengembangan Masyarakat Islam*, vol. 4, no. 2, pp. 259–278, 2019, doi: 10.24235/empower.v4i2.4572.
- [12] M. Ahmad, "Asset Based Communities Development (Abcd): Tipologikkn Partisipatif Uin Sunan Kalijaga Studi Kasus Pelaksanaan KKN ke-61 di Dusun Ngreco Surocolo,

- Selohardjo Pundong, Bantul Tahun Akademik 2007,” *Aplikasia, Jurnal Aplikasi Ilmu-ilmu Agama*, vol. VIII, no. 2, p. 104.
- [13] M. Ahmad, “Asset Based Communities Development (ABCD): Tipologi KKN Partisipatif UIN Sunan Kalijaga Studi Kasus Pelaksanaan KKN ke-61 di Dusun Ngreco Surocolo, Selohardjo, Pundong, Bantul tahun Akademik 2007,” *Aplikasia*, vol. VIII, no. 2, pp. 104–113, 2007.
- [14] P. Nurhayati, M. Emilzoli, and D. Fu’adiah, “Peningkatan Keterampilan Penyusunan Modul Ajar Dan Modul Proyek Penguatan Profil Pelajar Pancasila Kurikulum Merdeka Pada Guru Madrasah Ibtidaiyah,” *JMM (Jurnal Masyarakat Mandiri)*, vol. 6, no. 5, pp. 1–9, 2022, doi: 10.31764/jmm.v6i5.10047.
- [15] D. Beede *et al.*, “Education Supports Racial and Ethnic Equality in STEM,” 2011. [Online]. Available: [www.esa.doc.gov/reports](http://www.esa.doc.gov/reports)
- [16] A. Doyan, A. S. Melita, and M. Makhrus, “Increasing Critical Thinking Skills Through the Development of STEM-Based Physics Learning Media on Temperature and Heat,” *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, vol. 9, no. 6, pp. 4096–4102, 2023, doi: 10.29303/jppipa.v9i6.3724.
- [17] A. Abouhashem, R. M. Abdou, J. Bhadra, N. Siby, Z. Ahmad, and N. J. Al-Thani, “Covid-19 inspired a stem-based virtual learning model for middle schools—a case study of Qatar,” *Sustainability*, vol. 13, no. 5, pp. 1–24, 2021, doi: 10.3390/su13052799.
- [18] A. M. Villa, Q. C. Sedlacek, and H. Y. Pope, “I DiG STEM: A Teacher Professional Development on Equitable Digital Game-Based Learning,” *Educ. Sci.*, vol. 13, no. 9, 2023, doi: 10.3390/educsci13090964.
- [19] D. Zhao *et al.*, “An Innovative Multi-Layer Gamification Framework for Improved STEM Learning Experience,” *IEEE Access*, vol. 10, pp. 3879–3889, 2022, doi: 10.1109/ACCESS.2021.3139729.
- [20] M. C. Johnson-Glenberg, H. Bartolomea, and E. Kalina, “Platform is not destiny: Embodied learning effects comparing 2D desktop to 3D virtual reality STEM experiences,” *J. Comput. Assisted Learn.*, vol. 37, no. 5, pp. 1263–1284, 2021, doi: 10.1111/jcal.12567.
- [21] C. Lindeman, “Informal STEM learning: Cultivating curiosity,” *Int. J. Sci. Math. Technol. Learn.*, vol. 27, no. 2, pp. 25–34, 2020, doi: 10.18848/2327-7971/CGP/V27I02/25-34.
- [22] A. Jamaludin and D. Hung, “Problem-solving for STEM learning: navigating games as narrativized problem spaces for 21st century competencies,” *Res. Pract. Technol. Enhanc. Learn.*, vol. 12, no. 1, 2017, doi: 10.1186/s41039-016-0038-0.
- [23] I. Hawkins, R. Ratan, D. Blair, and J. Fordham, “The Effects of Gender Role Stereotypes in Digital Learning Games on Motivation for STEM Achievement,” *J. Sci. Educ. Technol.*, vol. 28, no. 6, pp. 628–637, 2019, doi: 10.1007/s10956-019-09792-w.
- [24] J. Arlinwibowo, N. Ishartono, Y. Linguistika, and D. Purwoko, “GAMIFICATION IN THE STEM DOMAIN SUBJECT: THE PROSPECTIVE METHOD TO STRENGTHEN TEACHING AND LEARNING,” *J. Pendidikan IPA Indones.*, vol. 12, no. 4, pp. 562–572, 2023, doi: 10.15294/jpii.v12i4.48388.
- [25] E. F. Coyle and L. S. Liben, “Gendered Packaging of a STEM Toy Influences Children’s Play, Mechanical Learning, and Mothers’ Play Guidance,” *Child Dev.*, vol. 91, no. 1, pp. 43–62, 2020, doi: 10.1111/cdev.13139.
- [26] M. N. Mohammed Naaim and M. Karpudewan, “STEM-PT Traveler, a game-based approach for learning elements of the periodic table: an approach for enhancing secondary school students’ motivation for learning chemistry,” *Chem. Educ. Res. Pract.*, vol. 25, no. 4, pp. 1251–1267, 2024, doi: 10.1039/d4rp00032c.

- [27] O. A. Nugroho, B. Setiyawan, S. A. Wp, and M. Y. Hidayat, "Rancang Bangun Pembuatan Alat Peraga Kelistrikan dan Mekanik Kendaraan Motor 125 CC Untuk Pembelajaran Siswa Siswi SMK Ananda Mitra Industri Deltamas," vol. 7, no. 3, 2024.
- [28] A. D. I. Sari and N. W. Subayani, "Workshop Penyusunan Modul Ajar Kurikulum Merdeka di UPT SD Negeri 85 Gresik," vol. 7, no. 2, 2024.
- [29] M. C. S. Manzaneres, S. R. Arribas, C. P. Aguilar, and M. Á. Queiruga-Dios, "Effectiveness of self-regulation and serious games for learning stem knowledge in primary education," *Psicothema*, vol. 32, no. 4, pp. 516–524, 2020, doi: 10.7334/psicothema2020.30.
- [30] S. Psycharis and E. Kotzampasaki, "The impact of a stem inquiry game learning scenario on computational thinking and computer self-confidence," *Eurasia J. Math. Sci. Technol. Educ.*, vol. 15, no. 4, 2019, doi: 10.29333/ejmste/103071.
- [31] M. Gilliam *et al.*, "Alternate Reality Games as an Informal Learning Tool for Generating STEM Engagement among Underrepresented Youth: a Qualitative Evaluation of the Source," *J. Sci. Educ. Technol.*, vol. 26, no. 3, pp. 295–308, 2017, doi: 10.1007/s10956-016-9679-4.
- [32] D. P. Baker, J. Leon, E. G. Smith Greenaway, J. Collins, and M. Movit, "The Education Effect on Population Health: A Reassessment," *Population and Development Review*, vol. 37, no. 2, pp. 307–332, 2011, doi: 10.1111/j.1728-4457.2011.00412.x.
- [33] A. Nuryani and A. Julia, "Proyeksi Ketercapaian Bonus Demografi di Indonesia Tahun 2035," presented at the Bandung Conference Series: Economics Studies, 2022. doi: 10.29313/bcses.v2i2.3211.