

# Pelatihan inovatif alat peraga sains: Mengasah keterampilan Abad 21 melalui Arduino

Faradiba Faradiba\*, Nya Daniaty Malau, Taat Guswantoro, Manogari Sianturi,  
Ngia Masta, Septina Severina Lumbantobing, Randi Wardani,  
Romi Saputra, Faliza Fasya Siagan, Eki Evendi Samaloisa  
Prodi Pendidikan Fisika, Universitas Kristen Indonesia, Indonesia

## Article Info

### Article history:

Received August 27, 2025

Accepted November 10, 2025

Published May 1, 2026

### Kata Kunci:

Arduino  
Alat peraga sains  
Pelatihan  
Palang pintu otomatis  
Jemuran otomatis

## ABSTRAK

Pelatihan alat peraga sains berbasis Arduino dilaksanakan di SMAN 19 Kota Bekasi dengan melibatkan 57 peserta dari kelas XII MIPA. Kegiatan ini bertujuan untuk mengenalkan penerapan mikrokontroler dalam pembuatan media pembelajaran sains yang interaktif dan kontekstual. Pelatihan dirancang melalui tiga tahapan utama, yaitu paparan materi mengenai dasar-dasar Arduino, demonstrasi penerapan berupa alat Palang Pintu Otomatis dan Jemuran Otomatis, serta praktik sederhana menggunakan program *blink LED*. Melalui tahapan tersebut, siswa memperoleh pengalaman langsung dalam pemrograman mikrokontroler sekaligus memahami keterkaitan antara teknologi dan fenomena dalam kehidupan sehari-hari. Antusiasme peserta terlihat dari partisipasi aktif dalam sesi diskusi dan praktik, yang menunjukkan ketertarikan terhadap pengembangan teknologi sederhana berbasis Arduino. Kegiatan ini tidak hanya meningkatkan literasi teknologi siswa, tetapi juga mendorong kreativitas dan kemampuan berpikir kritis dalam merancang alat peraga inovatif untuk mendukung pembelajaran sains di tingkat sekolah menengah. Pelaksanaan pelatihan berlangsung dengan lancar dan mendapatkan respon yang sangat positif dari peserta. Hasil evaluasi menunjukkan tingkat kepuasan yang sangat tinggi terhadap seluruh aspek pelatihan, baik dari segi materi, penyampaian, maupun praktik langsung. Dengan demikian, pelatihan ini berhasil memberikan pengetahuan dan keterampilan praktis yang relevan dengan kebutuhan pembelajaran di sekolah.



## Corresponding Author:

Faradiba,  
Prodi Pendidikan Fisika,  
Universitas Kristen Indonesia,  
Jalan Mayjend Sutoyo No.2 Cawang, Jakarta Timur 13630, DKI Jakarta.  
Email: \*faradiba@uki.ac.id

## 1. PENDAHULUAN

Pemanfaatan alat peraga inovatif dalam kegiatan pembelajaran di sekolah masih terbatas. Kurangnya media pembelajaran yang menarik memengaruhi minat belajar siswa, terutama pada mata pelajaran seperti fisika, kimia, dan matematika [1]. Selain itu, keterbatasan anggaran sekolah untuk pengadaan media pembelajaran modern menjadi salah satu kendala signifikan [2]. Pengadaan alat peraga berbasis teknologi biasanya membutuhkan biaya yang tidak sedikit, sehingga sulit dijangkau oleh sekolah dengan anggaran terbatas. Dalam konteks ini, guru dan siswa perlu didorong untuk menciptakan media pembelajaran alternatif yang inovatif, murah, dan mudah dibuat.

Proses belajar yang efektif dan berkesinambungan berawal dari pengalaman langsung dan

konkret. Pengalaman tersebut bisa didapatkan saat siswa berinteraksi langsung dengan alat peraga. Agar konsep fisika dapat dipahami dengan baik, dibutuhkan alat atau bahan yang dapat membantu siswa menyerap materi tersebut, seperti alat peraga. Meskipun banyak sekolah memiliki laboratorium yang mendukung, alat peraga fisika seringkali tidak dimanfaatkan secara maksimal. Sebagian besar sekolah sebenarnya memiliki fasilitas yang cukup untuk mendukung eksperimen fisika, namun alat yang digunakan masih terbatas. Dengan penggunaan alat peraga, siswa dapat menyimpan konsep-konsep fisika dalam memori jangka panjang dan mengaplikasikannya dalam pemecahan masalah serta berpikir kreatif. Pembelajaran yang efektif akan tercapai jika mampu menarik perhatian dan mudah dipahami oleh siswa. Sebagai calon pendidik, kita seharusnya dapat menciptakan suasana yang menarik dan memotivasi siswa agar lebih bersemangat dalam belajar. Konsep-konsep yang abstrak bisa lebih mudah dipahami jika dikonkretkan dengan alat yang bisa dilihat, dipahami, dan dirasakan [3].

Untuk mengatasi permasalahan tersebut, perlu dikembangkan media pembelajaran sederhana, murah, dan mudah dibuat yang dapat digunakan sebagai alternatif dalam menyampaikan konsep dasar kelistrikan[4]. Penggunaan media berbasis praktik diyakini mampu meningkatkan hasil belajar serta mendorong kemampuan berpikir ilmiah [5]. Selain itu, pelatihan praktis yang dapat memperkenalkan metode pembelajaran sains yang kreatif, hemat biaya, dan mudah diaplikasikan juga penting untuk dilakukan.

Menurut penelitian, penggunaan alat peraga sebagai salah satu bentuk media pendukung dalam pembelajaran dapat meningkatkan daya serap siswa karena mereka tidak hanya mendengarkan penjelasan, tetapi juga melihat, merasakan, dan berinteraksi langsung dengan materi [6], [7]. Selain itu, alat peraga juga dapat meningkatkan motivasi dan minat belajar siswa, karena proses pembelajaran yang lebih menarik dan variatif. Dalam berbagai studi, ditemukan bahwa penggunaan alat peraga yang tepat dapat membantu siswa lebih mudah mengingat informasi dan mengembangkan keterampilan *problem solving*. Oleh karena itu, alat peraga sangat penting untuk menciptakan pengalaman belajar yang efektif dan menyenangkan, serta membantu siswa untuk lebih siap menghadapi tantangan akademik[8], [9].

Salah satu inovasi yang menarik dan edukatif adalah alat peraga berbasis Arduino. Alat peraga berbasis Arduino merupakan salah satu bentuk inovasi media pembelajaran yang mengintegrasikan teknologi mikrokontroler dalam kegiatan praktikum maupun demonstrasi konsep-konsep ilmiah. Arduino, sebagai platform mikrokontroler open-source, menawarkan kemudahan dalam pemrograman dan fleksibilitas dalam pengembangan alat, sehingga cocok digunakan di lingkungan pendidikan menengah seperti SMA[10]. Alat peraga yang dikembangkan dengan Arduino umumnya terdiri dari sensor, aktuator, dan modul tampilan yang dapat digunakan untuk mengamati dan mengukur berbagai parameter fisik secara langsung, seperti suhu, kelembapan, cahaya, kecepatan, dan jarak[11].

Dalam konteks pembelajaran sains, alat peraga ini memungkinkan siswa tidak hanya memahami teori, tetapi juga memperoleh pengalaman belajar berbasis praktik (*experiential learning*). Melalui pendekatan *project-based learning*, siswa diajak merancang, merakit, dan memprogram alat mereka sendiri, yang selanjutnya dapat digunakan untuk menjelaskan fenomena seperti hukum Newton, gerak osilasi, perubahan iklim mikro, atau prinsip kerja sensor dalam sistem otomatisasi. Kegiatan ini tidak hanya meningkatkan pemahaman kognitif, tetapi juga mengasah keterampilan abad ke-21 seperti pemecahan masalah, berpikir kritis, dan literasi digital. Selain itu, pemanfaatan alat peraga berbasis Arduino selaras dengan tuntutan Kurikulum Merdeka dan prinsip pendidikan berbasis STEM, yang menekankan pada integrasi sains, teknologi, teknik, dan matematika dalam pembelajaran yang kontekstual[12]. Oleh karena itu, pengembangan dan pelatihan pembuatan alat peraga ini menjadi salah satu strategi penting untuk meningkatkan kualitas proses pembelajaran di SMA serta mendukung penguatan kompetensi guru dan peserta didik dalam menghadapi dinamika pendidikan di era Revolusi Industri 4.0 dan Society 5.0.

Sayangnya, pemanfaatan Arduino di lingkungan SMA masih terbatas. Hal ini disebabkan oleh kurangnya pelatihan praktis bagi guru dan siswa dalam perakitan perangkat keras serta pemrograman dasar. Padahal, keterampilan ini sangat relevan untuk menunjang pembelajaran

berbasis proyek (*project-based learning*), sekaligus mempersiapkan peserta didik menghadapi tantangan Revolusi Industri 4.0 dan Society 5.0.

Oleh karena itu, pelatihan pembuatan alat peraga berbasis Arduino untuk guru dan siswa SMA menjadi inisiatif yang strategis[13]. Pelatihan ini bertujuan meningkatkan kapasitas guru dalam merancang media pembelajaran yang aplikatif, serta mendorong siswa untuk aktif berinovasi dan mengembangkan prototipe alat yang sesuai dengan konteks pembelajaran di kelas. Kegiatan ini juga selaras dengan semangat *Merdeka Belajar*, di mana peserta didik diberi ruang untuk belajar secara lebih mandiri, eksploratif, dan kontekstual.

Kegiatan pelatihan pembuatan alat peraga berbasis Arduino tidak hanya memperkaya strategi pembelajaran guru, tetapi juga mendorong siswa untuk berpikir kreatif dan melakukan eksplorasi mandiri. Selain meningkatkan literasi teknologi, pelatihan berbasis Arduino juga berpotensi memperkuat *Pedagogical Content Knowledge* (PCK) guru sains. Dengan memahami cara kerja sensor, aktuator, dan logika pemrograman, guru dapat mengembangkan alat peraga sains yang relevan dengan kurikulum dan kebutuhan siswa. Melalui kegiatan ini, kemampuan guru dan siswa dalam mendesain, membangun, dan menerapkan alat peraga sains meningkat secara signifikan. Integrasi Arduino dalam pembelajaran membantu peserta didik berpikir sistematis dan memahami konsep fisika secara aplikatif. Pelatihan ini juga memberikan pengalaman langsung dalam merancang, membangun, dan menguji media pembelajaran, yang akan memperkuat pemahaman konseptual serta meningkatkan minat belajar sains. Dengan adanya pelatihan ini, diharapkan muncul budaya inovasi teknologi di sekolah, serta meningkatnya kualitas pembelajaran sains melalui media yang dikembangkan secara mandiri oleh komunitas sekolah.

SMAN 19 Kota Bekasi merupakan salah satu sekolah negeri yang memiliki potensi besar dalam pengembangan kreativitas dan inovasi siswa. Namun, berdasarkan hasil observasi awal dan komunikasi dengan guru-guru di sekolah tersebut, masih terdapat beberapa permasalahan mendasar. Penggunaan media ajar di kelas IPA, khususnya Fisika di sekolah tersebut, masih didominasi oleh metode konvensional seperti ceramah dan buku teks. Media pembelajaran yang mampu menghubungkan konsep dengan pengalaman langsung siswa masih terbatas. Kegiatan praktikum sering terkendala oleh keterbatasan alat laboratorium. Hal ini menyebabkan siswa hanya mendapatkan pemahaman teoretis tanpa pengalaman eksperimen langsung yang seharusnya menjadi bagian penting dari pembelajaran sains. Guru sains di sekolah tersebut belum banyak mendapatkan pelatihan tentang integrasi teknologi sederhana dan seni dalam pembelajaran. Padahal, pendekatan STEAM (*Science, Technology, Engineering, Arts, and Mathematics*) kini menjadi salah satu metode yang efektif dalam pembelajaran abad ke-21[14], [15]. Siswa belum banyak dilibatkan dalam proyek kreatif yang menggabungkan seni dan sains secara langsung. Padahal, kegiatan semacam itu mampu meningkatkan motivasi belajar, kerja sama, dan pemahaman konseptual.

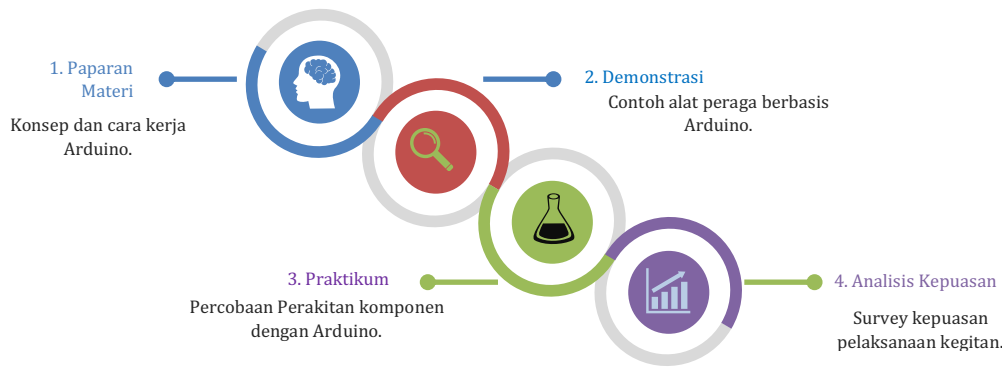
Program Studi Pendidikan Fisika FKIP UKI menganggap bahwa upaya pengabdian kepada masyarakat penting untuk membangun citra positif Prodi di mata masyarakat serta menjadi strategi promosi Prodi dalam rangka penerimaan mahasiswa baru. Pengembangan media pembelajaran seperti alat peraga sederhana telah dikembangkan oleh Prodi dan menjadi bentuk ciri khas dalam pengembangan strategi pembelajaran. Hal ini telah tertuang dalam visi dan road map PKM Prodi.

## 2. METODE

Lokasi pelaksanaan Program PKM dilaksanakan di SMAN 19 Kota Bekasi, Jawa Barat pada tanggal 21 Agustus 2025. Peserta pelatihan Adalah siswa kelas XII MIPA yang berjumlah 57 siswa yang dibagi menjadi 2 kelas. Pelaksanaan pelatihan terdiri dari 4 tahap yaitu: 1. Tahap paparan materi; 2. Tahap Demonstrasi; 3. Tahap Praktikum; 4. Tahap Analisis Kepuasan. Metode pelaksanaan pelatihan menggunakan pendekatan ceramah, demonstrasi, dan praktik langsung. Ceramah digunakan untuk menyampaikan konsep dasar Arduino serta potensi pemanfaatannya dalam pembelajaran sains. Demonstrasi dilakukan dengan menampilkan dua aplikasi berbasis Arduino, yaitu palang pintu otomatis dan jemuran otomatis, sebagai contoh konkret integrasi konsep sains dan teknologi. Selanjutnya, praktik langsung diberikan kepada peserta melalui kegiatan pemrograman dasar menggunakan proyek *blink* LED. Tahapan pada [Gambar 1](#) ini memungkinkan

siswa memperoleh pengalaman komprehensif, mulai dari pemahaman konseptual hingga keterampilan teknis dasar. Setelah pelatihan, peserta mengisi angket kepuasan untuk menilai aspek pemahaman materi, kualitas demonstrasi, efektivitas praktik, dan relevansi kegiatan. Data dianalisis secara deskriptif untuk mengetahui tingkat kepuasan dan masukan siswa.

Pelatihan ini dilaksanakan selama kurang lebih 5 jam dengan rincian: 1 jam paparan materi, 1 jam demonstrasi, 2 jam praktik pemrograman dasar, dan 1 jam evaluasi kepuasan peserta. Sumber daya yang digunakan meliputi 10 set Arduino Uno, laptop, modul pelatihan, dan ruang kelas. Tim pelaksana terdiri dari 5 dosen pendamping dan 4 asisten mahasiswa dari Prodi Pendidikan Fisika UKI. Pendanaan kegiatan berasal dari skema internal Prodi dan dukungan fasilitas sekolah mitra.



**Gambar 1.** Tahapan Pelaksanaan Kegiatan

Data hasil pelatihan dianalisis secara kualitatif berdasarkan observasi partisipasi siswa dan respons diskusi, serta kuantitatif berdasarkan hasil angket kepuasan. Analisis ini bertujuan menilai keberhasilan pelatihan dalam meningkatkan literasi teknologi dan motivasi siswa. Respon angket dinyatakan dengan skala Likert dengan ketentuan pembobotan ditunjukkan di [Tabel 1](#). Perancangan kuesioner dengan menetapkan 5 indikator penilaian dalam penentuan keberhasilan pelaksanaan kegiatan. Indikator penilaian meliputi:

- Konten dan Relevansi Materi
- Metode dan Pelaksanaan Kegiatan
- Kompetensi dan penyampaian Materi
- Sarana, Prasarana dan Penunjang.
- Kepuasan dan Kebermanfaatan

**Tabel 1.** Bobot respon angket

No	Nilai Respon	Bobot
1	Sangat Puas	5
2	Puas	4
3	Cukup Puas	3
4	Tidak Puas	2
5	Sangat Tidak Puas	1

Analisis respon dilakukan dengan melakukan perhitungan nilai respon mengikuti persamaan berikut :

$$P = \frac{\sum_{i=1}^4 i \times f_i}{4N} \times 100\% \quad (1)$$

dengan P adalah nilai respon, i adalah bobot,  $f_i$  adalah frekuensi respon dengan bobot i, N adalah jumlah semua responden. Kategori nilai respon ditunjukkan pada [Tabel 2](#).

**Tabel 2.** Kategori nilai respon

No	Nilai Respon	Kategori
1	81.00 % - 100.00 %	Sangat Baik
2	61.00 % - 80.00 %	Baik
3	41.00 % - 60.00 %	Cukup Baik
4	21.00 % - 40,00 %	Tidak Baik
5	00.00 % - 20.00 %	Sangat Tidak Baik

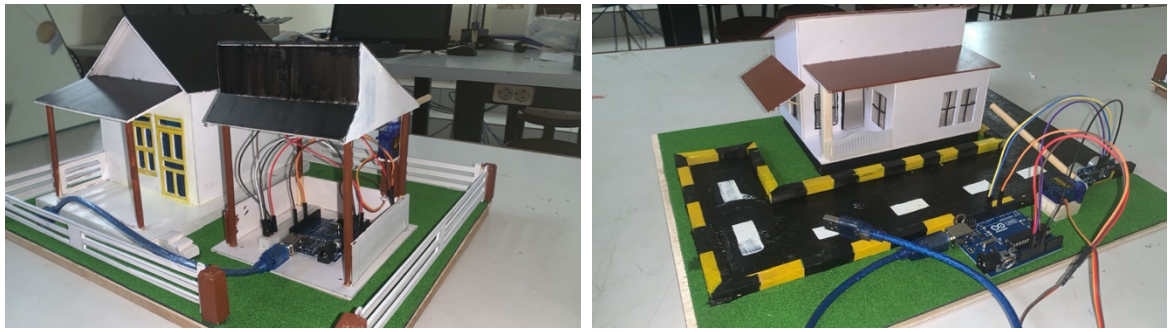
### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pelaksanaan kegiatan pada [Gambar 2](#) berjalan sesuai rencana dengan tingkat kehadiran dan partisipasi yang tinggi. Pada tahap paparan materi, siswa menunjukkan ketertarikan besar terhadap penjelasan mengenai dasar-dasar Arduino dan relevansinya dalam pembelajaran sains. Diskusi yang muncul menandakan adanya rasa ingin tahu dan motivasi untuk memahami teknologi mikrokontroler lebih lanjut. Kegiatan pelatihan ini terbukti berkontribusi terhadap penguatan keterampilan abad ke-21, yang meliputi kemampuan berpikir kritis, kreativitas, kolaborasi, dan komunikasi. Melalui pendekatan proyek, siswa berlatih menyelesaikan masalah nyata dengan berpikir ilmiah (*critical thinking*), mengusulkan modifikasi desain alat (*creativity*), bekerja dalam tim kecil (*collaboration*), serta mempresentasikan hasil kerja secara terbuka (*communication*).

**Gambar 2.** Paparan Materi tentang Konsep Arduino

Pada tahap demonstrasi penerapan di [Gambar 3](#) dan [Gambar 4](#), yaitu palang pintu otomatis dan jemuran otomatis, siswa dapat melihat secara langsung hubungan antara konsep fisika dengan aplikasi teknologi. Sebagian besar peserta menilai demonstrasi ini menarik karena aplikatif dalam kehidupan sehari-hari, sekaligus memberikan gambaran nyata tentang bagaimana sains dapat diintegrasikan dengan teknologi modern[16].

**Gambar 3.** Demo alat peraga arduino



(a) Jemuran Otomatis

(b) Palang Pintu Otomatis

**Gambar 4.** Demo alat peraga Arduino

Peningkatan keterampilan ini menunjukkan bahwa Arduino tidak hanya berfungsi sebagai media teknologi, tetapi juga sebagai sarana pembelajaran kontekstual yang memadukan teori dan praktik secara holistik. Tahap praktik langsung dengan percobaan blink LED di [Gambar 5](#) memberikan pengalaman awal pemrograman Arduino[17]. Meskipun sebagian siswa mengalami kesulitan dalam tahap awal, pendampingan intensif membuat hampir seluruh peserta berhasil menjalankan program sederhana tersebut. Keberhasilan ini menunjukkan bahwa meskipun keterampilan awal peserta beragam, pelatihan mampu memberikan pemahaman praktis yang merata.



**Gambar 5.** Percobaan Blink LED

Secara umum, pelatihan ini berdampak positif terhadap peningkatan literasi teknologi siswa. Selain menambah pengetahuan dan keterampilan, kegiatan ini juga mendorong kreativitas siswa untuk merancang alat peraga sains inovatif. Hal ini sejalan dengan tujuan pembelajaran berbasis proyek (*project-based learning*) yang menekankan integrasi teori dan praktik dalam pendidikan sains di sekolah menengah. Selain itu, dilakukan analisis kepuasan peserta melalui angket sederhana. Adapun hasil analisis survey dengan uraian pernyataan seperti pada [Tabel 3](#), [Tabel 4](#), [Tabel 5](#), [Tabel 6](#) dan [Tabel 7](#).

**Tabel 3.** Konten dan Relevansi Materi

No	Pernyataan	Respon (%)					Nilai Reson (%)	Kategori
		SP	P	CP	TP	STP		
1	Materi pelatihan sesuai dengan tema kegiatan	23	26	8	0	0	85,26	Sangat Baik
2	Materi mendukung pengembangan keterampilan praktik sains dan teknologi	24	28	5	0	0	86,67	Sangat Baik
3	Contoh aplikasi Arduino mudah dipahami	25	20	12	0	0	84,56	Sangat Baik
4	Materi pelatihan relevan dengan pelajaran di sekolah	20	20	14	2	1	79,65	Baik
5	Pelatihan mendorong minat saya terhadap teknologi dan energi terbarukan	22	22	13	0	0	83,16	Sangat Baik
Rata-rata:							83,86	Sangat Baik

**Tabel 4.** Metode dan Pelaksanaan Kegiatan

No	Pernyataan	Respon (%)					Nilai Respon (%)	Kategori
		SP	P	CP	TP	STP		
1	Metode pelatihan (teori + praktik) disampaikan dengan seimbang	20	25	11	1	0	82,46	Sangat Baik
2	Kegiatan praktik langsung membantu saya memahami materi	28	17	12	0	0	85,61	Sangat Baik
3	Waktu yang disediakan untuk praktik cukup memadai	22	23	12	0	0	83,51	Sangat Baik
4	Saya dapat mengikuti instruksi praktik dengan baik	21	25	11	1	0	81,40	Sangat Baik
5	Kegiatan pelatihan berlangsung sesuai jadwal yang direncanakan	25	24	8	0	0	85,96	Sangat Baik
Rata-rata:							83,79	Sangat Baik

**Tabel 5.** Kompetensi dan Penyampaian Materi

No	Pernyataan	Respon (%)					Nilai Respon (%)	Kategori
		SP	P	CP	TP	STP		
1	Pemateri memiliki penguasaan materi yang sangat baik	20	21	16	0	0	81,40	Sangat Baik
2	Pemateri menjelaskan dengan jelas dan terstruktur	21	24	11	1	0	82,81	Sangat Baik
3	Pemateri menjawab pertanyaan peserta dengan baik dan sabar	27	21	8	1	0	85,96	Sangat Baik
4	Pemateri mendorong partisipasi aktif dari peserta	24	24	9	0	0	85,26	Sangat Baik
Rata-rata:							83,86	Sangat Baik

**Tabel 6.** Sarana, Prasarana dan Penunjang

No	Pernyataan	Respon (%)					Nilai Respon (%)	Kategori
		SP	P	CP	TP	STP		

1	Ruangan pelatihan nyaman dan mendukung proses belajar	14	24	18	1	0	77,89	Baik
2	Peralatan praktik (Arduino dan lainnya) tersedia dan berfungsi dengan baik	28	19	10	0	0	86,32	Sangat Baik
3	Modul/bahan ajar yang diberikan mudah dipahami	24	25	8	0	0	85,61	Sangat Baik
4	Koneksi listrik/internet selama pelatihan mendukung proses kegiatan	27	19	11	0	0	85,61	Sangat Baik
Rata-rata:							83,86	Sangat Baik

**Tabel 7.** Kepuasan dan Kebermanfaatan

No	Pernyataan	Respon (%)					Nilai Respon (%)	Kategori
		SP	P	CP	TP	STP		
1	Saya merasa puas mengikuti pelatihan ini	26	21	10	0	0	85,61	Sangat Baik
2	Pelatihan ini menambah wawasan dan keterampilan saya	27	19	11	0	0	85,61	Sangat Baik
3	Kegiatan ini memberi inspirasi untuk membuat proyek teknologi sederhana secara mandiri	24	22	11	0	0	84,56	Sangat Baik
Rata-rata:							85,26	Sangat Baik

Pelatihan alat peraga berbasis Arduino yang dilaksanakan di SMAN 19 Kota Bekasi untuk kelas XII MIPA merupakan salah satu upaya strategis dalam meningkatkan pemahaman siswa terhadap penerapan ilmu fisika dan teknologi digital secara langsung. Kegiatan ini dirancang agar siswa tidak hanya memperoleh pengetahuan teoretis, tetapi juga merasakan pengalaman praktis dalam merancang, merakit, dan mengoperasikan alat peraga sederhana berbasis mikrokontroler. Dalam proses pelatihan, siswa diajak untuk memahami dasar pemrograman Arduino, mengenal sensor-sensor yang digunakan, serta mengaplikasikan konsep fisika yang dipelajari di kelas ke dalam bentuk alat peraga yang nyata. Pendekatan semacam ini terbukti mampu mendorong kreativitas, meningkatkan motivasi belajar, dan memperkuat kompetensi abad ke-21 yang meliputi keterampilan berpikir kritis, kolaborasi, komunikasi, dan kreativitas.

Untuk mengukur efektivitas kegiatan ini, panitia pelatihan menyebarkan angket sederhana kepada seluruh peserta guna mengetahui tingkat kepuasan mereka terhadap berbagai aspek pelaksanaan. Analisis hasil angket menunjukkan angka yang sangat positif. Sebanyak 83,86% siswa menyatakan sangat puas terhadap konten dan relevansi materi pelatihan, yang berarti materi yang disampaikan dianggap sesuai dengan kebutuhan serta perkembangan keilmuan yang mereka hadapi. Selanjutnya, pada aspek metode dan pelaksanaan kegiatan, tingkat kepuasan mencapai 83,79%. Hal ini mencerminkan bahwa metode pembelajaran yang digunakan, yaitu kombinasi antara ceramah interaktif, praktik langsung, dan diskusi kelompok, mampu memberikan pengalaman belajar yang menyenangkan sekaligus bermakna.

Tidak kalah penting, kompetensi dan penyampaian materi oleh pemateri memperoleh persentase kepuasan sebesar 83,86%. Angka ini menunjukkan bahwa siswa menilai instruktur memiliki penguasaan materi yang baik, mampu menjelaskan dengan jelas, serta dapat membimbing siswa secara sabar dan terarah dalam praktik. Dari segi fasilitas, sarana, prasarana, dan penunjang juga mendapatkan angka kepuasan yang sama yaitu 83,86%, menandakan bahwa peralatan, ruang kelas, serta dukungan teknis dianggap memadai untuk mendukung kelancaran kegiatan. Menariknya, aspek kepuasan dan kebermanfaatan kegiatan memperoleh skor paling tinggi, yaitu 85,26%. Temuan ini mengindikasikan bahwa siswa tidak hanya merasa puas, tetapi juga menilai bahwa kegiatan pelatihan ini benar-benar bermanfaat bagi mereka, baik untuk mendukung pembelajaran fisika maupun untuk menambah wawasan dalam bidang teknologi.

Setelah pelatihan, peserta diharapkan mencapai kemampuan dasar dalam tiga aspek utama: (1) Pemahaman konseptual: mengenal prinsip kerja mikrokontroler, sensor, dan actuator; (2) Keterampilan teknis: mampu membuat program sederhana (seperti *blink LED* dan sensor otomatisasi); (3) Aplikasi pedagogis: mampu mengaitkan alat peraga dengan topik sains di sekolah. Tingkat keahlian ini dikategorikan sebagai *basic maker skill*, yang menjadi pondasi untuk pelatihan lanjutan di tahap berikutnya.

Secara keseluruhan, respon siswa terhadap kegiatan pelatihan alat peraga berbasis Arduino di SMAN 19 Kota Bekasi mencapai 84,13%, yang berada pada kategori sangat baik. Angka ini memperlihatkan bahwa kegiatan Pk Mini yang diselenggarakan telah berhasil memberikan dampak positif terhadap siswa kelas XII MIPA. Lebih dari sekadar pelatihan teknis, kegiatan ini mampu membuka cakrawala baru bagi siswa untuk mengintegrasikan ilmu fisika dengan perkembangan teknologi. Hal ini juga selaras dengan semangat Kurikulum Merdeka yang menekankan pada pembelajaran berbasis proyek (*project-based learning*) dan pembekalan kompetensi masa depan [18]. Dengan demikian, hasil analisis kepuasan siswa tidak hanya menjadi bukti keberhasilan pelatihan, tetapi juga menjadi dasar penting untuk pengembangan program sejenis di masa mendatang. Kegiatan seperti ini sangat potensial untuk terus dikembangkan, baik dalam bentuk pelatihan lanjutan, kolaborasi antar sekolah, maupun integrasi ke dalam pembelajaran reguler di kelas. Harapannya, pengalaman ini dapat memotivasi siswa untuk lebih giat belajar, lebih inovatif dalam memanfaatkan teknologi, serta lebih siap menghadapi tantangan era digital di perguruan tinggi maupun dunia kerja.

#### 4. KESIMPULAN

Pelatihan alat peraga berbasis Arduino yang dilaksanakan di SMAN 19 Kota Bekasi untuk siswa kelas XII MIPA terbukti berjalan dengan sangat baik dan mendapat respon positif dari peserta. Berdasarkan hasil analisis angket kepuasan, mayoritas siswa menyatakan sangat puas terhadap berbagai aspek kegiatan, mulai dari relevansi materi, metode pelaksanaan, kompetensi pemateri, sarana-prasarana, hingga manfaat yang diperoleh. Persentase kepuasan secara keseluruhan mencapai 84,13%, yang termasuk kategori sangat baik. Hal ini menunjukkan bahwa pelatihan tidak hanya berhasil meningkatkan pemahaman siswa terhadap konsep fisika berbasis teknologi, tetapi juga memberikan pengalaman praktis yang bermanfaat untuk membangun keterampilan abad ke-21. Hasil kegiatan menunjukkan bahwa pelatihan berbasis Arduino sangat efektif dalam meningkatkan motivasi belajar dan kreativitas siswa. Implikasi bagi sekolah adalah pentingnya integrasi kegiatan serupa ke dalam kurikulum ekstrakurikuler atau proyek sains tahunan. Rekomendasi untuk pelaksanaan selanjutnya mencakup: menambah durasi pelatihan menjadi dua hari agar siswa dapat menyelesaikan proyek mini secara mandiri, melibatkan guru secara lebih aktif sebagai fasilitator agar keterampilan dapat berkelanjutan di tingkat sekolah, dan mengembangkan *Arduino Training Module for Teachers* sebagai panduan pembelajaran berkelanjutan. Sebagai keberlanjutan, Prodi Pendidikan Fisika UKI berencana melakukan pendampingan lanjutan (*coaching clinic*) dan membangun komunitas guru inovatif berbasis teknologi sederhana, sehingga hasil kegiatan ini tidak berhenti pada satu kali pelatihan, melainkan menjadi model kolaborasi akademik dan masyarakat yang berkesinambungan.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] B. C. Waruwu and D. Sitinjak, "Penggunaan Multimedia Interaktif dalam Meningkatkan Minat Belajar Siswa pada Pembelajaran Kimia," *J. Pendidik. MIPA*, vol. 12, no. 2, Art. no. 2, June 2022, doi: [10.37630/jpm.v12i2.589](https://doi.org/10.37630/jpm.v12i2.589)
- [2] Saputri and F. Fatmawati, "Permasalahan Pengelolaan Sarana dan Prasarana dalam Pendidikan," *Innov. Multidiscip. Educ. J.*, vol. 1, no. 1, Art. no. 1, May 2024, doi: [10.61476/95kesa76](https://doi.org/10.61476/95kesa76)
- [3] "Media Pembelajaran - Azhar Arsyad," Rajagrafindo Persada. Accessed: July 02, 2025.
- [4] Faradiba, "Pelatihan Pembuatan Alat Peraga Motor Listrik Sederhana Kepada Siswa Di Sma Darussalam Ciputat," *J. Comunitas Serv. J. Terkait Kegiat. Pengabd. Kpd. Masy. Terkhusus Bid.*

- Teknol. Kewirausahaan Dan Sos. Kemasyarakatan, vol. 5, no. 1, pp. 1078-1091, Apr. 2023, doi: [10.33541/cs.v5i1.4592](https://doi.org/10.33541/cs.v5i1.4592)
- [5] F. E. Wulandari, "Pengaruh model pembelajaran berbasis proyek untuk melatih keterampilan proses mahasiswa," *Pedagog. J. Pendidik.*, vol. 5, no. 2, pp. 247-254, 2016, doi: [10.21070/pedagogia.v5i2.257](https://doi.org/10.21070/pedagogia.v5i2.257)
- [6] F. Faradiba et al., "Pelatihan Pembuatan Alat Peraga Motor Listrik Sederhana kepada Siswa di SMA Darussalam Ciputat," *J. Comunitas Serv. E-ISSN*, vol. 2656, p. 677X.
- [7] F. Faradiba et al., "Pelatihan Pemberdayaan Sampah Plastik Menjadi Mainan Edukatif di Kelurahan Cawang," *Abdimas Galuh*, vol. 6, no. 2, Art. no. 2, Sept. 2024, doi: [10.25157/ag.v6i2.15634](https://doi.org/10.25157/ag.v6i2.15634)
- [8] "STEM: Science, Technology, Engineering, and Mathematics | SpringerLink." Accessed: July 02, 2025.
- [9] N. D. Malau et al., "Magnetic Train Training to Increase Teacher Creativity at Manahan Christian Elementary School, Solo," *ABDIMAS J. Pengabd. Masy.*, vol. 7, no. 3, pp. 1175-1184, 2024, doi: [10.35568/abdimas.v7i3.4940](https://doi.org/10.35568/abdimas.v7i3.4940)
- [10] R. S. A. Ananingtyas, R. E. Sakti, M. H. Hakim, and F. N. Putra, "Pengembangan Media Pembelajaran Berbasis Arduino pada Pembelajaran STEM dalam Meningkatkan Literasi Sains dan Digital," *Briliant J. Ris. Dan Konseptual*, vol. 7, no. 1, pp. 178-186, Feb. 2022, doi: [10.28926/briliant.v7i1.795](https://doi.org/10.28926/briliant.v7i1.795)
- [11] M. Mukhlisin, I. Irvawansyah, and F. Azis, "Rancang Bangun Modul Media Pembelajaran Arduino," *JouLE J. Electr. Eng.*, vol. 2, no. 1, pp. 88-93, Apr. 2021.
- [12] "Efektivitas Media Pembelajaran Magnetic Field Meter Berbasis Arduino Untuk Meningkatkan Hasil Belajar Fisika Siswa Sma/Ma | Karst: Jurnal Pendidikan Fisika dan Terapannya." Accessed: Aug. 27, 2025.
- [13] M. Masyruhan, U. Pratiwi, and Y. Al Hakim, "Perancangan Alat Peraga Hukum Hooke Berbasis Mikrokontroler Arduino Sebagai Media Pembelajaran Fisika," *SPEKTRA J. Kaji. Pendidik. Sains*, vol. 6, no. 2, p. 134, Oct. 2020, doi: [10.32699/spektra.v6i2.145](https://doi.org/10.32699/spektra.v6i2.145)
- [14] S. Zubaidah, "STEAM (Science, Technology, Engineering, Arts, and Mathematics): Pembelajaran untuk Memberdayakan Keterampilan Abad ke-21".
- [15] I. H. Mu'minah, "Studi Literatur: Pembelajaran Abad-21 Melalui Pendekatan Steam (Science, Technology, Engineering, Art, And Mathematics) Dalam Menyongsong Era Society 5.0," *Pros. Semin. Nas. Pendidik.*, vol. 3, pp. 584-594, Oct. 2021, doi: [10.31949/be.v5i1.2105](https://doi.org/10.31949/be.v5i1.2105)
- [16] "Pelatihan Pembuatan Alat Peraga Motor Listrik Dan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Sederhana Kepada Siswa Di SMA Yadika 9 Bekasi | Jurnal Pengabdian Masyarakat Nusantara." Accessed: Aug. 27, 2025.
- [17] A. Yusuf, A. Tafrikhatin, J. Sumarah, and N. N. Hudaifah, "Media Pembelajaran Sensor Berbasis Arduino Uno Untuk Pembelajaran Mikrokontroler Pemula," *JASATEC J. Stud. Automot. Electron. Comput.*, vol. 3, no. 1, pp. 15-26, July 2023, doi: [10.37339/jasatec.v3i1.1403](https://doi.org/10.37339/jasatec.v3i1.1403)
- [18] S. S. Lumbantobing, F. Faradiba, D. J. Prabowo, M. Sianturi, and T. Guswantoro, "The Effect of Project Based Learning Integrated STEM to Increase Science Process Skill," *J. Pendidik. Fis. Dan Teknol. JPFT*, vol. 8, no. 2, pp. 299-305, 2022, doi: [10.29303/jpft.v8i2.4439](https://doi.org/10.29303/jpft.v8i2.4439)