

Peningkatan Kompetensi Guru dan Siswa melalui Pengembangan *Virtual Lab* Terintegrasi untuk Pengenalan *Internet of Things*

*Muhammad Koprawi, Senie Destya, Rina Pramitasari

Universitas Amikom Yogyakarta, Yogyakarta, Indonesia



DOI: <https://doi.org/10.53621/jippmas.v5i2.686>

Informasi Artikel

Riwayat Artikel:

Diterima: 28 November 2025

Revisi Akhir: 8 Desember 2025

Disetujui: 9 Desember 2025

Terbit: 20 Desember 2025

Kata Kunci:

Inovasi Pendidikan;

Internet of Things;

Teknologi IoT;

Transformasi Digital;

Virtual Lab.



ABSTRAK

Program pengabdian ini bertujuan memperkuat kemampuan guru dan siswa dalam bidang *Internet of Things* (IoT) melalui *virtual lab* yang dipadukan dengan perangkat fisik. Program dirancang untuk mengatasi keterbatasan fasilitas laboratorium di sekolah mitra, sehingga praktik IoT dapat dilakukan secara optimal. Pendekatan *Participatory Action Research* (PAR) diterapkan agar guru dan siswa terlibat langsung dalam pengkajian kebutuhan, perencanaan kegiatan, hingga refleksi hasil pelatihan. Pelaksanaan program melalui lima tahap: sosialisasi, pelatihan, penerapan teknologi, pendampingan dan evaluasi, serta keberlanjutan. *Virtual lab* digunakan sebagai langkah awal untuk memudahkan pemahaman konsep dasar sensor, aktuator, dan mikrokontroler sebelum praktik dengan ESP32 dan sensor fisik. Pendampingan teknis diberikan secara berkala agar peserta dapat menyelesaikan tantangan praktik dan meningkatkan keterampilan secara bertahap. Hasil menunjukkan peningkatan kemampuan signifikan. Sebelum pelatihan, mayoritas peserta berada pada kategori sangat rendah (40%) dan rendah (33%). Setelah pelatihan, kategori sangat rendah hilang, kategori rendah turun menjadi 20%, kategori sedang naik menjadi 47%, dan kategori tinggi serta sangat tinggi mencapai 33%. Hal ini membuktikan bahwa kombinasi *virtual lab*, praktik langsung, dan pendekatan PAR efektif dalam meningkatkan literasi dan keterampilan IoT di sekolah mitra.

PENDAHULUAN

Dalam era revolusi industri 4.0, pemahaman tentang *Internet of Things* (IoT) menjadi keterampilan yang sangat dibutuhkan, terutama bagi siswa SMK yang akan memasuki dunia industri dan teknologi. Kesiapan sumber daya manusia yang unggul menjadi sangat penting (Hartanto et al., 2019; M. Yusuf & Sodik, 2023; Wiro Sasmito et al., 2020). Namun, keterbatasan akses terhadap perangkat IoT fisik dan kurangnya sumber daya untuk pelatihan menjadi tantangan utama dalam proses pembelajaran. Oleh karena itu, perlu dilakukan analisis situasi untuk memahami kondisi aktual yang dihadapi oleh mitra pendidikan dalam konteks pengembangan keterampilan digital ini.

Kemampuan guru dan siswa menjadi faktor penentu dalam menguatkan pembelajaran berbasis vokasi, terutama ketika teknologi baru seperti IoT mulai diadopsi. Guru dituntut memahami pedagogi, keterampilan teknis, dan mampu mengikuti perkembangan digital agar dapat mengarahkan proses belajar yang bersifat praktik, sementara siswa perlu mengembangkan pola pikir kritis, ketelitian motorik, serta kemampuan memecahkan masalah melalui kegiatan merancang dan menguji proyek (Ridoh et al., 2024). Sejalan dengan tuntutan industri, kompetensi digital menjadi landasan penting dalam pendidikan kejuruan. Di tengah keterbatasan sarana praktik, penggunaan *virtual lab* muncul sebagai solusi efektif karena memungkinkan simulasi perangkat IoT secara interaktif sehingga konsep sensor, aktuator, dan mikrokontroler lebih mudah dipahami tanpa ketergantungan pada perangkat fisik. Pendekatan ini selaras dengan prinsip *konstruktivisme* yang menekankan pembelajaran lewat eksplorasi

dan percobaan (Widodo et al., 2017). IoT sendiri memerlukan penguasaan lintas bidang, mulai dari dasar elektronika, pemrograman, hingga komunikasi data, sehingga integrasi antara *virtual lab* dan perangkat nyata menjadi strategi tepat untuk menghadirkan pengalaman belajar yang relevan, mendalam, dan sesuai perkembangan teknologi industri masa kini.

SMK Muhammadiyah 4 Yogyakarta merupakan salah satu sekolah menengah kejuruan yang terletak di daerah Jl. Suryodiningratan No.862, Suryodiningratan, Kec. Mantrijeron, Kota Yogyakarta, Daerah Istimewa Yogyakarta. Salah satu program keahlian yang dimiliki oleh SMK Muhammadiyah 4 Yogyakarta adalah program keahlian Pengembangan Perangkat Lunak Gim (PPLG). Program keahlian ini bertujuan untuk membekali siswa dengan kompetensi dalam bidang teknologi informasi, khususnya pemrograman dan pengembangan perangkat lunak. Namun, dalam proses pembelajaran, masih terdapat beberapa kendala yang dihadapi oleh guru dan siswa, terutama dalam memahami konsep teknologi terkini seperti *Internet of Things* (IoT).

Berdasarkan data yang dikumpulkan, kondisi *existing* dari SMK Muhammadiyah 4 Yogyakarta yaitu jumlah siswa program PPLG sebanyak 36 orang, jumlah guru pengajar program PPLG sebanyak 3 orang, perangkat komputer praktikum sebanyak 15 unit, serta perangkat fisik untuk praktikum IoT sebanyak 5 unit.

Kemudian berdasarkan kegiatan pengabdian kepada masyarakat insidental pada tahun 2024 sebelumnya yang telah dilakukan dan dipublikasikan dengan judul Pelatihan Pengenalan Dasar-Dasar *Internet of Things* (IoT) untuk Meningkatkan Wawasan, Pengetahuan dan Keterampilan Siswa PPLG SMK Muhammadiyah 4 Yogyakarta (Koprawi & Ferdiansyah, 2025), ditemukan beberapa permasalahan utama mitra, yaitu:

Tabel 1. Permasalahan Utama Mitra

Aspek	Kondisi Existing	Kondisi Ideal
Fasilitas Pembelajaran	Belum ada laboratorium IoT	Tersedia <i>Virtual Lab</i> sebagai alternatif
Kompetensi Guru	Masih terbatas dalam IoT	Guru memahami dan mampu mengajar IoT
Akses Perangkat IoT	Minim dan mahal	Menggunakan kombinasi <i>Virtual Lab</i> dan perangkat IoT fisik sesuai kebutuhan
Integrasi Kurikulum	Belum maksimal	IoT terintegrasi dalam mata pelajaran PPLG

Potensi sekolah ini cukup besar dalam mengadopsi teknologi baru, mengingat minat siswa dan dukungan pihak sekolah terhadap pengembangan keterampilan berbasis teknologi. Namun, diperlukan inovasi dalam pembelajaran yang dapat mengatasi keterbatasan fasilitas dan akses terhadap perangkat IoT fisik. Pengembangan *virtual lab* terintegrasi akan memungkinkan guru dan siswa mempelajari IoT secara interaktif tanpa harus bergantung pada perangkat fisik.

Menurut (Ballu et al., 2016) *virtual lab* sendiri adalah alternatif dalam pengembangan laboratorium *online* yang memanfaatkan perangkat lunak untuk mendukung pembelajaran praktikum. Kemudian berdasarkan hasil penelitian (Hikmah et al., 2017; Muhajarah et al., 2020; Qurniati & Kunci, 2022; Ramadiani et al., 2022) pengaruh penerapan *virtual lab* terhadap pemahaman siswa menunjukkan pengaruh positif dan

dapat meningkatkan keterampilan pada praktikum tanpa memerlukan bantuan pendamping dan tidak terikat dengan waktu dan tempat.

Virtual lab terintegrasi diharapkan bisa membuat proses pembelajaran lebih efektif dan efisien. Menurut (Salmerón-Manzano & Manzano-Agugliaro, n.d.) *virtual lab* adalah lingkungan interaktif yang memungkinkan pengguna melakukan percobaan simulasi melalui program khusus. Dalam *virtual lab*, simulasi terdiri dari data *file* dan alat yang beroperasi secara digital. Meskipun tidak semua praktik laboratorium dapat digantikan oleh simulasi komputer, dan beberapa keterampilan tetap memerlukan pengalaman langsung, *virtual lab* dapat dirancang untuk mengembangkan keterampilan esensial. Siswa dapat menggunakannya untuk menghadapi skenario yang sulit diwujudkan dengan fasilitas yang terbatas. Kehadiran *virtual lab* menjadi solusi atas tuntutan pembelajaran modern, di mana teknologi informasi dan komunikasi membuka peluang serta metode baru yang memperkaya proses pendidikan dan memperluas akses pembelajaran bagi lebih banyak siswa.

METODE PELAKSANAAN

Dalam pelaksanaannya, kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini menggunakan lima tahapan pelaksanaan yaitu sosialisasi, pelatihan, penerapan teknologi, pendampingan dan evaluasi, serta terkait keberlanjutan program. Tahapan pelaksanaan tersebut mengacu kepada metode *Participatory Action Research* (PAR) yang sifatnya kolaboratif dan partisipatif, di mana peserta dilibatkan secara aktif dalam setiap tahapan pelaksanaan kegiatan (Askahar & Akbar, 2025; Penguatan et al., 2025). Tahapan tersebut dapat dilihat melalui *flowchart* tahapan pelaksanaan pada Gambar 1.



Tahapan pelaksanaan tersebut dijelaskan melalui tabel 2 berikut:

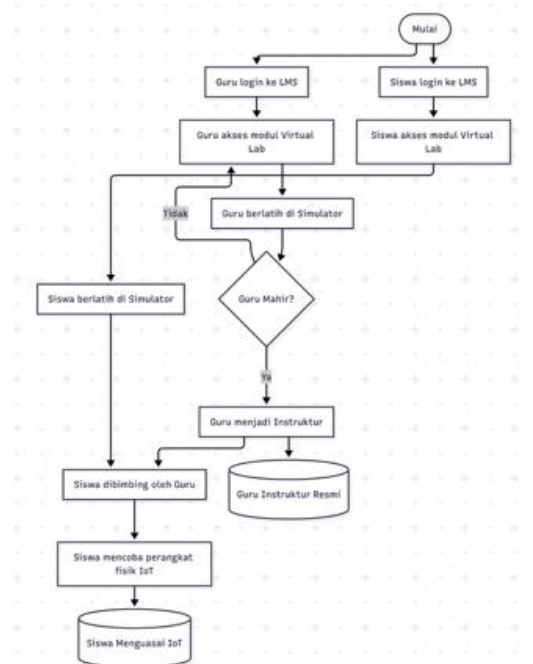
Tabel 2. Ringkasan Tahapan Pelaksanaan

Tahap	Ringkasan Singkat
Sosialisasi	Pengenalan program kepada mitra, identifikasi kebutuhan, dan penyusunan jadwal bersama.
Pelatihan	Peningkatan keterampilan mitra melalui <i>Virtual Lab</i> IoT, simulator <i>Wokwi</i> , IoT Kit, serta <i>troubleshooting</i> dasar.
Penerapan Teknologi	Implementasi solusi: pengembangan <i>Virtual Lab</i> , integrasi <i>Wokwi</i> , instalasi IoT Kit, dan uji sistem.

Tahap	Ringkasan Singkat
Pendampingan & Evaluasi	<i>Monitoring</i> , bimbingan teknis, dan pengumpulan umpan balik untuk memastikan kemandirian mitra.
Keberlanjutan Program	Penyusunan panduan, pembentukan komunitas pengguna, dan evaluasi berkala untuk kesinambungan program.

Harapannya dengan tahapan pelaksanaan tersebut dapat menjadikan kegiatan pengabdian kepada masyarakat menjadi lebih terarah dan sesuai dengan perencanaan sehingga tercapainya peningkatan khususnya pada aspek pengetahuan guru dan siswa SMK Muhammadiyah 4 Yogyakarta.

Pada tahapan pelatihan, guru dan siswa akan mendapatkan materi terkait pengenalan *Internet of Things* (IoT) menggunakan *virtual lab* melalui simulator *online* terlebih dahulu, kemudian dilanjutkan penggunaan perangkat fisik IoT Kit yang sudah disediakan. Guru dan siswa akan mengakses *virtual lab* yang berada di dalam LMS (*Learning Management System*) kemudian memilih *course* dan selanjutnya memilih materi yang sudah disediakan dan mencoba perangkat fisik langsung. Lebih jelasnya bisa dilihat melalui diagram interaksi pada Gambar 2 berikut:



Gambar 2. Diagram Alur Interaksi Guru, Siswa dan Sistem

Berdasarkan pada diagram alur di atas, harapannya adalah selanjutnya guru akan menjadi instruktur setelah mahir dan memiliki pengetahuan yang cukup terkait *Internet of Things* (IoT) dengan memanfaatkan materi ajar yang ada di *virtual lab*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

Berdasarkan tahapan pelaksanaan yang dilakukan yaitu sosialisasi, pelatihan, penerapan teknologi, pendampingan & evaluasi, serta keberlanjutan program dijelaskan lebih lanjut sebagai berikut:

1. Sosialisasi

Tahap sosialisasi menjadi langkah awal dalam pelaksanaan program dengan tujuan mengenalkan rencana kegiatan kepada mitra secara komprehensif. Pada tahap ini, tim pelaksana menyampaikan gambaran umum mengenai konsep program, tujuan yang ingin dicapai, manfaat kegiatan, serta mekanisme pelaksanaan. Penjelasan juga mencakup pembagian peran dan tanggung jawab antara tim dan mitra agar tercipta kesepahaman sejak awal.

Selain penyampaian informasi, kegiatan sosialisasi juga dimanfaatkan untuk menggali kebutuhan nyata mitra. Proses ini dilakukan melalui diskusi interaktif, sesi tanya jawab, serta pengamatan langsung terhadap kondisi di lapangan. Hasil dari tahapan ini kemudian dijadikan dasar dalam penyusunan jadwal kegiatan secara bersama, sehingga implementasi program dapat berjalan lebih terarah dan selaras dengan kebutuhan serta kesiapan mitra.

2. Pelatihan

Tahap pelatihan dirancang untuk memperkuat kemampuan teknis mitra dalam pemanfaatan teknologi *Internet of Things* (IoT). Kegiatan ini meliputi penggunaan *Virtual Lab* IoT sebagai sarana pembelajaran berbasis simulasi, pemanfaatan simulator *Wokwi* untuk merancang dan menguji rangkaian secara digital, serta praktik langsung menggunakan IoT Kit secara fisik. Metode pembelajaran menekankan praktik langsung agar peserta dapat memahami proses perakitan dan pemrograman perangkat IoT secara nyata.

Tidak hanya berfokus pada pengoperasian perangkat, pelatihan ini juga memberikan penekanan pada kemampuan pemecahan masalah dasar. Mitra dilatih untuk mengenali dan menangani kendala umum seperti kesalahan pada *script* program, kekeliruan dalam pemasangan kabel, gangguan fungsi sensor, hingga permasalahan komunikasi antar perangkat. Melalui pembekalan ini, mitra diharapkan mampu menggunakan teknologi secara mandiri sekaligus mengatasi hambatan teknis yang mungkin muncul.



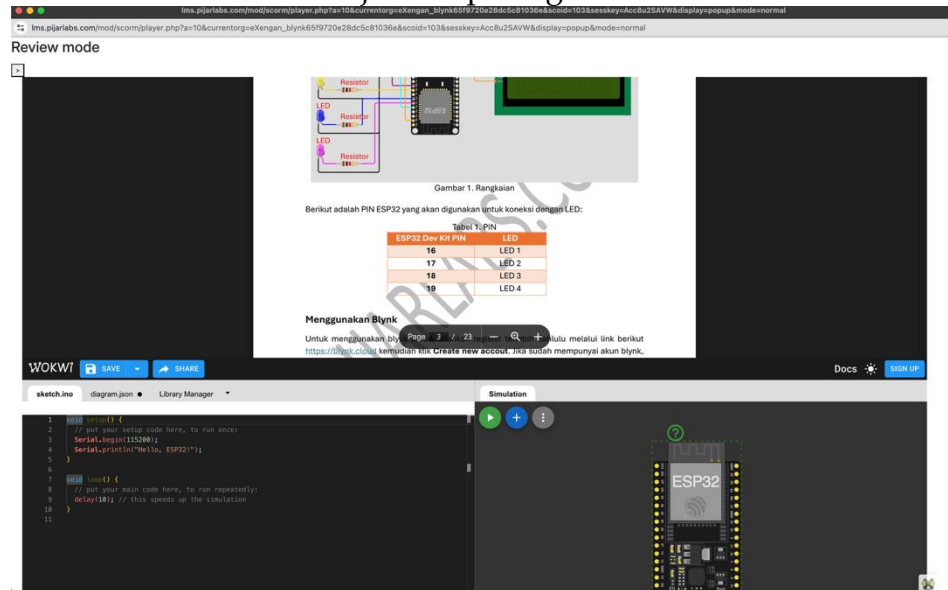
Gambar 3. Siswa mencoba *virtual lab*

Gambar 3 menunjukkan siswa sedang mencoba materi yang diberikan melalui *virtual lab* yang terintegrasi antara modul ajar dengan simulator *online*. Siswa menjadi lebih

fokus dalam mencoba praktikum karena antarmuka modul ajar dan simulator *online* berada pada jendela yang sama.

3. Penerapan Teknologi

Tahap penerapan teknologi merupakan proses menerjemahkan hasil pelatihan ke dalam bentuk implementasi yang dapat digunakan secara langsung. Pada tahap ini, *Virtual Lab* IoT dikembangkan dan dioptimalkan sebagai sarana pembelajaran interaktif, sementara simulator *Wokwi* diintegrasikan ke dalam alur praktik agar mitra dapat melakukan uji coba rancangan secara *virtual* sebelum beralih ke perangkat fisik. Pendekatan ini dirancang untuk menciptakan pengalaman belajar yang lebih efektif, adaptif, dan mudah dijangkau. Antarmuka *virtual lab* ditunjukkan pada gambar 4 berikut:



Gambar 4. Antarmuka *Virtual lab*

Gambar 4 menunjukkan antarmuka *virtual lab* yang terintegrasi antara modul praktikum dengan simulator *online*. Bentuk antarmuka ini diharapkan bisa membuat peserta menjadi fokus terhadap apa yang dikerjakan, karena modul dan simulator berada di satu halaman yang sama.

Tahap berikutnya meliputi pemasangan dan pengaturan IoT Kit untuk membangun prototipe sistem sesuai kebutuhan mitra, seperti aplikasi pemantauan kondisi lingkungan atau sistem otomasi sederhana. Setiap prototipe yang dikembangkan kemudian diuji secara menyeluruh guna memastikan kinerja sistem berjalan stabil, fungsional, dan selaras dengan tujuan yang telah ditetapkan sejak awal.



Gambar 5. Siswa mencoba perangkat fisik IoT Kit

Gambar 5 menunjukkan siswa sedang mencoba menghubungkan perangkat fisik IoT dengan kode program yang sudah divalidasi sebelumnya ketika menggunakan simulator *online*. Berdasarkan pengalaman sebelumnya ketika menggunakan simulator *online*, siswa menjadi lebih faham ketika dihadapkan langsung dengan perangkat fisik IoT. Siswa menjadi lebih faham bagaimana cara kerja mikrokontroler beserta sensor-sensor serta mengetahui bagaimana melakukan *troubleshooting* ketika terjadi kesalahan.

4. Pendampingan & Evaluasi

Tahap pendampingan dan evaluasi bertujuan untuk memastikan mitra mampu mengelola serta mengembangkan teknologi secara mandiri setelah proses pelatihan dan implementasi. Pada tahap ini, tim pelaksana memberikan dukungan teknis secara rutin, baik melalui kunjungan langsung maupun pendampingan jarak jauh, guna membantu menyelesaikan berbagai kendala teknis yang muncul. Kegiatan ini juga meliputi bantuan dalam perawatan perangkat serta pengelolaan sistem agar dapat digunakan secara berkelanjutan.

Sementara itu, proses evaluasi dilakukan dengan cara menghimpun masukan dari mitra, melakukan observasi lapangan, serta menilai perkembangan kompetensi peserta. Temuan dari proses ini dimanfaatkan sebagai bahan perbaikan untuk penyempurnaan metode pelatihan dan penerapan teknologi, sekaligus memastikan bahwa pelaksanaan program berjalan sesuai dengan target yang telah ditetapkan.



Gambar 6. Pelaksanaan Pelatihan Pengenalan *Internet of Things*

Gambar 6 menunjukkan keseluruhan rangkaian pelaksanaan kegiatan kepada masyarakat. Peserta didampingi secara langsung mulai dari penggunaan *virtual lab* melalui simulator *online* sampai implementasi pada perangkat fisik IoT. Selain tersedianya modul pembelajaran terintegrasi pada simulator *online*, peserta juga ikut berpartisipasi secara aktif dan memberikan ide-ide pengembangan materi pembelajaran yang langsung dicoba pada saat pelaksanaan.

5. Keberlanjutan Program

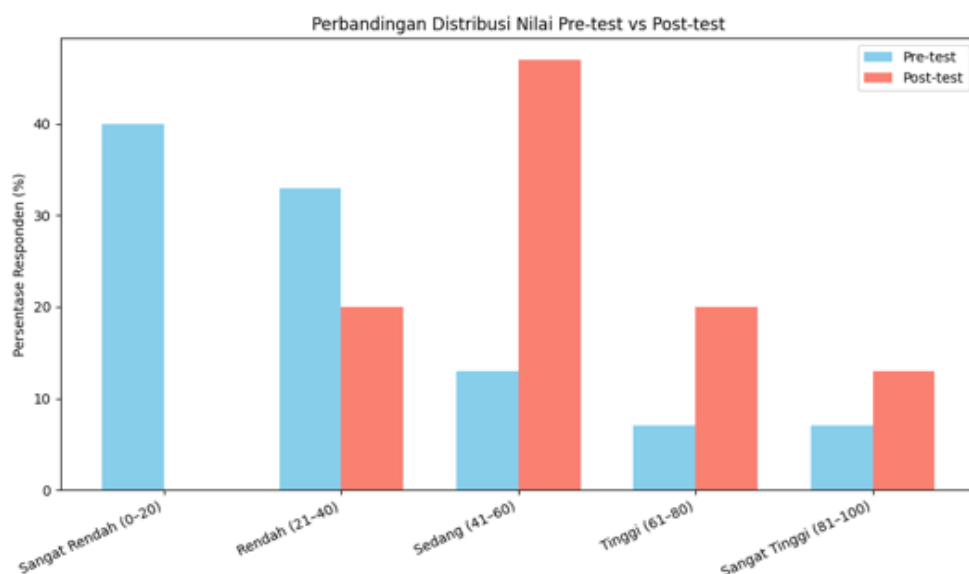
Tahap keberlanjutan program difokuskan pada upaya menjaga agar dampak dan manfaat kegiatan tetap dapat dirasakan dalam jangka panjang. Pada tahap ini disusun berbagai panduan teknis, seperti modul pelatihan, dokumentasi penggunaan, serta standar operasional prosedur (SOP) yang dapat dimanfaatkan mitra sebagai acuan dalam mengembangkan dan mengelola sistem IoT secara mandiri.

Selain penyusunan panduan, dibentuk pula komunitas pengguna sebagai ruang berbagi informasi, pengalaman, dan solusi antar mitra. Kegiatan evaluasi tetap dilakukan secara berkala untuk memantau perkembangan program dan memastikan keberlanjutannya, sehingga mitra dapat terus meningkatkan kapasitas sekaligus menghasilkan inovasi berbasis IoT secara berkesinambungan.

Kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini menggunakan pendekatan yang terstruktur yaitu, guru dan siswa bersama-sama menggunakan *virtual lab* terlebih dahulu, materi yang akan diajarkan sudah tersedia di dalam *virtual lab*. Kemudian setelah berhasil membuat proyek pada *virtual lab* dilanjutkan dengan implementasi langsung pada perangkat fisik IoT Kit.

Kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini merupakan bagian dari skema hibah Pemberdayaan Kemitraan Masyarakat yang didanai oleh Direktorat Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat, Direktorat Jenderal Riset dan Pengembangan, Kementerian Pendidikan Tinggi, Sains, dan Teknologi. Pelaksanaan dilakukan beberapa kali tahapan dengan harapan terjadinya peningkatan aspek sosial kemasyarakatan yaitu meningkatnya pengetahuan guru dan siswa SMK Muhammadiyah 4 Yogyakarta terkait *Internet of Things*. Sekaligus peningkatan pada aspek kemampuan manajemen yang diharapkan guru dapat mengelola pembelajaran melalui *virtual lab* yang sudah disediakan dan juga peningkatan pada aspek jumlah aset yang dimiliki oleh SMK Muhammadiyah 4 Yogyakarta. Hal tersebut juga sekaligus sebagai langkah awal mempersiapkan generasi muda yang siap bersaing di era industri 4.0.

Kemudian untuk mengukur ketercapaian dan tingkat pengetahuan guru dan siswa terkait pemahaman dasar *Internet of Things*, dalam pelatihan ini juga dilakukan sesi *pre-test* dan *post-test*. Hasil distribusi nilai *pre-test* dan *post-test* serta sebaran nilainya dapat dilihat pada grafik di bawah.



Gambar 7. Distribusi Perbandingan Nilai *Pre-test* vs *Post-Test*

Hasil grafik di atas menunjukkan terjadinya perbedaan yang cukup signifikan antara sebelum dengan sesudah kegiatan. Terjadi penurunan grafik tingkat pemahaman terkait materi pada kategori sangat rendah dan rendah serta terjadi peningkatan pada kategori sedang, tinggi dan sangat tinggi. Lebih jelasnya dapat dilihat pada tabel 3 berikut.

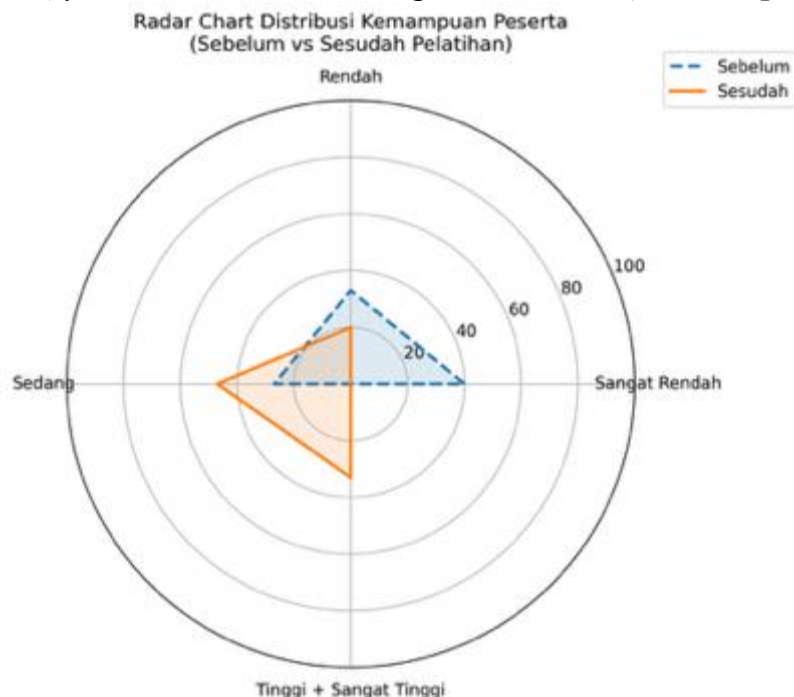
Tabel 3. Distribusi Kemampuan Aspek Teknis Sebelum dan Sesudah Pelatihan

Kategori	Sebelum (%)	Sesudah (%)
Sangat Rendah	40	0
Rendah	33	20
Sedang	27	47
Tinggi + Sangat Tinggi	0	33

Berdasarkan tabel 3, hasil *pre-test* menunjukkan sebagian besar peserta berada pada kategori sangat rendah (40%) dan rendah (33%), sedangkan hanya sedikit yang berada pada kategori sedang hingga sangat tinggi. Setelah pelatihan menggunakan *virtual lab* IoT terintegrasi ini, terjadi peningkatan signifikan di mana kategori sangat rendah menurun menjadi 0%, kategori sedang naik menjadi 47%, serta kategori tinggi dan sangat tinggi meningkat menjadi 33%. Hal ini membuktikan bahwa pelatihan berhasil meningkatkan pemahaman peserta terhadap konsep *Internet of Things*.

Kemudian output dari pelatihan ini adalah guru dan siswa berhasil membuat proyek sederhana seperti menghubungkan ESP32 dan LED, menghubungkan ESP32 dan sensor DHT, menghubungkan ESP32, sensor DHT dan LED, kontrol lampu menggunakan Blynk, *weather station* via ThingSpeak, serta kontrol sensor menggunakan telegram.

Hal ini juga dipertegas pada radar *chart* yang ditunjukkan Gambar 8 di bawah. Bentuk radar *chart* mempertegas perbedaan sebelum dan sesudah pelatihan, di mana area *orange* (sesudah pelatihan) jauh lebih luas dibandingkan area biru (sebelum pelatihan).



Gambar 8. Radar chart kemampuan

Hasil pada radar *chart* menunjukkan perubahan distribusi kemampuan peserta sebelum dan sesudah pelatihan pada empat kategori yaitu Sangat Rendah, Rendah, Sedang, serta Tinggi + Sangat Tinggi. Garis biru menggambarkan kondisi awal peserta yang didominasi oleh kemampuan sangat rendah dan rendah, sementara garis *orange* memperlihatkan peningkatan setelah pelatihan. Tampak bahwa jumlah peserta pada kategori sangat rendah dan rendah menurun signifikan, sedangkan kategori sedang dan tinggi mengalami kenaikan, menunjukkan adanya perpindahan kemampuan ke tingkat yang lebih baik. Dengan demikian, grafik ini menegaskan bahwa pelatihan yang diberikan efektif dalam meningkatkan kompetensi peserta secara keseluruhan, karena sebagian besar peserta mengalami peningkatan level kemampuan dan sebagian lainnya mampu mencapai kategori kemampuan tinggi.

Pelatihan ini tidak hanya meningkatkan kemampuan teknis peserta, tetapi juga memperkuat peran guru sebagai pengelola utama *virtual lab* IoT. Guru kini mampu memelihara dan mengembangkan *virtual lab*, mulai dari memastikan perangkat dan layanan *cloud* berjalan lancar, menambah modul atau perangkat baru, hingga menangani masalah teknis yang muncul.

Selain itu, guru juga lebih siap mengintegrasikan *virtual lab* ke pembelajaran, membimbing siswa dalam membuat dan memprogram proyek IoT, serta memastikan praktik berlangsung efektif dan berkesinambungan di sekolah.

Dengan demikian, pelatihan menggunakan *virtual lab* IoT terintegrasi ini terbukti meningkatkan pemahaman peserta secara signifikan dan terukur.

Pembahasan

Tahapan pelaksanaan pengabdian kepada masyarakat yang mencakup tahap sosialisasi, pelatihan, penerapan teknologi, pendampingan & evaluasi, serta keberlanjutan program disusun dengan merujuk pada metode *Participatory Action Research* (PAR). Metode PAR sendiri bersifat kolaboratif dan partisipatif, di mana peserta dilibatkan secara aktif dalam setiap tahapan pelaksanaan kegiatan (Askahar & Akbar, 2025; Penguatan et al., 2025). Pada tahap sosialisasi, pendekatan partisipatif digunakan untuk memastikan bahwa kebutuhan mitra teridentifikasi secara tepat, sekaligus membangun komitmen awal terhadap program. Proses ini menjadi pijakan konseptual dalam menentukan rancangan pelatihan dan strategi implementasi yang relevan dengan kondisi peserta.

Tahap pelatihan dan implementasi teknologi dirancang berdasarkan prinsip pembelajaran berbasis proyek yang menekankan praktik langsung sebagai sumber utama pembentukan pemahaman. Walaupun peserta adalah siswa, kegiatan pelatihan IoT tetap menuntut kemandirian dan kemampuan reflektif, sehingga pendekatan ini tetap sesuai. Integrasi *virtual lab*, simulator *Wokwi*, dan perangkat fisik IoT menciptakan lingkungan belajar yang mendukung konstruksi pengetahuan secara aktif. Studi yang dilakukan oleh (Zhang et al., 2025) turut menguatkan efektivitas *blended learning* dalam meningkatkan regulasi diri, efikasi teknologi, dan adaptasi terhadap berbagai gaya belajar.

Tahap pendampingan & evaluasi serta keberlanjutan program memanfaatkan kerangka asesmen formatif, konsep *scaffolding*, dan teori difusi inovasi. Pendampingan menyediakan dukungan bertahap untuk membantu peserta menguasai keterampilan teknis serta menavigasi kesulitan yang muncul selama proses belajar. Evaluasi berkelanjutan memungkinkan penyesuaian metode dan memastikan keberhasilan integrasi teknologi. Sementara itu, keberlanjutan program diperkuat melalui penyusunan modul, SOP, dan pembentukan komunitas pengguna yang memastikan

akses peserta terhadap sumber belajar jangka panjang. Hal ini juga dipertegas oleh studi yang dilakukan (Hamzaoui et al., 2024) dan studi terkait *virtual lab* yang menunjukkan bahwa model *blended training* dan penggunaan laboratorium virtual efektif dalam memperluas akses praktik, mendukung literasi teknologi, dan meningkatkan kapasitas peserta secara berkelanjutan.

Berdasarkan hasil pengukuran yang dilakukan, kegiatan ini menunjukkan bahwa metode pembelajaran yang terstruktur serta berorientasi pada sebuah *project* terbukti sangat efektif untuk meningkatkan pengetahuan peserta. Selain itu, metode *blended learning* yang menggabungkan antara simulator *online* melalui *virtual lab* terintegrasi dengan menggunakan perangkat fisik IoT juga menunjukkan tingkat pemahaman peserta secara signifikan, karena peserta tidak hanya belajar melalui simulator *online* tetapi juga langsung melakukan praktik menggunakan perangkat fisik IoT. Hal ini selaras dengan studi yang dilakukan oleh (Zhang et al., 2025) yang menunjukkan bahwa model *blended learning* mampu meningkatkan *self-regulated learning* (SRL) dan *technology integration self-efficacy* peserta pelatihan secara signifikan. Studi tersebut menegaskan bahwa integrasi yang kuat antara komponen daring dan luring berperan penting dalam memperkuat mekanisme regulasi belajar serta kesiapan peserta dalam memanfaatkan teknologi. Keselarasan ini memperkuat hasil pelatihan IoT berbasis *virtual lab* terintegrasi dengan perangkat fisik yang telah dilaksanakan, di mana pendekatan *blended training* juga terbukti meningkatkan kompetensi dan motivasi belajar peserta. Hasil pelatihan ini menunjukkan bahwa pendekatan *blended training* merupakan strategi yang efektif dan relevan untuk memperkuat kompetensi digital dalam berbagai konteks pendidikan di era transformasi digital.

Kemudian menurut (Gu et al., 2025) menjelaskan bahwa efektivitas *blended learning* dipengaruhi oleh perbedaan gaya kognitif peserta, di mana *field-dependent* (FD) dan *field-independent* (FI) siswa menunjukkan respons yang berbeda terhadap strategi keterlibatan aktif dan pasif. Studi tersebut menegaskan bahwa keberhasilan *blended learning* tidak hanya bergantung pada integrasi materi daring dan luring, tetapi juga pada penyesuaian strategi pelatihan berdasarkan karakteristik awal peserta. Hal ini memiliki relevansi dengan hasil pelatihan IoT berbasis *virtual lab* terintegrasi dengan perangkat fisik IoT yang telah dilakukan, di mana variasi literasi teknologi awal peserta menjadi salah satu faktor yang mempengaruhi penyampaian materi lanjutan. Konsistensi kedua temuan ini menunjukkan bahwa model *blended training* akan memberikan dampak optimal apabila dirancang dengan mempertimbangkan kondisi awal, profil belajar, dan kebutuhan peserta. Dengan demikian, baik pada konteks pengembangan kreativitas maupun pelatihan kompetensi teknis, pendekatan *blended learning* terbukti efektif dan adaptif dalam mendukung pembelajaran abad ke-21.

Selanjutnya studi sistematis juga dilakukan oleh (Chekour et al., 2024) menunjukkan bahwa *blended learning* memainkan peran strategis dalam pelatihan guru dan pendidikan vokasi melalui kombinasi pembelajaran tatap muka dan platform digital. Kajian tersebut menegaskan bahwa *blended learning* tidak hanya meningkatkan kompetensi digital pendidik, tetapi juga mendorong adaptasi metode pelatihan dan memperkuat kolaborasi antara lembaga pendidikan. Hal ini memiliki keterkaitan kuat dengan hasil pelatihan IoT berbasis *virtual lab* terintegrasi dengan perangkat fisik yang dilaksanakan, di mana model *blended training* terbukti meningkatkan kompetensi teknologi, motivasi belajar, dan kesiapan peserta menghadapi tantangan era digital. Keselarasan ini menunjukkan bahwa efektivitas *blended learning* melintasi berbagai konteks baik *teacher training* maupun

pendidikan kejuruan dan dapat menjadi pendekatan *pedagogis* kunci dalam mendorong transformasi pendidikan di era Industri 4.0.

Penggunaan *virtual lab* sebagai media pembelajaran (Arrahman et al., 2023; Hikmawati et al., 2024; Nurdianto et al., 2021; Rona Taula Sari et al., n.d.; Rusdi et al., 2021; Sutinah, 2022; Terapan et al., 2023) juga terbukti efektif dan praktis, siswa dapat melakukan praktikum secara interaktif dan bisa digunakan untuk mengatasi keterbatasan perangkat fisik selain itu juga mampu meningkatkan kemampuan berpikir kritis peserta didik serta aktif kemandirian belajar. Implementasi *virtual lab* terintegrasi yang dilakukan pada kegiatan pengabdian ini berbasis simulasi *online* dengan perangkat fisik membantu memperkuat kompetensi peserta, memperluas akses terhadap pengalaman praktikum, serta mengatasi hambatan keterbatasan waktu dan sarana praktikum tradisional. Dengan demikian, hal ini menjadi landasan empiris *bahwa virtual lab* merupakan solusi efektif dalam mendukung pembelajaran praktik kejuruan di era digital.

KESIMPULAN

Pelatihan IoT yang mengintegrasikan *virtual lab* dengan perangkat fisik memberikan dampak yang signifikan terhadap peningkatan kompetensi dan motivasi belajar siswa PPLG SMK Muhammadiyah 4 Yogyakarta. Sebelum pelatihan dilaksanakan, sebagian besar peserta berada pada kategori kemampuan sangat rendah (40%) dan rendah (33%). Setelah pelatihan, tidak ditemukan lagi peserta pada kategori sangat rendah, jumlah pada kategori rendah berkurang menjadi 20%, sementara kategori sedang meningkat menjadi 47%. Peserta yang mencapai kategori tinggi hingga sangat tinggi juga bertambah hingga 33%. Perubahan distribusi kemampuan tersebut menunjukkan bahwa model pelatihan yang diterapkan mampu meningkatkan pemahaman dan keterampilan peserta secara nyata, serta memberikan pengalaman belajar yang lebih terstruktur melalui kombinasi praktik *virtual* dan fisik. Selain peningkatan kompetensi, kegiatan ini turut menghasilkan modul dan panduan pembelajaran IoT berbasis *virtual lab* yang dapat digunakan sebagai referensi pada program pelatihan berikutnya maupun di lingkungan sekolah. Meskipun demikian, pelatihan masih memiliki keterbatasan, khususnya durasi kegiatan yang relatif singkat dan variasi awal kemampuan peserta yang cukup beragam. Untuk pelaksanaan selanjutnya, pelatihan dapat dikembangkan dengan penambahan waktu, variasi studi kasus yang lebih luas, serta pendalaman materi praktik agar peserta memperoleh pengalaman belajar yang lebih menyeluruh. Selain itu, pengembangan *virtual lab* dengan skenario yang lebih realistis serta integrasi pendekatan *project-based learning* menjadi peluang untuk memperkuat dampak program pelatihan di masa mendatang.

UCAPAN TERIMA KASIH

Kami mengucapkan terima kasih kepada Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat (LPPM) Universitas Amikom Yogyakarta serta Direktorat Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat, Direktorat Jenderal Riset dan Pengembangan, Kementerian Pendidikan Tinggi, Sains, dan Teknologi atas dukungan dan hibah pendanaan yang diberikan sehingga kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini dapat terlaksana dengan baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Arrahman, R. A., Irsyadunas, & Samudra, A. A. (2023). Pengembangan Media Pembelajaran Berbasis Virtual Lab Pada Mata Pelajaran Resistor. *Jurnal Pengabdian Masyarakat Dan Riset Pendidikan*, 2(1), 313–322. <https://doi.org/10.31004/JERKIN.V2I1.180>
- Askahar, A., & Akbar, M. (2025). Klinik Guru Digital: Pendekatan Inovatif Untuk Transformasi Kompetensi Guru Dalam Pembelajaran Abad 21. *Jurnal Inovasi Penelitian Dan Pengabdian Masyarakat*, 5(1), 67–76. <https://doi.org/10.53621/JIPPMAS.V5I1.490>
- Ballu, A., Yan, X., Blanchard, A., Clet, T., Mouton, S., & Niandou, H. (2016). Virtual Metrology Laboratory for e-Learning. *Procedia CIRP*, 43, 148–153. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2016.02.110>
- Chekour, M., Morabit, N. El, Benqassou, I., Lechhab, A., El-Hars, F., & Hafid, M. M. (2024). Integrating Blended Learning in Teacher Training: A Comprehensive Review. *Proceedings of 2024 1st Edition of the Mediterranean Smart Cities Conference, MSCC 2024*. <https://doi.org/10.1109/MSCC62288.2024.10697052>
- Gu, X., Shi, P., Zhao, S., Zhang, H., Li, S., Tong, D., & Liu, H. (2025). Fostering adolescent creativity through blended learning: Matching cognitive style with training strategy. *Thinking Skills and Creativity*, 58, 101871. <https://doi.org/10.1016/J.TSC.2025.101871>
- Hamzaoui, Y., Menchafou, Y., Aaboud, M., El Morabit, N., Chekour, M., & El Azzouzi, N. (2024). Blended Learning in the Digital Skills Module: Insights from Students' Perceptions. *International Journal of Information and Education Technology*, 14(9), 1285–1290. <https://doi.org/10.18178/IJiet.2024.14.9.2158>
- Hartanto, C. F. B., Rusdarti, R., & Abdurrahman, A. (2019). Tantangan Pendidikan Vokasi di Era Revolusi Industri 4.0 dalam Menyiapkan Sumber Daya Manusia yang Unggul. *Prosiding Seminar Nasional Pascasarjana*, 2(1), 163–171. <https://proceeding.unnes.ac.id/snpasca/article/view/267>
- Hikmah, N., Saridewi, N., & Agung, S. (2017). Penerapan Laboratorium Virtual untuk Meningkatkan Pemahaman Konsep Siswa. *EduChemia: Jurnal Kimia Dan Pendidikan*, 2(2), 186–195. <https://doi.org/10.30870/EDUCHEMIA.V2I2.1608>
- Hikmawati, E., Maulid, H., Gozali, A. A., Hani, A. F., Maulana, F., & Zakly, A. A. (2024). Development and Evaluation of a Virtual Lab Application for Enhancing High School Students' Understanding of Chemical Reactions. *2024 9th International Conference on Informatics and Computing, ICIC 2024*. <https://doi.org/10.1109/ICIC64337.2024.10956301>
- Koprawi, M., & Ferdiansyah, P. (2025). Pelatihan Pengenalan Dasar-Dasar Internet of Things (IoT) untuk Meningkatkan Wawasan, Pengetahuan dan Keterampilan Siswa PPLG SMK Muhammadiyah 4 Yogyakarta. *Jurnal Pengabdian Masyarakat Bangsa*, 2(12), 5796–5801. <https://doi.org/10.59837/JPMBA.V2I12.2077>
- M. Yusuf, & Sodik, M. (2023). Penggunaan Teknologi Internet of Things (IoT) dalam Pengelolaan Fasilitas dan Infrastruktur Lembaga Pendidikan Islam. *PROPHETIK: Jurnal Kajian Keislaman*, 1(2), 65–82. <https://doi.org/10.26533/prophetik.v1i2.3233>
- Muhajarah, K., Sulthon, M., Dakwah dan Komunikasi, F., & Walisongo Semarang, U. (2020). Pengembangan Laboratorium Virtual sebagai Media Pembelajaran: Peluang dan Tantangan. *Justek: Jurnal Sains Dan Teknologi*, 3(2), 77–83. <https://doi.org/10.31764/JUSTEK.V3I2.3553>

- Nurdiyanto, R., Malik, E., Febriani, & Dr. Pujiyanto. (2021). Pengembangan Virtual Lab Gelombang Cahaya Untuk Pembelajaran Aktif dan Kemandirian Belajar DI Era New Normal. *Lomba Karya Tulis Ilmiah*, 2(1), 1–14. <https://journal.ittelkom-sby.ac.id/lkti/article/view/111>
- Penguatan, P., Moderasi, N.-N., Melalui, B., Digital, L., Peserta, B., Sekolah, D., Atas, M., Rohman, M., & Waskito, T. (2025). Pendampingan Penguatan Nilai-Nilai Moderasi Beragama Melalui Literasi Digital Bagi Peserta Didik Sekolah Menengah Atas. *Jurnal Inovasi Penelitian Dan Pengabdian Masyarakat*, 5(1), 178–194. <https://doi.org/10.53621/JIPPMAS.V5I1.488>
- Qurniati, D., & Kunci, K. (2022). Pengembangan Laboratorium Virtual Sebagai Media Pembelajaran. *SPIN JURNAL KIMIA & PENDIDIKAN KIMIA*, 4(2), 142–154. <https://doi.org/10.20414/SPIN.V4I2.5538>
- Ramadiani, S., Silvianti, N., Putra, R. P., & Agustina, R. D. (2022). Uji Perbandingan Kegiatan Laboratorium berbasis IoT dengan Virtual Laboratory pada Materi Periode Bandul dengan HOTLAB. *Jurnal Penelitian Ilmu Pendidikan*, 15(1). <https://doi.org/10.21831/JPIPFIP.V15I1.41485>
- Ridoh, A., Aminuddin, F. H., Wiyoko, T., Putra, Y. I., Putra, T. A., & Azwan, M. (2024). Peningkatan Kompetensi Profesional Guru Melalui Digitalisasi Pembelajaran di Pendidikan Menengah Kejuruan. *I-Com: Indonesian Community Journal*, 4(3), 2020–2031. <https://doi.org/10.33379/ICOM.V4I3.5200>
- Rona Taula Sari, Angreni, S., & Julia Salsa, F. (n.d.). *Jurnal Pendidikan Sains Indonesia Pengembangan Virtual-Lab Berbasis STEM*. <https://doi.org/10.24815/jpsi.v10i2.23833>
- Rusdi, M. A., Herliani, H., & Rijai, L. (2021). Pengembangan Media Pembelajaran Virtual Lab Untuk Meningkatkan Keterampilan Proses Sains dan Penguasaan Konsep Materi Titration Asam Basa Pada Siswa SMA Tahun Pembelajaran 2020/2021. *Jurnal Zarah*, 9(2), 125–130. <https://doi.org/10.31629/ZARAH.V9I2.3350>
- Salmerón-Manzano, E., & Manzano-Agugliaro, F. (n.d.). *The Higher Education Sustainability through Virtual Laboratories: The Spanish University as Case of Study*. <https://doi.org/10.3390/su10114040>
- Sutinah, C. (2022). Pengaruh Pembelajaran Hands-on dan Virtual Lab Terhadap Pemahaman Konsep dan Berpikir Kritis Siswa. *COLLASE (Creative of Learning Students Elementary Education)*, 5(3), 470–480. <https://doi.org/10.22460/COLLASE.V5I3.10774>
- Terapan, J., Teknologi, S. & Mat, R., Dul Aji, S., Kurniawati, M., Fisika, P. P., Pgri, U., & Malang, K. (2023). Peningkatan Kemampuan Berpikir Kritis Siswa Melalui Lembar Kerja Peserta Didik Berbasis Virtual Lab Pada Model Inkuiri Terbimbing. *RAINSTEK: Jurnal Terapan Sains Dan Teknologi*, 5(2), 163–172. <https://doi.org/10.21067/JTST.V5I2.8868>
- Widodo, A., Widodo, A., Maria, R. A., & Fitriani, A. (2017). Constructivist Learning Environment During Virtual and Real Laboratory Activities. *Biosaintifika: Journal of Biology & Biology Education*, 9(1), 11–18. <https://doi.org/10.15294/biosaintifika.v9i1.7959>
- Wiro Sasmito, G., Wijayanto, S., Ode Mohamad Zulfiqar, L., & Studi IV Teknik Informatika Politeknik Harapan Bersama, P. D. (2020). Studi Pengenalan Internet of Things Bagi Guru dan Siswa SMK Bina Nusa Slawi Sebagai Wawasan Salah Satu Ciri Revolusi Industri 4.0. *Dinamisia : Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, 4(1), 186–194. <https://doi.org/10.31849/DINAMISIA.V4I1.3692>

Zhang, X., Ge, W., Xiao, Y., Yan, J., & Liu, J. (2025). *The Effects of Blended Training Models on Self-Regulated Learning Abilities of In-Service Science Teachers*. 830–834.
<https://doi.org/10.1109/ICAIE64856.2025.11158681>

*** Muhamamd Kopravi (Corresponding Author)**

Universitas Amikom Yogyakarta,

Jl. Padjajaran, Ring Road Utara, Kel. Condongcatur, Kec. Depok, Kab. Sleman, Prop. Daerah Istimewa Yogyakarta 55283, Indonesia

Email: email kopravi@amikom.ac.id

Senie Destya

Universitas Amikom Yogyakarta,

Jl. Padjajaran, Ring Road Utara, Kel. Condongcatur, Kec. Depok, Kab. Sleman, Prop. Daerah Istimewa Yogyakarta 55283, Indonesia

Email: email seniedestya@amikom.ac.id

Rina Pramitasari

Universitas Amikom Yogyakarta,

Jl. Padjajaran, Ring Road Utara, Kel. Condongcatur, Kec. Depok, Kab. Sleman, Prop. Daerah Istimewa Yogyakarta 55283, Indonesia

Email: email rina.pramitasari@amikom.ac.id
