

## Pelatihan Perancangan Eksperimen Fisika berbasis Sensor *Smartphone* bagi Guru Fisika dan IPA di Kabupaten Garut

Asep Irvan Irvani<sup>1\*</sup>, Siti Nurdianti Muhajir<sup>1</sup>, Reza Ruhbani Amarulloh<sup>2</sup>, Resti Warliani<sup>1</sup>, Isti Fuji Lestari<sup>1</sup>, Rahmadhani Mulvia<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Pendidikan Fisika, Universitas Garut

<sup>2</sup>Tadris Fisika, UIN Sunan Syarif Hidayatullah Jakarta

\*[irvan.irvani@uniga.ac.id](mailto:irvan.irvani@uniga.ac.id)

### Abstrak

Guru yang adaptif dengan perkembangan teknologi merupakan tuntutan kompetensi di abad 21 ini. Pengabdian kepada masyarakat ini diselenggarakan oleh Program Studi Pendidikan Fisika Universitas Garut. Tujuan dari pengabdian kepada masyarakat ini adalah untuk memberikan pelatihan bagi Guru Fisika dan IPA di Kabupaten Garut dalam membuat perencanaan eksperimen fisika berbasis sensor *smartphone*. Pelatihan ini dilakukan selama 32 jam pelajaran meliputi pemaparan materi, praktik penggunaan sensor *smartphone*, dan *workshop* perancangan eksperimen. Peserta pelatihan sebanyak 24 guru yang berasal dari berbagai sekolah di Kabupaten Garut. Sensor *smartphone* yang diterapkan dalam pelatihan ini menggunakan aplikasi *Phyphox*. Sebagai penunjang rancangan eksperimen, dibuat lembar kerja peserta didik dengan *liveworksheet*. Tahapan pelatihan meliputi: (1) pemaparan materi, (2) demonstrasi penggunaan sensor *smartphone* dan *liveworksheet*, (3) eksplorasi alat oleh peserta, dan (4) perancangan eksperimen. Hasil pelatihan menunjukkan bahwa penggunaan sensor *smartphone* sebagai alat eksperimen diterima dengan baik oleh peserta. Materi yang diberikan sesuai dengan kebutuhan dan relevansi profesi peserta pelatihan. Interaksi dengan instruktur dinilai positif, dengan instruktur yang membantu dan memotivasi peserta.

Kata kunci: eksperimen fisika, *liveworksheet*, pelatihan guru, sensor *smartphone*

## A. Pendahuluan

Peningkatan kemampuan individu dan mendapatkan kualitas hidup yang baik dalam masyarakat harus menjadi tujuan utama pendidikan (González, 2022; de los Reyes, 2022; bin Nordin, 2022). Upaya untuk menjamin pendidikan yang inklusif, setara, dan berkualitas serta memajukan kegiatan *lifelong learning* untuk semua tampaknya belum cukup berhasil, ketidakhadiran siswa untuk belajar di kelas selama pandemi COVID-19 berdampak pada hasil pendidikan yang lama kelamaan terlihat amat sangat memprihatinkan (Susanto, 2022; Bozkurt, 2022). Hal ini dapat terlihat dari minat siswa yang amat sangat kurang terhadap kegiatan pembelajaran, terutama pembelajaran fisika (Bahtiar, 2022; Nicolete, 2021). Pembelajaran yang menarik menjadi sebuah kewajiban demi terlaksananya kegiatan pembelajaran yang sukses (Irvani, 2022). Suksesnya kegiatan pembelajaran akan bergantung pada literasi teknologi guru, pengelola pendidikan dan juga peran orang tua. Seiring dengan perkembangan teknologi, sistem pendidikan mulai berubah dari pembelajaran tatap muka menjadi pembelajaran campuran atau *blended learning* (kombinasi media pembelajaran cetak dan digital) (Sari et al, 2022; Oral, 2022). Begitu pun pelaksanaan praktikum dalam pembelajaran kini tidak lepas dari penggunaan teknologi sebagai media pembelajaran, salah satunya dalam praktikum fisika.

Pelaksanaan praktikum dalam pembelajaran fisika dapat menumbuhkan minat siswa dalam belajar (Mastun, 2022; Safarati, 2022; Muttaqin, 2023). Selain itu praktikum juga dapat meningkatkan keterampilan-keterampilan lain seperti keterampilan proses sains, kreativitas, dan menangani *learning lost* selama pandemi (Romadona, 2023; Putri, 2022; Dewi, 2022). Praktikum dalam pembelajaran abad 21 dapat dilakukan secara langsung, virtual atau *blended* (Nicolete, 2021; Marzoli, 2021). Pembelajaran praktikum umumnya memerlukan persiapan yang lebih dibandingkan pembelajaran di kelas, mulai dari persiapan, pelaksanaan, sampai dengan pasca praktikum. Alat dan bahan yang digunakan dalam praktikum pun beragam yang umumnya menggunakan kit praktikum yang dijual di *marketplace* atau dengan media yang dibuat oleh guru. Adapun praktikum dengan bantuan media digital tentu merupakan sebuah inovasi untuk meningkatkan minat belajar serta hasil belajar siswa dalam mata pelajaran fisika.

Meskipun demikian, pada pelaksanaannya kegiatan praktikum menjadi kendala baru di beberapa sekolah, hal ini disebabkan karena tidak tersedianya peralatan praktikum yang memadai atau pun juga karena kurangnya skills dan literasi teknologi guru untuk menunjang praktikum fisika berbasis digital di sekolah. Padahal, praktikum dengan media digital sebenarnya dapat dilakukan kapan saja dengan memanfaatkan media *smartphone* (Carroll, 2021). Di era ini *smartphone* menjadi salah satu peralatan wajib yang dapat menunjang komunikasi. Pengetahuan guru tentang penggunaan *smartphone* sebagai media bantu kegiatan praktikum masih cukup rendah, sehingga penggunaan aplikasi-aplikasi penunjang praktikum yang ada pada *smartphone* seperti sensor *smartphone* menjadi tidak familier, karena permasalahan inilah maka dilakukan Pelatihan Perancangan Eksperimen Fisika berbasis Sensor *Smartphone* bagi Guru Fisika/IPA di Kabupaten Garut. Kegiatan ini

dilaksanakan sebagai upaya dalam meningkatkan *skills* guru dalam memanfaatkan *smarthphone* sebagai media dalam membantu praktikum fisika.

## B. Metodologi

Kegiatan pelatihan perancangan eksperimen fisika berbasis sensor *smartphone* ini dilaksanakan dalam beberapa tahap, pada tahap pertama peserta dijelaskan terkait penggunaan aplikasi *smartphone* yaitu *Phypox* sebagai sensor dalam eksperimen fisika. Berikutnya peserta diberikan materi terkait dengan perancangan lembar kerja peserta didik interaktif dengan menggunakan *website* *liveworksheet.com*. Pada tahap ini dijelaskan juga terkait dengan pengembangan eksperimen fisika dengan pendekatan *inquiry*, sehingga peserta dapat mengembangkan praktikum tidak hanya bersifat verifikasi saja. Hal ini diharapkan dapat meningkatkan kualitas pembelajaran fisika/sains di sekolah. Tahapan selanjutnya adalah peserta pelatihan diberikan kesempatan untuk melakukan percobaan fisika langsung dengan menggunakan *smartphone* sebagai sensor.



Gambar 1. Peserta menerima penjelasan terkait dengan penggunaan *smartphone* sebagai sensor dalam percobaan fisika.



Gambar 2. Peserta menerima penjelasan terkait dengan perancangan lembar kerja peserta didik interaktif.

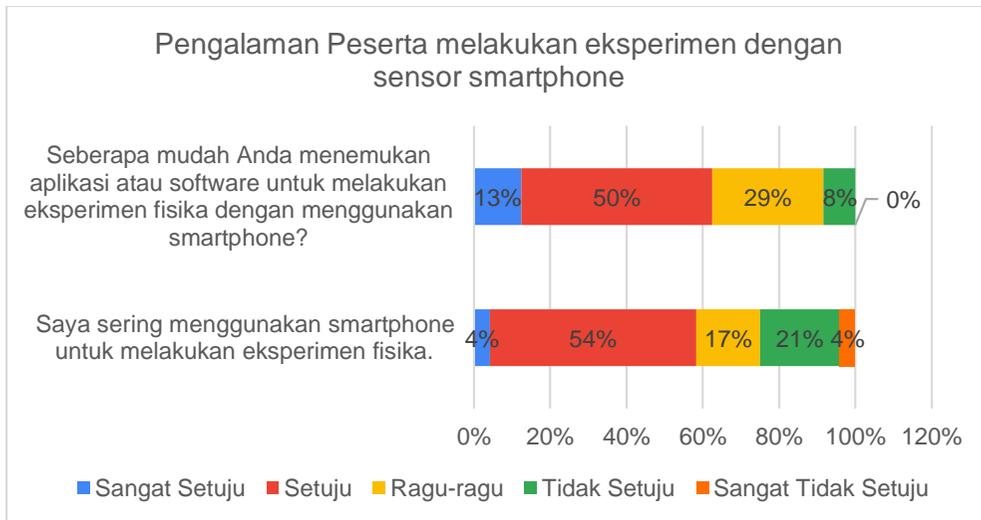


Gambar 3. Peserta mempraktikkan percobaan dengan menggunakan *smartphone* sebagai sensor.

### C. Hasil dan Pembahasan

#### Pengalaman Peserta melakukan eksperimen dengan sensor *smartphone*

Berdasarkan hasil angket yang diberikan kepada peserta pelatihan, dilakukan evaluasi sejauh mana responden menggunakan *smartphone* untuk melakukan eksperimen fisika dan sejauh mana responden merasa mudah menemukan aplikasi atau *software* untuk melakukan eksperimen fisika dengan menggunakan *smartphone*.



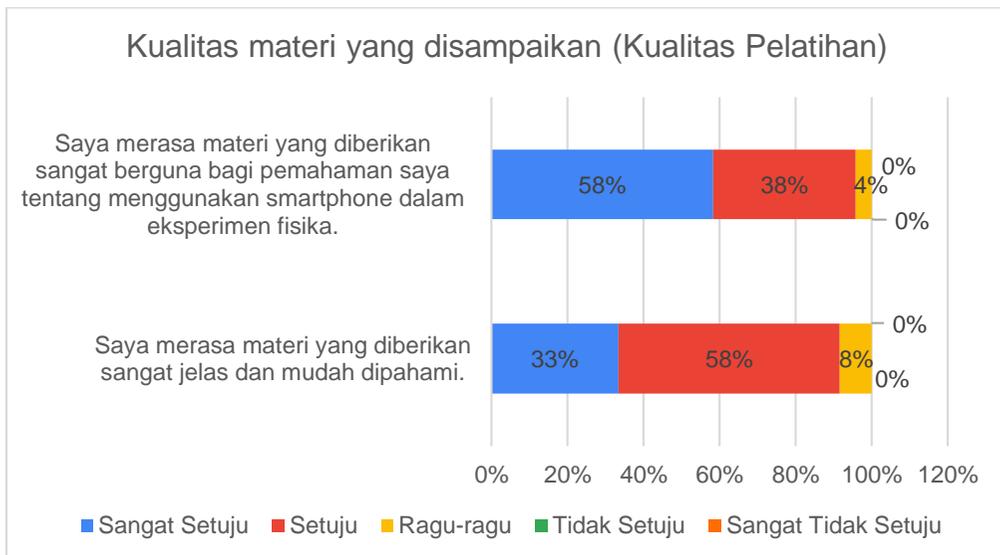
Gambar 4. Respons Peserta terhadap Pengalaman Melakukan Eksperimen dengan Sensor *Smartphone*

Sebagian besar responden menyatakan bahwa mereka sering menggunakan *smartphone* untuk melakukan eksperimen fisika, namun masih ada beberapa yang merasa ragu atau tidak setuju. Dari total 24 responden, lebih dari setengah (54% atau 13 orang) menyatakan setuju bahwa mereka sering menggunakan *smartphone* untuk tujuan tersebut. Sebanyak 4 responden (17%) mengungkapkan keraguan, sementara 5 responden (21%) menyatakan tidak setuju dan 1 responden (4%) menyatakan sangat tidak setuju. Hanya 1 responden (4%) yang menyatakan sangat setuju dengan pernyataan tersebut. Hasil ini menunjukkan peluang besar untuk guru dalam memanfaatkan *smartphone* sebagai media pembelajaran khususnya pada kegiatan eksperimen. Seperti halnya hasil penelitian Putra dan Anjani (2022) yang menunjukkan bahwa penggunaan *smartphone* sebagai alat dalam kegiatan eksperimen memiliki fleksibilitas yang tinggi.

Sebagian besar responden cenderung merasa mudah menemukan aplikasi atau *software* untuk melakukan eksperimen fisika dengan menggunakan *smartphone*, meskipun ada beberapa responden yang merasa ragu-ragu atau tidak setuju. Dari 24 responden, setengah dari responden (63% atau 15 orang) menyatakan bahwa mereka mudah menemukan aplikasi *smartphone* untuk melakukan eksperimen fisika (setuju dan sangat setuju). Sebanyak 29% atau 7 responden merasa ragu-ragu mengenai kemudahan menemukan aplikasi atau *software* yang relevan, sementara 8% atau 2 responden menyatakan tidak setuju. Kemudahan dalam menggunakan aplikasi pada *smartphone* ini dapat menjadi salah satu alternatif pengganti eksperimen dengan keterbatasan alat laboratorium (MSi, 2021).

### Kualitas materi yang disampaikan (Kualitas Pelatihan)

Pada kategori ini instrumen angket menggali terkait kejelasan materi dan kemudahan peserta dalam memahami materi yang disajikan.



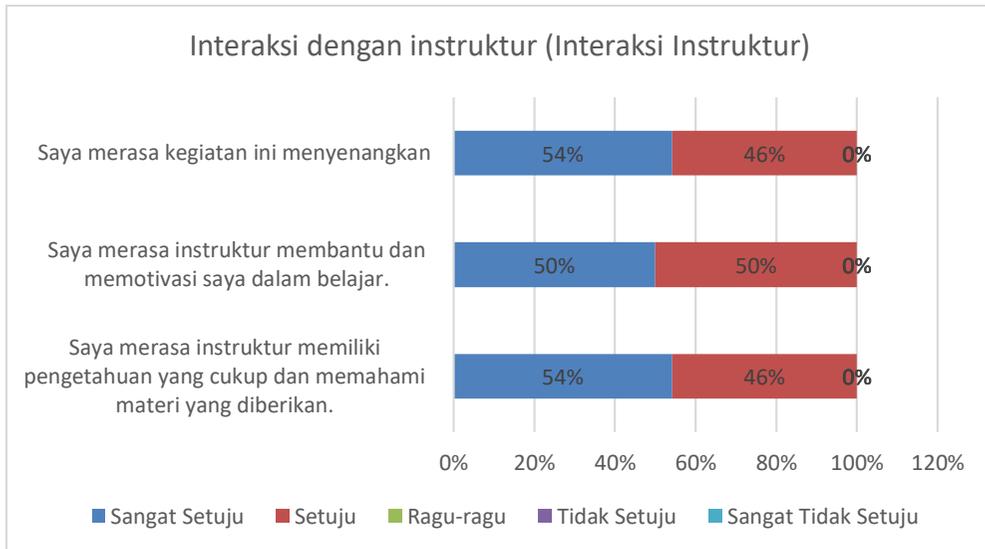
Gambar 5. Respons Peserta terhadap Kualitas Materi Pelatihan

Mayoritas (96%) peserta pelatihan menyatakan setuju dan sangat setuju bahwa materi yang diberikan sangat berguna bagi pemahaman mereka tentang penggunaan *smartphone* dalam pembelajaran/eksperimen fisika. Hanya sejumlah kecil (4%) peserta yang menyatakan ragu-ragu. Tidak ada peserta yang menyatakan tidak setuju dan sangat tidak setuju.

Mayoritas (sekitar 92%) peserta pelatihan menyatakan setuju dan sangat setuju bahwa materi yang diberikan sangat jelas dan mudah dipahami. Hanya sejumlah kecil (8%) peserta yang menyatakan ragu-ragu. Tidak ada peserta yang menyatakan tidak setuju dan sangat tidak setuju. Manfaat yang diterima oleh peserta pelatihan merupakan salah satu indikator dari keberhasilan kegiatan pelatihan (Pangga, dkk., 2021). Oleh sebab itu, pelaksanaan pelatihan pemanfaatan sensor *smarthone* bagi guru fisika dan IPA ini dapat dikatakan berhasil.

### Interaksi dengan instruktur

Pada kategori ini instrumen angket menggali persepsi peserta pelatihan terkait kegiatan pelatihan, cara instruktur dalam mengajar, serta pengetahuan dan pemahaman instruktur dalam kegiatan pelatihan.

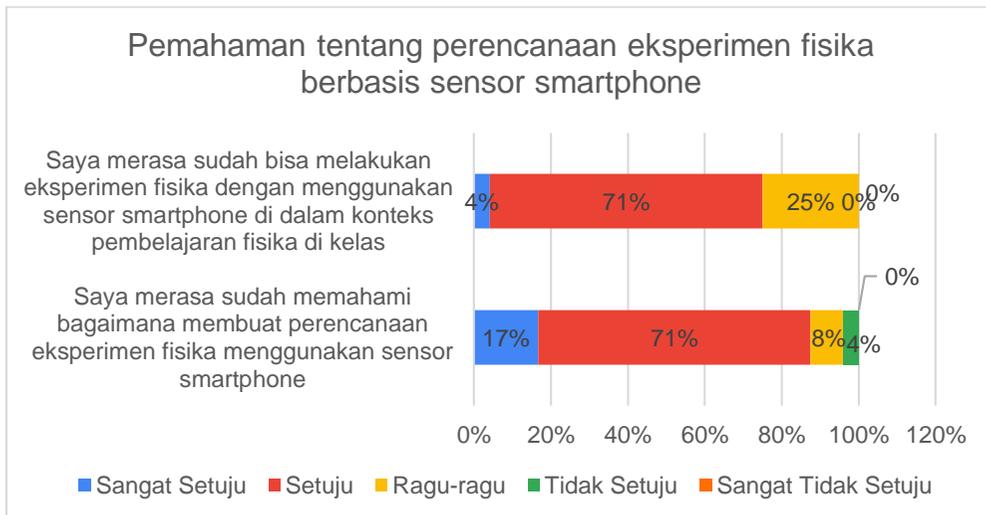


Gambar 6. Respons Peserta terhadap Interaksi dengan Instruktur

Pada kategori ini seluruh peserta menyatakan sangat setuju (54%) dan setuju (46%) bahwa kegiatan pelatihan yang dilaksanakan menyenangkan. Seluruh peserta menyatakan sangat setuju (50%) dan setuju (50%) bahwa instruktur pelatihan ini membantu dan memotivasi peserta untuk belajar. Kemudian seluruh peserta sangat setuju (54%) dan setuju (46%) bahwa instruktur dalam pelatihan ini memiliki pengetahuan yang cukup dan memahami materi yang diberikan.

### Pemahaman tentang perencanaan eksperimen fisika berbasis sensor *smartphone*

Pada kategori ini instrumen angket menggali persepsi peserta pelatihan terkait dengan kepercayaan diri peserta untuk melaksanakan eksperimen fisika dengan menggunakan sensor *smartphone* di dalam konteks pembelajaran fisika di kelas serta persepsi peserta didik terkait dengan pemahaman dalam merencanakan eksperimen fisika menggunakan sensor *smartphone*.



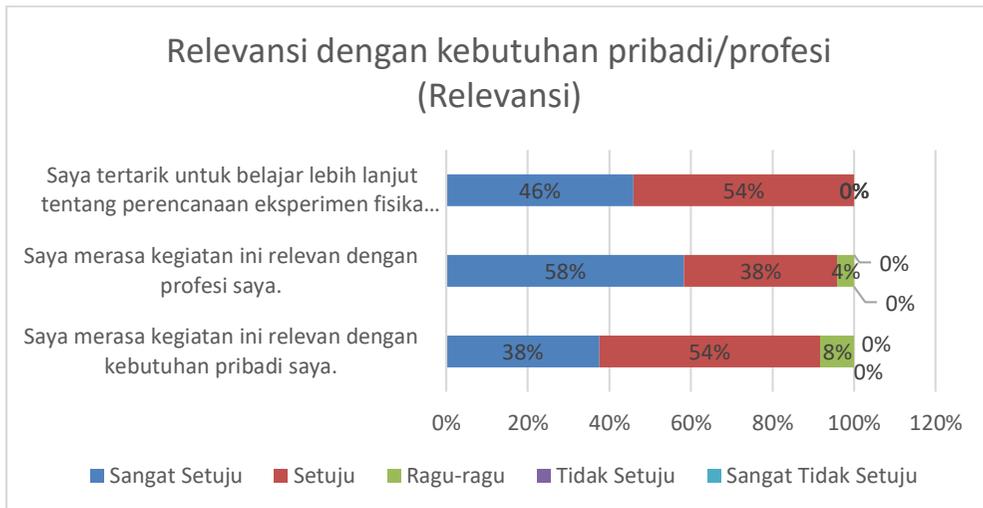
Gambar 7. Respons Peserta terhadap Pemahaman Perencanaan Eksperimen

Sebagian besar peserta (75%) menyatakan setuju dan sangat setuju bahwa mereka percaya dapat melaksanakan eksperimen fisika dengan menggunakan sensor *smartphone* di dalam konteks pembelajaran fisika. Masih terdapat seperempat (25%) peserta didik yang masih ragu-ragu terkait dengan hal tersebut.

Sebagian besar peserta (88%) menyatakan setuju dan sangat setuju bahwa mereka merasa memahami perencanaan eksperimen fisika menggunakan sensor *smartphone*. Masih ada sejumlah kecil 8% peserta yang menjawab ragu-ragu dan 4% peserta didik menjawab tidak setuju.

### Relevansi dengan kebutuhan pribadi/profesi.

Pada kategori ini instrumen angket menggali persepsi peserta pelatihan terkait dengan relevansi materi *pelatihan* dengan kebutuhan pribadi dan profesi peserta, serta apakah peserta tertarik untuk mempelajari secara lebih lanjut tentang perencanaan eksperimen fisika berbasis sensor *smartphone*.



Gambar 8. Respons Peserta terhadap Relevansi Materi dengan Kebutuhan Profesi

Sebagian besar peserta (96%) menyatakan setuju dan sangat setuju bahwa mereka merasa kegiatan pelatihan yang dilaksanakan relevan dengan profesi mereka sebagai guru fisika dan guru IPA di tingkat sekolah menengah, namun masih ada sejumlah kecil (4%) peserta yang masih ragu-ragu. Sebagian besar peserta (92%) menyatakan setuju dan sangat setuju bahwa mereka merasa kegiatan pelatihan yang dilaksanakan relevan dengan kebutuhan pribadi peserta, namun masih ada sejumlah kecil (8%) peserta yang masih ragu-ragu.

Seluruh peserta menyatakan sangat setuju (46%) dan setuju (54%) bahwa mereka tertarik untuk belajar lebih lanjut terkait dengan bagaimana merencanakan eksperimen fisika berbasis sensor *smartphone*.

## Diskusi

Berdasarkan hasil dan respons peserta terhadap kegiatan pelatihan pemanfaatan sensor *smartphone* sebagai alat eksperimen fisika ada beberapa temuan yang dapat ditelaah. Temuan-temuan tersebut di antaranya adalah (1) penggunaan *smartphone* dalam eksperimen fisika, (2) kualitas materi pelatihan, (3) interaksi antara peserta dan instruktur, (4) pemahaman mengenai perencanaan eksperimen fisika dengan sensor *smartphone*, serta (5) relevansi pelatihan dengan kebutuhan profesi peserta. Temuan ini dapat dijadikan sebagai acuan untuk melakukan penelitian atau pengabdian ke depannya.

Pada aspek penggunaan *smartphone* dalam eksperimen fisika, mayoritas responden (54%) mengaku sering memanfaatkan *smartphone* sebagai alat untuk melakukan eksperimen fisika. Hal ini menunjukkan adanya peluang yang besar bagi para guru untuk memanfaatkan kecanggihan *smartphone* sebagai media pembelajaran yang efektif. Selain itu, sebagian besar responden (63%) juga menyatakan bahwa mereka dengan mudah menemukan aplikasi atau perangkat lunak yang relevan untuk melaksanakan eksperimen fisika melalui *smartphone*. Kelebihan fleksibilitas dan aksesibilitas yang dimiliki oleh *smartphone* membuka potensi baru dalam mengatasi keterbatasan alat laboratorium di sekolah. Keterbatasan alat laboratorium ini menjadi masalah yang sering ditemui di sekolah (Qomariyah, dkk., 2020; Irvani & Warliani, 2022). Dengan demikian, penggunaan *smartphone* dalam eksperimen fisika menjadi alternatif yang menarik dan inovatif dalam proses pembelajaran.

Pada aspek kualitas materi pelatihan ditemukan bahwa hampir semua peserta pelatihan (96%) menyatakan setuju dan sangat setuju bahwa materi yang diberikan sangat berguna dalam meningkatkan pemahaman mereka tentang penggunaan *smartphone* dalam pembelajaran fisika. Selain itu, mayoritas peserta (92%) juga merasa bahwa materi yang disajikan sangat jelas dan mudah dipahami. Hasil ini menunjukkan bahwa peserta pelatihan merasakan manfaat yang nyata dari materi yang disampaikan dan bahwa materi tersebut telah disusun dengan baik oleh instruktur pelatihan. Kualitas materi yang tinggi ini merupakan indikator keberhasilan pelatihan, dan menunjukkan bahwa pelatihan pemanfaatan sensor *smartphone* bagi guru fisika dan IPA telah berhasil mencapai tujuannya (Pangga dkk., 2021).

Pada aspek interaksi, seluruh peserta pelatihan menyatakan sangat setuju dan setuju bahwa kegiatan pelatihan yang dilaksanakan menyenangkan. Hal ini menunjukkan bahwa instruktur pelatihan mampu menciptakan suasana yang menginspirasi dan memotivasi peserta untuk belajar. Selain itu, peserta juga menyatakan bahwa instruktur pelatihan sangat membantu dan memotivasi mereka dalam proses pembelajaran. Faktor ini penting dalam meningkatkan kualitas pembelajaran, karena interaksi yang positif antara peserta dan instruktur dapat memperkuat keterlibatan peserta dan mempercepat pemahaman materi yang disampaikan. Peserta pelatihan juga merasa bahwa instruktur memiliki pengetahuan yang cukup dan memahami dengan baik materi yang diberikan. Hal ini menunjukkan bahwa instruktur memiliki kompetensi yang memadai dalam mengajar dan mendukung pemahaman peserta terkait pemanfaatan sensor *smartphone* dalam

eksperimen fisika. Dengan demikian, aspek interaksi yang positif antara peserta dan instruktur merupakan faktor penting dalam keberhasilan pelatihan dan meningkatkan pemahaman peserta terhadap materi yang disampaikan.

Pada aspek pemahaman peserta terhadap materi pelatihan menunjukkan bahwa hampir semua peserta pelatihan (92%) menyatakan setuju dan sangat setuju bahwa materi yang diberikan sangat jelas dan mudah dipahami. Hal ini menunjukkan bahwa instruktur pelatihan telah berhasil menyampaikan materi dengan cara yang efektif dan mampu mengkomunikasikan informasi dengan baik kepada peserta. Peserta pelatihan juga merasa bahwa materi yang disampaikan sangat berguna dalam meningkatkan pemahaman mereka tentang penggunaan *smartphone* dalam pembelajaran fisika. Dengan pemahaman yang baik terhadap materi, peserta pelatihan dapat mengaplikasikan pengetahuan yang diperoleh dalam kegiatan pembelajaran fisika di kelas. Selain itu, peserta juga menyatakan kepercayaan diri mereka dalam melaksanakan eksperimen fisika dengan menggunakan sensor *smartphone* di dalam konteks pembelajaran fisika. Hal ini menunjukkan bahwa peserta pelatihan merasa siap dan mampu untuk mengimplementasikan pemahaman mereka dalam praktik nyata. Secara keseluruhan, hasil ini mengindikasikan bahwa pelatihan pemanfaatan sensor *smartphone* telah berhasil meningkatkan pemahaman peserta dan memberikan mereka kepercayaan diri dalam merencanakan dan melaksanakan eksperimen fisika dengan menggunakan *smartphone* sebagai alat yang relevan dalam pembelajaran fisika.

Pada aspek relevansi dengan kebutuhan profesi, relevansi materi pelatihan dengan kebutuhan pribadi dan profesi peserta pelatihan sangat penting dalam menilai keberhasilan pelatihan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sebagian besar peserta pelatihan (96%) menyatakan setuju dan sangat setuju bahwa kegiatan pelatihan yang dilaksanakan relevan dengan profesi mereka sebagai guru fisika dan guru IPA di tingkat sekolah menengah. Hal ini menunjukkan bahwa peserta pelatihan menganggap materi yang disampaikan memiliki aplikabilitas yang langsung dalam pekerjaan mereka sebagai guru. Selain itu, mayoritas peserta (92%) juga menyatakan setuju dan sangat setuju bahwa kegiatan pelatihan relevan dengan kebutuhan pribadi mereka. Artinya, mereka merasa bahwa materi pelatihan memberikan manfaat yang sesuai dengan tujuan dan kebutuhan pengembangan diri mereka. Dalam konteks ini, pelatihan pemanfaatan sensor *smartphone* telah memberikan kontribusi yang signifikan dalam menghadirkan materi yang relevan dengan kebutuhan peserta dan menjawab tantangan dalam mengintegrasikan teknologi *smartphone* dalam pembelajaran fisika.

#### **D. Kesimpulan**

Berdasarkan temuan-temuan penelitian, dapat disimpulkan bahwa penggunaan *smartphone* dalam eksperimen fisika telah diterima dengan baik oleh peserta pelatihan. Mayoritas peserta mengakui sering menggunakan *smartphone* untuk eksperimen fisika dan merasa mudah menemukan aplikasi yang relevan. Materi pelatihan dinilai memiliki kualitas yang baik, dengan pemahaman yang tinggi dan kejelasan materi yang mudah dipahami. Interaksi dengan instruktur dinilai positif, dengan instruktur yang membantu dan memotivasi peserta. Selain itu, materi pelatihan juga relevan dengan kebutuhan pribadi dan profesi peserta. Secara keseluruhan, pelatihan pemanfaatan sensor *smartphone* telah berhasil dalam meningkatkan pemahaman peserta, memberikan materi yang relevan, dan mendorong penggunaan *smartphone* sebagai alat pembelajaran yang efektif dalam eksperimen fisika.

Untuk pengembangan ke depan, disarankan untuk melanjutkan pelatihan pemanfaatan sensor *smartphone* dengan melibatkan lebih banyak guru fisika dan IPA. Dalam pelatihan ini, perlu diperluas cakupan materi yang meliputi berbagai eksperimen fisika yang dapat dilakukan dengan *smartphone*, serta pengenalan aplikasi atau *software* yang lebih khusus dan mendalam. Selain itu, perlu dilakukan evaluasi secara berkala terhadap materi dan metode pelatihan, serta memperhatikan umpan balik peserta untuk memperbaiki dan meningkatkan kualitas pelatihan. Kolaborasi dengan lembaga pendidikan dan industri teknologi juga dapat dijalin untuk mengoptimalkan penggunaan *smartphone* dalam eksperimen fisika. Dengan upaya yang berkelanjutan dan peningkatan penggunaan *smartphone* sebagai alat pembelajaran, diharapkan dapat meningkatkan minat dan pemahaman peserta serta memperkaya pengalaman pembelajaran fisika di masa depan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Bahtiar, B., & Azmar, A. (2022). The Effect of Using a Virtual Laboratory on Students' Motivation and Learning Outcomes in Physics Learning. *Jurnal Pendidikan Fisika*, 10(1), 13-21.
- Bozkurt, A., Karakaya, K., Turk, M., Karakaya, Ö., & Castellanos-Reyes, D. (2022). The Impact of COVID-19 on Education: A Meta-Narrative Review. *TechTrends*, 66(5), 883-896.
- bin Nordin, M. N., Maidin, S. S., Rajoo, M., Mahmud, M., Jani, W. N. F. A., Yusoh, M. P., ... & Mosbiran, N. F. (2022). International Frameworks For 21st Century Competences: Comparative Education. *resmilitaris*, 12(2), 7332-7344.
- Carroll, R., & Lincoln, J. (2020). Phypox app in the physics classroom. *The Physics Teacher*, 58(8), 606-607.
- de los Reyes, E. J., Blannin, J., Cohrsen, C., & Mahat, M. (2022). Resilience of higher education academics in the time of 21st century pandemics: a narrative review. *Journal of Higher Education Policy and Management*, 44(1), 39-56.
- Dewi, Y. C., & Rasagama, I. G. (2022). Analisis Respon Mahasiswa Terhadap Praktikum Keseimbangan Menggunakan Aplikasi Phet Simulation. *JPF (Jurnal Pendidikan Fisika) Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar*, 10(2), 94-100.
- González-Pérez, L. I., & Ramírez-Montoya, M. S. (2022). Components of Education 4.0 in 21st century skills frameworks: systematic review. *Sustainability*, 14(3), 1493.
- Irvani, A. I. (2022). Merancang Media Pembelajaran Berdasarkan Bagaimana Siswa Belajar. *Jurnal Pendidikan Fisika dan Sains*, 5(1), 1-9.
- Irvani, A. I., & Warliani, R. (2022). Development of Physics Demonstration Videos on Youtube (PDVY) as Physics Learning Media. *Jurnal Pendidikan Fisika Indonesia*, 18(1), 1-12.
- Nicolete, P. C., Herpich, F., de Oliveira Júnior, E. T., Tarouco, L. M. R., & da Silva, J. B. (2021, April). Analysis of student motivation in the use of a Physics Augmented Remote Lab during the Covid-19 pandemic. In *2021 IEEE global engineering education conference (EDUCON)* (pp. 1040-1047). IEEE.
- Oral, I., & Erkilic, M. (2022). Investigating the 21st-Century Skills of Undergraduate Students: Physics Success, Attitude, and Perception. *Journal of Turkish Science Education*, 19(1), 284-301.
- Pangga, D., Ahzan, S., Gummah, S., & Prayogi, S. (2021). Pelatihan Pembuatan Video Pembelajaran Untuk Guru Ma Al-Istiqomah Nw Bedus. *SELAPARANG: Jurnal Pengabdian Masyarakat Berkemajuan*, 3(2), 203-206.

- Marzoli, I., Colantonio, A., Fazio, C., Giliberti, M., di Uccio, U. S., & Testa, I. (2021). Effects of emergency remote instruction during the COVID-19 pandemic on university physics students in Italy. *Physical Review Physics Education Research*, 17(2), 020130.
- Matsun, M., & Alegef, S. L. H. (2022). Pengembangan Modul Praktikum Ipa-Fisika Berbasis Inkuiri untuk Meningkatkan Keterampilan Proses Sains Pada Materi Getaran dan Gelombang Di Kelas Viii Mts Al-Jihad Pontianak. *Jurnal Pendidikan Sains Dan Aplikasinya*, 5(1), 7-14.
- MSi, H. (2021). Pemanfaatan Sensor Android Sebagai Media Eksperimen Pada Materi Gerak Harmonis Sederhana. *Jurnal Teknodik*, 131-142.
- Muttaqin, R., Setyaningsih, N. E., & Nurbaiti, U. (2023). Pengembangan Modul Praktikum Fisika Dasar Digital pada Materi Listrik Magnet sebagai Upaya Adaptasi Kebiasaan Baru. *Jurnal Pengelolaan Laboratorium Pendidikan*, 1(1), 20-29.
- Putra, R. P., & Anjani, R. A. (2022). Pandangan mahasiswa terhadap virtual laboratory dengan menggunakan PhET sebagai media dalam melakukan kegiatan laboratorium fisika. *Pena Kreatif: Jurnal Pendidikan*, 11(1).
- Putri, W. A., & Astalini, A. (2022). Analisis Kegiatan Praktikum untuk Dapat Meningkatkan Keterampilan Proses Sains dan Kemampuan Berpikir Kritis. *Edukatif: Jurnal Ilmu Pendidikan*, 4(3), 3361-3368.
- Romadona, D. D., Purwaningsih, S., & Darmaji, D. (2023). VALIDITAS PENUNTUN PRAKTIKUM FISIKA BERBASIS KETERAMPILAN PROSES SAINS PADA MATERI FLUIDA STATIS MENGGUNAKAN APLIKASI KVISOFT FLIPBOOK MAKER. *Pena Kreatif: Jurnal Pendidikan*, 11(2).
- Safarati, N., Zuhra, F., & Fatimah, F. (2022). PELATIHAN DAN PENDAMPINGAN GURU FISIKA SMA DI LINGKUNGAN KABUPATEN BIREUEN DALAM MELAKUKAN PRAKTIKUM FISIKA. *Community Development Journal: Jurnal Pengabdian Masyarakat*, 3(2), 819-825.
- Sari, S. Y., Rahim, F. R., Sundari, P. D., & Aulia, F. (2022, July). The importance of e-books in improving students' skills in physics learning in the 21st century: a literature review. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 2309, No. 1, p. 012061). IOP Publishing.
- Susanto, S. (2022). The Challenge Of The Integrated Character Education Paradigm With 21st-Century Skills During The Covid-19 Pandemic. *Cendekia: Jurnal Kependidikan Dan Kemasyarakatan*, 20(1).
- Qomariyah, N., Wirawan, R., Minardi, S., & Handayana, I. G. N. Y. (2020). Pendalaman Konsep Fisika Menggunakan Alat Peraga Berbasis Mikrokontroler Pada Siswa Sma. *SELAPARANG: Jurnal Pengabdian Masyarakat Berkemajuan*, 4(1), 486-490.