



## Pengabdian Masyarakat Berbasis *Participatory Action Research* (PAR): Pelatihan dan Pendampingan Pembelajaran STEM bagi Guru SMA di Kabupaten Kerinci

Ahmad Yamin<sup>1)</sup>, M. Eval Setiawan<sup>2)</sup>, Rhomiy Handican<sup>3)</sup>

<sup>1)</sup>Pendidikan Agama Islam, Institut Agama Islam Negeri Kerinci, Indonesia

<sup>2)</sup>Tadris Biologi, Institut Agama Islam Negeri Kerinci, Indonesia

<sup>3)</sup>Tadris Matematika, Institut Agama Islam Negeri Kerinci, Indonesia

Koresponden: [evalsetiawan93@gmail.com](mailto:evalsetiawan93@gmail.com)

DOI: <https://10.32939/rgk.v5i2.6978>

### Abstract

*Science teachers' misconceptions about the implementation of interdisciplinary curriculum, which is often reduced to physical crafts, as well as the dominance of conventional teaching materials, are major problems in Public High Schools in Kerinci Regency. This community service program aims to eliminate theoretical misconceptions and improve the practical capacity of educators in developing STEM for HOTS-based Student Worksheets integrated with local potential. The approach applied is Participatory Action Research (PAR) through four circular stages: Diagnose, Act, Measure, and Reflect. Activities are facilitated collaboratively through structured hybrid mentoring. The results of the community service program confirm the effectiveness of pedagogical interventions with an N-Gain score of 0.71 (High category) for increasing teachers' conceptual understanding. Furthermore, the average instructional performance of educators in executing the Engineering Design Process (EDP) stages in the classroom actually reached 85.40% or exceeded the minimum success indicator. In practice, this program culminates in the standardization of three volumes of STEM LKPD collections with ISBNs that innovatively highlight local potential engineering, such as the utilization of Cassiavera waste and water filtration of Lake Kerinci. This transformation of educator competencies has proven effective in shifting the instructional paradigm to be more divergent in order to stimulate students' critical reasoning.*

**Keywords:** Participatory Action Research; STEM Education; Higher Order Thinking Skills; Local Potential; Science Teachers.

### Abstrak

Miskonsepsi guru sains mengenai implementasi kurikulum interdisipliner yang kerap direduksi sebatas kerajinan fisik, serta dominasi perangkat ajar konvensional, menjadi problematika utama di SMA Negeri Kabupaten Kerinci. Pengabdian ini bertujuan mengeliminasi miskonsepsi teoretis dan meningkatkan kapasitas praktis pendidik dalam menyusun Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD) berbasis STEM berbasis HOTS yang terintegrasi potensi lokal. Pendekatan yang diterapkan adalah *Participatory Action Research* (PAR) melalui empat tahapan sirkular: *Diagnose, Act, Measure, dan Reflect*. Kegiatan difasilitasi secara kolaboratif melalui pendampingan hibrida terstruktur. Hasil pengabdian mengonfirmasi efektivitas intervensi pedagogis dengan perolehan nilai N-Gain peningkatan pemahaman konseptual guru sebesar 0,71 (kategori Tinggi). Lebih lanjut, rata-rata kinerja instruksional pendidik dalam mengeksekusi tahapan *Engineering Design Process* (EDP) di ruang kelas secara nyata mencapai 85,40% atau melampaui indikator keberhasilan minimal. Secara praksis, program ini

bermuara pada standardisasi tiga jilid buku kumpulan LKPD STEM ber-ISBN yang secara inovatif mengangkat rekayasa potensi lokal, seperti pemanfaatan limbah *Cassia vera* dan filtrasi air Danau Kerinci. Transformasi kompetensi pendidik ini terbukti efektif menggeser paradigma instruksional menjadi lebih divergen guna menstimulasi nalar kritis peserta didik.

**Kata Kunci:** Participatory Action Research; Pembelajaran STEM; Keterampilan Berpikir Tingkat Tinggi; Potensi Lokal: Guru Sains.

## Pendahuluan

Transformasi pedagogis di Era pendidikan Abad 21 diharapkan membekali keterampilan berpikir tingkat tinggi (*Higher Order Thinking Skills*) (Conklin, 2012; Saido et al., 2015). Tantangan ini dipertegas oleh rilis hasil studi internasional seperti *Programme for International Student Assessment* (PISA) dan *Trends in International Mathematics and Science Study* (TIMSS) yang menunjukkan bahwa performa literasi sains dan matematika siswa di Indonesia masih berada pada kategori rendah (OECD, 2023; Tohir, 2020). Rendahnya capaian ini berakar dari minimnya pembiasaan dan pelatihan bagi peserta didik dalam memecahkan instrumen evaluasi yang membutuhkan penalaran kompleks dan pemecahan masalah dunia nyata (Fanani, 2018; Tajudin & Chinnappan, 2016).

Upaya respon dari fenomena ini diperlukan rekonstruksi kualitas instruksional di ruang kelas agar luaran pendidikan mampu adaptif terhadap dinamika global yang kompetitif. Salah satunya dengan implementasi pendekatan *Science, Technology, Engineering, and Mathematics* (STEM). Pendekatan interdisipliner menjadi sebuah keniscayaan akademis muncul sebagai solusi teoritis sekaligus praktis yang sangat efektif dalam mentransformasi pembelajaran sains (English, 2017; Thibaut et al., 2018). Pendekatan STEM mengintegrasikan empat bidang keilmuan secara holistik untuk menjembatani konsep-konsep abstrak dengan fenomena nyata melalui proses desain rekayasa (*engineering design process*) dan pemanfaatan teknologi (Bybee, 2013; Moore et al., 2014). Secara teoretis, pembelajaran berbasis STEM menstimulasi peserta didik untuk tidak sekadar menghafal konten materi, melainkan mengonstruksi pengetahuan secara mandiri melalui pemecahan masalah otentik (Baharin et al., 2018; Kelley & Knowles, 2016). Integrasi multidisipliner ini dipercaya mampu memperkuat literasi ilmiah dan secara linier mendorong akselerasi kemampuan berpikir tingkat tinggi peserta didik menuju arah pembelajaran yang lebih bermakna.

Namun demikian, analisis empiris di tingkat satuan pendidikan Menengah Atas menyingkap adanya kesenjangan yang terjadi secara signifikan antara kondisi ideal dengan realitas di lapangan. Pelaksanaan pembelajaran berbasis STEM di sekolah-sekolah saat ini belum berjalan optimal karena mayoritas pendidik masih mengalami miskonsepsi konseptual serta keterbatasan kompetensi dalam mengawinkan aspek *engineering* dan *technology* ke dalam kurikulum sains. Banyak guru yang memahami STEM hanya sebatas penggabungan materi secara parsial tanpa adanya keterpaduan produk rekayasa yang bermakna (Srikoom et al., 2018). Keterbatasan pemahaman pedagogis guru dalam merancang skenario STEM yang aplikatif menyebabkan esensi dari pendekatan interdisipliner ini tereduksi menjadi sekadar pembelajaran sains teoritis konvensional yang monoton (Merta et al., 2019).

Problematika yang terjadi di lapangan memberikan gambaran pentingnya pemahaman STEM secara dalam bagi seorang guru di sekolah. Penerapan model intervensi konvensional berupa pelatihan searah (*top-down*) masih dinilai kurang efektif karena menempatkan guru sekadar sebagai objek transfer pengetahuan yang pasif (Desimone, 2009; Idrus et al., 2023). Dengan demikian, solusi dari kondisi ini yaitu dengan menggunakan metode *Participatory Action Research* (PAR) sebagai pendekatan intervensi strategis dalam kegiatan pengabdian ini. Urgensi penggunaan PAR terletak pada karakteristiknya yang emansipatoris, reflektif, dan

partisipatif, yang melibatkan guru secara aktif sebagai praktisi yang meneliti dan menyelesaikan problematikanya sendiri di ruang kelas (Kemmis et al., 2014; McTaggart et al., 2017). Pada siklus PAR yang terstruktur yang dimulai dari mendiagnosis akar masalah (*diagnose*), mengeksekusi tindakan (*act*), mengukur dampak (*measure*), hingga merefleksikan perubahan (*reflect*). PAR dapat mendorong guru untuk melakukan transformasi profesional secara sadar, kolaboratif, dan berkelanjutan (James et al., 2008; Morales, 2016).

Berdasarkan analisis mendalam pada kondisi dan permasalahan diatas, adapun rumusan masalah utama kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini berpusat pada bagaimana mengeliminasi miskonsepsi serta meningkatkan kapasitas profesional guru dalam mengeksekusi pembelajaran interdisipliner di dalam kelas. Oleh sebab itu, kegiatan pengabdian ini bertujuan utama untuk mengoptimalkan pemahaman pedagogis dan keterampilan praktis guru sains dalam melaksanakan pembelajaran berbasis STEM di sekolah melalui siklus pendampingan PAR. Program pengabdian ini terukur dan diharapkan para pendidik mampu melahirkan pembaharuan berupa perangkat pembelajaran inovatif yang adaptif terhadap karakteristik siswa, sehingga mampu menjadi stimulator bagi peningkatan mutu pendidikan sains nasional secara komprehensif.

### Identifikasi Masalah

Analisis situasi yang mendalam terhadap realitas pedagogis di tingkat satuan pendidikan menyingkap adanya masalah mendasar berupa miskonsepsi konseptual yang akut di kalangan guru sains mengenai implementasi pendekatan *Science, Technology, Engineering, and Mathematics* (STEM) dan orientasi *Higher Order Thinking Skills* (HOTS). Fakta di lapangan menunjukkan bahwa mayoritas pendidik belum optimal dalam memahami konsep HOTS secara utuh, sehingga proses integrasi instrumen berpikir tingkat tinggi dalam skenario pembelajaran di kelas menjadi kurang tepat. Selain itu, pendidik sering terjebak dalam reduksionisme praktis, di mana pembelajaran berbasis STEM hanya dianggap sebatas aktivitas fisik pembuatan produk tanpa diperkuat oleh pendalaman konsep sains maupun penalaran matematis yang logis. Ketidapahaman ini berdampak pada kegagalan dalam memformulasikan skenario pembelajaran interdisipliner yang mampu merangsang kemampuan menganalisis, mengevaluasi, dan mencipta pada peserta didik (Margot & Kettler, 2019; Srikoorn et al., 2018). Akibatnya, esensi STEM yang seharusnya melatih kemampuan berpikir tingkat tinggi tereduksi menjadi sekadar pembelajaran sains teoritis biasa yang kurang kontekstual. Oleh karena itu, target awal dari kegiatan pengabdian ini dirancang untuk melakukan rekonstruksi paradigma berpikir guru melalui intervensi konseptual pada tahap *Diagnose* dan *Act*, sehingga miskonsepsi pedagogis tersebut dapat dieliminasi secara total sebelum guru melangkah ke tahap perancangan skenario pembelajaran

Persoalan faktual ini diperparah oleh keterbatasan perangkat instruksional dan bahan ajar aktual di lapangan yang belum mengadopsi pendekatan STEM secara integratif. Fakta empiris menunjukkan bahwa perangkat pembelajaran dan bahan ajar yang digunakan oleh siswa di sekolah masih cenderung konvensional. Buku dan model digunakan dalam menyajikan materi teks yang terlalu padat, serta didominasi oleh latihan soal sederhana. Perangkat kerja yang tersedia umumnya hanya memuat tugas-tugas konvergen yang menuntut pencarian satu jawaban benar berbasis hafalan, sehingga tidak mampu mendorong kemampuan penalaran kritis dan kreativitas ilmiah siswa. Kondisi tersebut diperkuat oleh fakta bahwa kemampuan guru dalam menyusun bahan ajar mandiri seperti Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD) berbasis STEM masih belum optimal. Kesenjangan tersebut memicu kebutuhan pokok yang mendesak bagi guru sains terhadap ketersediaan panduan perangkat instruksional yang inovatif dan aplikatif (Utami & Dafit, 2021). Persoalan ini secara keseluruhan dapat dijawab dengan target fisik (*output*) dari kegiatan pengabdian berupa produk kumpulan LKPD berbasis STEM untuk

orientasi HOTS yang valid, kontekstual, dan siap diimplementasikan secara nyata di kelas oleh guru mitra.

Di sisi lain, tantangan sosiologis dan metodologis pada komunitas guru sains ketika program peningkatan kompetensi profesional dengan pola pelatihan satu arah (*top-down*) yang cenderung kaku (Desimone, 2009). Pola intervensi ini sering kali mengabaikan dinamika problematik unik serta tingkat kesibukan harian yang dihadapi oleh masing-masing guru di sekolahnya. Transfer pengetahuan dari instruktur tidak termanifestasi menjadi perubahan perilaku mengajar yang permanen. Sebagai solusinya, kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini menggunakan pendekatan *Participatory Action Research* (PAR) yang bergerak secara siklis melalui tahapan *Diagnose, Act, Measure, dan Reflect* (James et al., 2008; Kemmis et al., 2014). Rengsi penggunaan PAR terletak pada karakteristiknya yang berorientasi sosial, mengutamakan kerja sama antar-praktisi, serta melibatkan partisipasi aktif komunitas guru untuk memberikan kontribusi langsung pada perubahan paradigma instruksional di sekolah mereka. Target metodologis dari intervensi ini adalah terbentuknya ekosistem kolaboratif antar-guru sains sebagai praktisi reflektif (Kemmis et al., 2014). Melalui siklus PAR yang partisipatif, kegiatan ini secara terstruktur mengaitkan pemecahan masalah mitra langsung pada target kemandirian profesional guru dalam mengeksekusi, mengukur, dan merefleksikan inovasi pembelajaran STEM secara berkelanjutan (Idrus et al., 2023; Morales, 2016).

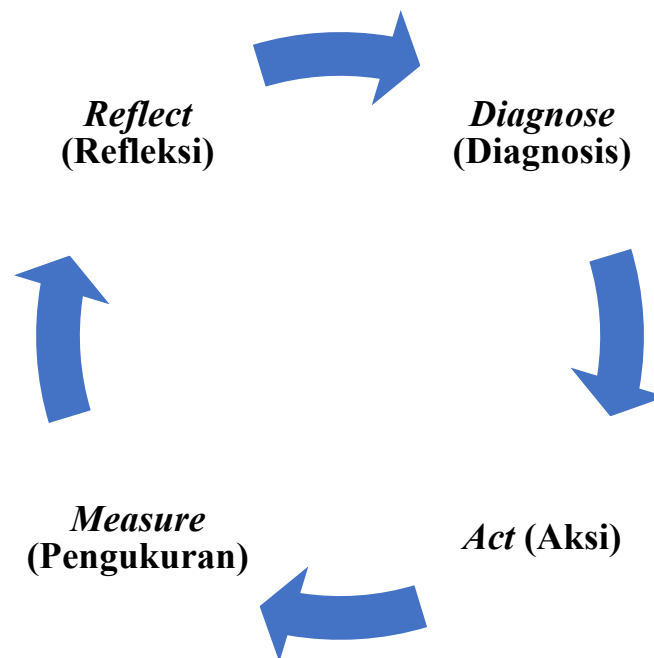
Sebagai penyempurnaan dari seluruh dimensi problematika di atas, penting untuk menegaskan bahwa penyelesaian masalah konseptual, produk bahan ajar, dan metodologi pelatihan ini secara akumulatif bermuara pada peningkatan kualitas aktivitas serta hasil belajar siswa selaku target akhir dari ekosistem pendidikan. Penggunaan bahan ajar yang inovatif seperti LKPD berbasis STEM terbukti secara teoretis dan empiris mampu mengontrol aktivitas belajar siswa secara sistematis, mengefisienkan waktu instruksional, serta menggeser pusat pembelajaran menjadi berorientasi pada kerja mandiri siswa (Irawati & Sofianto, 2019). Ketika unsur-unsur dalam pendekatan STEM diintegrasikan secara utuh ke dalam perangkat yang interaktif, instrumen tersebut secara linier terbukti dapat melatih keterampilan berpikir kreatif sekaligus meningkatkan kemampuan berpikir tingkat tinggi (*HOTS*) peserta didik ketika mereka memecahkan fenomena sains di lingkungan sekitarnya. Oleh karena itu, pengabdian masyarakat ini menyintesis seluruh kebutuhan pokok guru ke dalam target luaran jangka panjang, yaitu mewujudkan diseminasi produk bahan ajar STEM inovatif (Guntur & Umar, 2022) yang memberikan manfaat timbal balik: meningkatkan kapasitas profesional guru sebagai pendidik sekaligus mendongkrak mutu literasi sains siswa sebagai peserta didik.

Penyelesaian masalah konseptual, pengembangan bahan ajar, dan penerapan metodologi pelatihan secara kolektif dapat meningkatkan kualitas aktivitas serta hasil belajar siswa sebagai tujuan utama ekosistem pendidikan. Secara teoretis dan empiris, pemanfaatan bahan ajar inovatif seperti Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD) berbasis STEM terbukti mampu mengontrol aktivitas belajar siswa secara sistematis, mengefisienkan waktu pembelajaran, dan memfokuskan pembelajaran pada kerja mandiri siswa (Irawati & Sofianto, 2019; Purnawati et al., 2020) (Irawati & Sofianto, 2019; Purnawati et al., 2020). Integrasi penuh elemen pendekatan STEM ke dalam perangkat interaktif ini terbukti secara linier dapat melatih keterampilan berpikir kreatif sekaligus meningkatkan kemampuan berpikir tingkat tinggi (*Higher Order Thinking Skills* [HOTS]) siswa saat mereka memecahkan fenomena ilmiah di lingkungan sekitar. Oleh karena itu, kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini menyintesis seluruh kebutuhan mendasar guru ke dalam target luaran jangka panjang, yaitu diseminasi produk bahan ajar STEM yang inovatif (Guntur & Umar, 2022). Inovasi ini memberikan manfaat timbal balik yang signifikan, yaitu meningkatkan kapasitas profesional guru sebagai pendidik sekaligus mendongkrak mutu literasi sains siswa sebagai peserta didik.

## Metode Pelaksanaan

Kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini menggunakan pendekatan sosiologis-akademis melalui metode *Participatory Action Research* (PAR). Metode PAR dipilih karena menempatkan tim pengabdian dan sasaran mitra sebagai rekan kerja setara dalam mengidentifikasi masalah, mengeksekusi solusi, serta merefleksikan perubahan secara emansipatoris dan kolaboratif (Kemmis et al., 2014; McTaggart et al., 2017). Implementasi intervensi dalam kegiatan ini mengadopsi siklus operasional terstruktur dari James et al. (2008) yang mencakup empat tahapan utama, yaitu *Diagnose* (Diagnosis), *Act* (Aksi), *Measure* (Pengukuran), dan *Reflect* (Refleksi). Alur siklus ini dirancang secara berkesinambungan untuk memastikan terjadinya peningkatan pemahaman pedagogis sekaligus keterampilan praktis guru secara permanen.

**Gambar 1.** Tahapan Utama *Participatory Action Research* (PAR)



## Rancangan Kegiatan dan Tahapan Siklus PAR

Rancangan intervensi melalui siklus PAR dieksekusi secara kronologis dan terstruktur melalui tahapan-tahapan operasional sebagai berikut:

1. **Tahap *Diagnose* (Diagnosis):** Tahap pertama ini dilakukan dengan pemetaan data dasar (*baseline data*) untuk mengidentifikasi tingkat pemahaman awal, peta miskonsepsi STEM, serta kendala praktis guru sains dalam mengintegrasikan keterampilan abad ke-21 (Margot & Kettler, 2019). Kegiatan ini dilakukan melalui observasi awal terhadap draf perangkat pembelajaran yang dimiliki guru serta pengisian kuesioner diagnostik.
2. **Tahap *Act* (Aksi/Tindakan):** Berdasarkan hasil diagnosis, pada tahap ini dilanjutkan dengan mengeksekusi tindakan berupa pelaksanaan lokakarya (*workshop*) intensif berbasis andragogi. Materi difokuskan pada penguatan filosofi STEM, pembongkaran miskonsepsi, analisis kurikulum, hingga teknik penyusunan Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD) berbasis STEM yang berorientasi pada *Higher Order Thinking Skills* (HOTS). Tahap ini diakhiri dengan kerja kelompok terbimbing (*co-creation*) untuk menyusun draf produk bahan ajar.
3. **Tahap *Measure* (Pengukuran):** Tahap ini difokuskan pada pendampingan klinis secara berkala selama 1 hingga 2 bulan pasca-lokakarya. Guru mitra mengimplementasikan draf LKPD STEM yang telah divalidasi ke dalam kelas nyata

(*real teaching*) atau simulasi sejawat (*peer-teaching*). Pada tahap ini dilakukan pengukuran terhadap tingkat keterlaksanaan sintaks pembelajaran dan respons siswa menggunakan lembar observasi terstandarisasi (Wahono et al., 2020).

4. **Tahap Reflect (Refleksi):** Tahapan terakhir mengadakan forum diskusi reflektif bersama guru untuk mengevaluasi kendala teknis di lapangan, efisiensi alokasi waktu sirkuit STEM, serta kendala kognitif peserta didik. Hasil refleksi ini dijadikan dasar untuk melakukan revisi akhir (*editing*) terhadap produk perangkat pembelajaran sebelum dihimpun ke dalam produk luaran standarisasi.

### Responden dan Sasaran Kegiatan

Responden dan sasaran kegiatan dalam pengabdian kepada masyarakat ini adalah para guru rumpun sains aktif yang mengampu mata pelajaran Biologi, Fisika, dan Kimia pada tingkat satuan pendidikan menengah (SMA/MA/SMK) di Kerinci. Lokasi bertempat di SMA Negeri Kerinci. Penentuan responden dan sasaran kegiatan dilakukan secara non-probabilitas menggunakan metode *purposive sampling* (sampel bertujuan) dengan kriteria inklusi spesifik, yaitu: (1) Sekolah target telah mengimplementasikan Kurikulum Merdeka namun belum pernah mendapatkan pelatihan STEM terintegrasi, (2) guru bidang studi rumpun sains berkomitmen penuh mengikuti seluruh rangkaian siklus PAR, dan (3) sekolah berada di bawah naungan jejaring Musyawarah Guru Mata Pelajaran (MGMP) tingkat wilayah (Srikoorn et al., 2018). Berdasarkan kriteria tersebut, program ini menetapkan sejumlah sekolah mitra dengan total responden sebanyak 26 peserta yang terdiri atas guru dan calon guru sains aktif.

### Instrumen, Bahan, dan Alat Pengabdian

Pelaksanaan pengabdian ini didukung oleh dua kategori komponen perangkat utama, yaitu infrastruktur operasional dan instrumen riset aksi sebagai berikut:

- a) **Bahan dan Alat:** Komponen ini mencakup platform digital sebagai ruang kolaborasi dan pendampingan jarak jauh, seperti *Google Meet* atau *Zoom Meeting* untuk asistensi sinkronus, *WhatsApp Group* sebagai media komunikasi asinkronus, laptop, proyektor, serta alat tulis kantor (ATK) untuk keperluan administrasi kerja kelompok luring.
- b) **Dokumen Pengukuran:** Instrumen yang digunakan meliputi kuesioner skala Likert untuk mengukur pemahaman konseptual guru, Lembar Penilaian Validitas Perangkat Pembelajaran untuk menilai kelayakan LKPD, Pedoman Wawancara Reflektif untuk mengidentifikasi kendala guru, serta Lembar Observasi Keterlaksanaan Pembelajaran berbasis *Engineering Design Process* (EDP) untuk mengukur performa mengajar guru di kelas.

### Teknik Pengumpulan Data

Pengumpulan data dalam kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini disinkronisasikan secara linier dengan setiap tahapan siklus *Participatory Action Research* (PAR) guna menjamin akuntabilitas dan objektivitas data yang dihimpun. (Creswell, 2012). Pada tahap *Diagnose* (Diagnosis), data dasar (*baseline data*) mengenai peta pemahaman awal dan miskonsepsi guru terhadap filosofi STEM dikumpulkan melalui penyebaran kuesioner diagnostik. Selain itu, studi dokumentasi juga dilakukan terhadap perangkat pembelajaran eksisting milik guru sains untuk menganalisis karakteristik bahan ajar dan latihan soal yang cenderung masih bersifat konvergen. Selanjutnya, proses pengumpulan data pada tahap *Act* (Aksi/Tindakan) menggunakan teknik tes tertulis dan instrumen penilaian kelayakan perangkat pembelajaran. Instrumen tes tertulis (*pre-test*) diberikan kepada responden sebelum pelaksanaan lokakarya dimulai. Setelah fase perancangan produk selesai, instrumen tes akhir (*post-test*) diberikan guna mengevaluasi efektivitas intervensi akademis dalam mengeliminasi miskonsepsi secara instan (Sugiyono, 2019). Pada fase ini pula, Lembar Penilaian Kelayakan digunakan untuk

mengukur validitas serta keseragaman draf perangkat pembelajaran dan Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD) berbasis STEM *for* HOTS yang telah disusun oleh kelompok responden.

Pada tahap *Measure* (Pengukuran), teknik observasi terstruktur dan penyebaran angket persepsi akhir diterapkan secara intensif selama masa pendampingan dua bulan. Lembar observasi keterlaksanaan pembelajaran berbentuk *checklist* diisi secara kuantitatif saat pembelajaran berbasis STEM diimplementasikan di kelas nyata (*real teaching*) atau simulasi (*peer-teaching*). Pengamatan tersebut difokuskan untuk mengukur persentase keberhasilan guru dalam mengeksekusi tahapan *Engineering Design Process* (EDP) di kelas. Setelah fase tindakan kelas selesai, angket persepsi akhir disebarkan melalui platform komunikasi digital untuk menjangkau data kuantitatif mengenai respons, kendala psikologis, serta tingkat kesiapan guru dalam mengimplementasikan model interdisipliner secara mandiri di sekolah (Merta et al., 2019).

Proses pengumpulan data diakhiri pada tahap *Reflect* (Refleksi) melalui teknik wawancara semi-terstruktur dalam bentuk Forum Diskusi Terfokus (*Focus Group Discussion*). Pedoman Wawancara Reflektif digunakan untuk menggali data kualitatif secara mendalam bersama seluruh responden pada fase akhir siklus pengabdian. Melalui forum evaluasi bersama ini, data verbal mengenai kendala sosiologis pendidik, problematika efisiensi alokasi waktu sirkuit STEM di lapangan, serta respons kognitif peserta didik saat menerima tindakan instruksional dapat dihimpun secara komprehensif untuk merumuskan langkah tindak lanjut program.

### Teknik Analisis Data

Data penelitian tindakan pengabdian ini dikumpulkan dengan menggunakan teknik tes dan non-tes. Teknik tes diwujudkan dalam bentuk pemberian instrumen *pre-test* sebelum workshop dan *post-test* pasca-pendampingan guna mengukur pergeseran pemahaman kognitif responden terkait kurikulum STEM. Teknik non-tes dilakukan melalui penyebaran kuesioner persepsi, pengisian lembar observasi penilaian kinerja sasaran kegiatan implementasi *real teaching*, serta wawancara mendalam pada tahap refleksi akhir untuk menangkap kendala psikologis dan sosiologis guru (Desimone, 2009).

Data kuantitatif yang diperoleh pada tahap *Act* (Aksi), berupa skor *pre-test* dan *post-test* mengenai pemahaman konseptual STEM, dianalisis untuk mengukur efektivitas intervensi akademis. Peningkatan pemahaman responden dihitung secara matematis menggunakan rumus *Normalized Gain Score* (N-Gain). Kriteria efektivitas pergeseran kognitif tersebut diklasifikasikan menjadi tiga kategori, yaitu tinggi ( $g \geq 0.7$ ), sedang  $0.3 \leq g < 0.7$ , sedang dan rendah ( $g < 0.3$ ) (Sugiyono, 2019). Sedangkan data kualitatif verbal yang diperoleh pada tahap *Diagnose* (Diagnosis) berupa hasil telaah draf perangkat awal serta data verbal hasil wawancara mendalam pada tahap *Reflect* (Refleksi) dianalisis menggunakan model interaktif dari Miles, Huberman, dan Saldaña (2014).

### Hasil dan Pembahasan

Pelaksanaan kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini diarahkan untuk mencapai *output* dan *outcome* secara komprehensif melalui penerapan empat tahapan siklus *Participatory Action Research* (PAR) secara kronologis. Elaborasi temuan empiris, baik berupa data kuantitatif deskriptif maupun data kualitatif pendukung dari setiap tahapan riset aksi, dijabarkan sebagai berikut:

#### Tahap Analisis Masalah (*Diagnose*)

Pada tahap *Diagnose*, pemetaan data dasar (*baseline data*) dilaksanakan untuk mengidentifikasi karakteristik pemahaman awal, tingkat kesiapan, serta bentuk miskonsepsi guru rumpun sains terhadap kurikulum berbasis STEM. Sasaran kegiatan melibatkan jejaring sekolah menengah (SMA/MA/SMK) di kabupaten Kerinci. Total sekolah yang diundang

sebanyak 19 sekolah, dengan delegasi aktif sebanyak 26 peserta yang terdiri atas guru bidang studi sains (Biologi, Fisika, Kimia) dan mahasiswa Praktik Pengalaman Lapangan (PPL 2). Keberhasilan intervensi akademis melalui lokakarya intensif diukur secara objektif dengan membandingkan nilai tes sebelum tindakan (*pre-test*) dan setelah tindakan (*post-test*). Data skor pergeseran kognitif dari 26 responden rumpun sains disajikan secara terperinci pada Tabel 1.

**Tabel 1.** Rekapitulasi Skor Pemahaman Konseptual STEM Responden

Indikator Pengukuran	Skor Rata-Rata Pre-test	Skor Rata-Rata Post-test	Selisih Peningkatan	Nilai N-Gain	Kategori Nilai Gain
Konsep Dasar STEM	45,20	85,50	+40,30	0,73	Tinggi
Integrasi Aspek Engineering	35,60	78,40	+42,80	0,66	Sedang
Orientasi Instrumen HOTS	46,70	85,55	+38,85	0,73	Tinggi
Akumulasi Rata-Rata	42,50	83,15	+40,65	0,71	Tinggi

Berdasarkan Tabel 1, hasil pengujian statistik menunjukkan bahwa akumulasi rata-rata pergeseran kognitif responden berada pada nilai  $g = 0,71$ . Mengacu pada kriteria Hake (1999), perolehan ini masuk dalam kategori Tinggi  $g \geq 0.70$ . Hal ini membuktikan secara empiris bahwa intervensi pedagogis berupa lokakarya partisipatif sangat efektif dalam mengeliminasi miskonsepsi dan meningkatkan pemahaman komprehensif guru terhadap integrasi STEM dan instrumen HOTS. Meskipun indikator integrasi aspek *engineering* berada pada kategori sedang  $g \geq 0.66$ , nilai ini sudah sangat mendekati ambang batas tinggi, yang menegaskan bahwa materi rekayasa teknis berhasil diadaptasi dengan baik oleh responden. Secara kualitatif, hasil wawancara mendalam menyingkap bahwa mayoritas guru mengalami miskonsepsi akut, di mana pembelajaran berbasis STEM direduksi sekadar sebagai aktivitas membuat kerajinan fisik tanpa penguatan konsep ilmiah dasar maupun perhitungan matematis yang logis. Hal ini diperkuat oleh salah satu kutipan verbal dari perwakilan guru sains saat fase diagnosis:

*"Selama ini kami mengira bahwa apabila siswa sudah diajak membuat suatu produk fisik di kelas, maka pendekatan STEM otomatis telah terlaksana. Kami jarang sekali mengaitkan proses pembuatan produk tersebut dengan analisis rumus sains yang mendalam ataupun kalkulasi matematisnya."* (Repondens AD, Perempuan, 27 Tahun).

### **Pelaksanaan Tindakan dan Peningkatan Pemahaman (Tahap Act)**

Realisasi pemecahan masalah terhadap miskonsepsi konseptual dan keterbatasan kompetensi pedagogis guru dieksekusi melalui pelaksanaan tindakan (*Act*) berupa lokakarya (*workshop*) intensif. Lokakarya ini dirancang secara terstruktur selama satu hari penuh dengan menghadirkan narasumber pakar yang terdiri atas dosen Tadris Biologi IAIN Kerinci serta guru praktisi senior dari SMA Negeri di Kabupaten Kerinci. Intervensi akademis menggunakan pendekatan andragogi yang berorientasi pada partisipasi aktif, di mana materi pelatihan dibagi menjadi tiga sesi utama yang holistik dan saling berkesinambungan. Pada sesi pertama, pengondisian kognitif responden difokuskan pada penguatan filosofi dasar dan integrasi empat pilar *Science, Technology, Engineering, and Mathematics* (STEM). Penjelasan ditekankan pada pentingnya menggabungkan pengetahuan ilmiah (*Science*), pemanfaatan kemajuan teknologi (*Technology*), keterampilan mendesain karya rekayasa (*Engineering*), serta

penyusunan skenario secara sistematis dan logis (*Mathematics*) untuk memecahkan problematika otentik dalam kehidupan sehari-hari. Penguatan ini krusial dilakukan untuk membongkar miskonsepsi awal guru yang sering kali mereduksi esensi STEM sekadar sebagai aktivitas membuat kerajinan fisik tanpa adanya pendalaman prinsip keilmuan yang rigid. Pada sesi kedua, akselerasi pemahaman diarahkan pada metodologi pengintegrasian orientasi *Higher Order Thinking Skills* (HOTS) melalui bahan ajar berupa Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD).

Sesi ketiga lokakarya diwujudkan dalam bentuk kerja kelompok kolaboratif (*co-creation*) untuk menyusun draf awal rancangan LKPD berbasis STEM *for* HOTS. Untuk memastikan terjadinya interaksi aktif, responden dikelompokkan berdasarkan rumpun mata pelajaran yang diampu, yaitu kelompok Biologi, Fisika, dan Kimia. Proses perancangan produk awal ini didampingi secara melekat oleh tim pendamping dari dosen Tadris Biologi IAIN Kerinci yang bertindak sebagai fasilitator dan mediator. Sesi tindakan ini diakhiri dengan aktivitas presentasi produk awal oleh perwakilan kelompok guna mendapatkan tanggapan, masukan, serta penjelasan yang terarah dari narasumber maupun sejawat peserta lainnya.

Efektivitas intervensi akademis pada tahap *Act* ini dievaluasi secara kuantitatif melalui analisis uji *Normalized Gain* (N-Gain) terhadap nilai tes awal (*pre-test*) dan tes akhir (*post-test*) responden. Data rekapitulasi hasil pergeseran kognitif guru sains dipaparkan secara rinci pada Tabel 2. Berdasarkan data statistik pada Tabel 1, terjadi lonjakan nilai rata-rata akumulatif yang signifikan dari 42,50 menjadi 83,15 dengan selisih peningkatan sebesar 40,65 poin. Analisis lebih lanjut menunjukkan nilai  $g = 0.71$  yang masuk dalam kategori **Tinggi**, sehingga membuktikan secara empiris bahwa lokakarya intensif ini berhasil mengeliminasi miskonsepsi teoretis guru secara instan. Peningkatan tertinggi tercatat pada indikator Konsep Dasar STEM  $g = 0.73$  dan Orientasi Instrumen HOTS  $g = 0.70$ . Hal ini mengonfirmasi bahwa responden telah mampu mengidentifikasi esensi interdisipliner kurikulum dan karakteristik soal-soal penalaran tingkat tinggi dengan sangat baik.

**Tabel 2.** Rekapitulasi Uji N-Gain Peningkatan Pemahaman Konseptual STEM Responden

Indikator Pengukuran	Skor Rata-Rata	Skor Rata-Rata	Selisih Peningkatan	Nilai N-Gain (g)	Kategori
	Pre-test	Post-test			
Konsep Dasar STEM	45,20	85,50	+40,30	0,73	Tinggi
Integrasi Aspek <i>Engineering</i>	35,60	78,40	+42,80	0,66	Sedang
Orientasi Instrumen HOTS	46,70	85,55	+38,85	0,73	Tinggi
<b>Akumulasi Rata-Rata</b>	<b>42,50</b>	<b>83,15</b>	<b>+40,65</b>	<b>0,71</b>	<b>Tinggi</b>

Meskipun indikator Integrasi Aspek *Engineering* berada pada kategori Sedang  $g = 0.66$ , nilai tersebut sudah sangat mendekati ambang batas kategori tinggi  $g \geq 0.70$ . Rendahnya skor awal pada aspek rekayasa teknis ini (35,60) disebabkan oleh belum terbiasanya guru dalam memformulasikan tahapan *Engineering Design Process* (EDP) ke dalam rencana pembelajaran sains dasar. Namun, melalui bimbingan klinis selama kerja kelompok, responden berhasil mengadaptasi aspek rekayasa tersebut dengan baik. Secara kualitatif, antusiasme dan pergeseran paradigma berpikir responden terekam jelas selama proses interaksi aktif di dalam lokakarya. Guru-guru sains dari berbagai SMA Negeri di Kabupaten Kerinci mengekspresikan bahwa kombinasi antara pendekatan STEM dan orientasi HOTS merupakan sebuah pembaharuan instruksional yang sangat menantang dan relevan untuk diterapkan. Keberhasilan

pelaksanaan lokakarya kolaboratif ini sejalan dengan kajian literatur yang menegaskan bahwa program pengembangan profesi guru yang melibatkan kerja sama aktif antarpraktisi dan didukung oleh fasilitator ahli terbukti jauh lebih efektif dalam mendongkrak kompetensi pedagogis dibandingkan dengan model pelatihan konvensional yang bersifat satu arah (Desimone, 2009; Srikoorn et al., 2018). Peningkatan pemahaman yang signifikan ini menjadi modalitas profesional yang sangat krusial bagi responden sebelum memasuki tahap implementasi dan uji coba perangkat di kelas nyata (Thibaut et al., 2018).

### Pendampingan Implementasi Kesiapan Pembelajaran (Tahap *Measure*)

Tahap pengukuran (*Measure*) direalisasikan melalui program pendampingan teknis-klinis secara intensif dan berkelanjutan selama kurun waktu dua bulan guna mengawal kesiapan implementasi perangkat instruksional di kelas nyata. Proses pendampingan ini dilaksanakan secara hibrida dengan intensitas pertemuan sebanyak empat kali dalam sebulan. Komunikasi asinkronus menggunakan fasilitas *WhatsApp Group* dimanfaatkan secara optimal sebagai wadah konsultasi interaktif tanpa batas ruang dan waktu bagi para guru mitra di Kabupaten Kerinci. Sementara itu, koordinasi sinkronus diselenggarakan melalui platform *Google Meet* guna memecahkan berbagai kendala teknis yang bersifat kompleks, khususnya dalam hal memformulasikan aspek rekayasa (*engineering*) ke dalam Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD).

Selama masa pendampingan klinis tersebut, draf LKPD berbasis STEM yang telah divalidasi oleh tim dosen Tadris Biologi IAIN Kerinci kemudian diimplementasikan secara langsung oleh guru di SMA Negeri masing-masing melalui metode mengajar nyata (*real teaching*). Kinerja instruksional pendidik diukur secara kuantitatif menggunakan instrumen lembar observasi *checklist* keterlaksanaan pembelajaran yang berfokus pada tahapan *Engineering Design Process* (EDP). Rincian data hasil pengukuran kinerja instruksional guru selama implementasi di ruang kelas disajikan secara komprehensif pada Tabel 3.

**Tabel 3.** Capaian Keterlaksanaan Sintaks Pembelajaran STEM-EDP di Kelas Mitra

No	Tahapan Engineering Design Process (EDP)	Persentase Capaian Riil	Target Minimal KPI	Status Capaian
1	Identify the Problem (Identifikasi Masalah Kontekstual)	90,50%	80,00%	Melampaui Target
2	Brainstorm & Design (Perancangan Ide Solusi Rekayasa)	82,40%	80,00%	Melampaui Target
3	Build & Test (Pembuatan dan Pengujian Purwarupa)	80,20%	80,00%	Melampaui Target
4	Evaluate & Redesign (Evaluasi Karya dan Desain Ulang)	88,50%	80,00%	Melampaui Target
Rata-Rata Kinerja Instruksional Akumulatif		85,40%	80,00%	Sangat Baik

Berdasarkan data kuantitatif pada Tabel 2, rata-rata kinerja instruksional guru dalam mengeksekusi pembelajaran STEM mencapai 85,40 persen. Angka capaian tersebut telah melampaui target indikator keberhasilan minimal (*Key Performance Indicator*) yang ditetapkan sebelumnya, yaitu sebesar 80,00 persen (Wahono et al., 2020). Penilaian tertinggi

diperoleh pada tahapan mengidentifikasi masalah kontekstual (90,50 persen), yang secara empiris menandakan bahwa guru telah memiliki kecakapan yang mumpuni dalam mengawinkan materi sains dasar yang abstrak dengan fenomena sosiokultural lokal di lingkungan sekitar sekolah.

Secara kualitatif, guru terbukti mulai mampu mengatasi kebingungan awal terkait integrasi antardisiplin ilmu dan berhasil mengontekstualisasikan masalah lingkungan di wilayah Kabupaten Kerinci menjadi stimulus proyek STEM yang bermakna (Irawati & Sofianto, 2019). Kemampuan guru dalam memecahkan kendala instruksional tersebut terekam secara eksplisit melalui salah satu pernyataan reflektif dari perwakilan responden. Pertama, terkait keberhasilan pengintegrasian potensi lokal ke dalam aspek rekayasa, diungkapkan bahwa pendampingan daring memberikan solusi taktis bagi guru:

*“Fasilitasi pendampingan mingguan secara daring sangat membantu kami ketika mengalami kesulitan menyinkronkan aspek rekayasa (engineering) ke dalam rancangan tugas siswa. Kami akhirnya berhasil memanfaatkan potensi lokal Kerinci, seperti pemodelan daur ulang limbah penyulingan kulit kayu manis (cassiavera) dan analisis kualitas ekosistem perairan Danau Kerinci, sebagai bahan kajian ilmiah yang nyata dan dekat dengan keseharian siswa di sekolah.”* (Repondens AG, 34 Tahun).

Kedua, terkait peningkatan antusiasme dan kemampuan berpikir tingkat tinggi (HOTS) peserta didik, observasi guru di kelas nyata menunjukkan adanya pergeseran pola belajar siswa dari pasif menjadi lebih eksploratif:

*“Pada saat LKPD STEM ini pertama kali diujicobakan, siswa awalnya terlihat kebingungan karena mereka dituntut untuk mencari solusi sendiri, bukan sekadar menyalin jawaban dari buku teks. Namun, ketika mereka diarahkan untuk merancang purwarupa alat penyaring air sederhana dari bahan alam, antusiasme dan daya nalar kritis mereka justru meningkat tajam. Ruang kelas menjadi sangat hidup dengan diskusi ilmiah antar-siswa.”* (Repondens MW, Laki-laki, 29 Tahun).

Ketiga, terkait resolusi terhadap kendala manajemen waktu sirkuit pembelajaran, guru menegaskan bahwa pendampingan sinkronus bersama tim dosen sangat efektif dalam mengefisienkan tahapan EDP:

*“Kendala terbesar pada simulasi mengajar pertama kami adalah alokasi waktu. Sintaks perancangan dan pengujian produk ternyata memakan jam pelajaran yang jauh lebih lama dari prediksi awal di RPP. Melalui evaluasi klinis via Google Meet bersama tim dosen IAIN Kerinci, kami menemukan formulasi pembagian tahapan proyek menjadi beberapa kali pertemuan yang jauh lebih efisien tanpa mengurangi esensi dari kegiatan rekayasa tersebut.”* (Repondens DM, Perempuan, 40 Tahun).

Keberhasilan implementasi tindakan kelas ini sejalan dengan temuan akademis yang menegaskan bahwa pendampingan sosiokultural secara partisipatif dan berkelanjutan mampu menumbuhkan kemandirian serta efikasi diri pendidik dalam mengelola dinamika kelas (Idrus et al., 2023; Morales, 2016). Transformasi kemampuan guru dalam mengontekstualisasikan isu-isu lokal ke dalam pembelajaran interdisipliner tidak hanya mengoptimalkan kinerja pedagogis, tetapi secara simultan terbukti berhasil merangsang keterampilan berpikir tingkat

tinggi (HOTS) peserta didik saat mereka dihadapkan pada tantangan merancang solusi rekayasa yang aplikatif (Baharin et al., 2018; Thibaut et al., 2018).

### Produk Hasil Optimalisasi dan Kajian Teoritis Refleksi (Tahap *Reflect & Product Mapping*)

Fase akhir dari siklus *Participatory Action Research* (PAR) dititikberatkan pada aktivitas evaluasi komprehensif, penyuntingan (*editing*), dan standardisasi produk akhir bahan ajar yang berhasil dikembangkan. Tahap *Reflect* (Refleksi) ini difasilitasi langsung oleh tim dosen Tadris Biologi IAIN Kerinci melalui Forum Diskusi Terfokus (*Focus Group Discussion/FGD*) yang dihadiri oleh seluruh responden dari berbagai SMA Negeri di Kabupaten Kerinci. Melalui forum diskusi akademik tersebut, seluruh temuan lapangan—mulai dari kendala sosiologis pendidik, efisiensi manajemen waktu sirkuit STEM, hingga pergeseran respons kognitif peserta didik—dievaluasi dan dianalisis secara kolektif guna merumuskan langkah perbaikan pada draf perangkat pembelajaran (Kemmis et al., 2014).

Hasil perbaikan dari tahap refleksi ini diwujudkan dalam bentuk penyeragaman draf Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD) sehingga memenuhi standar kelayakan publikasi. Luaran definitif dari kegiatan pengabdian ini berhasil dihimpun menjadi produk buku kumpulan perangkat pembelajaran dan LKPD berbasis STEM *for* HOTS yang berorientasi pada pemecahan masalah potensi lokal Kabupaten Kerinci. Produk luaran tersebut kemudian diajukan untuk mendapatkan standardisasi *International Standard Book Number* (ISBN) dari Perpustakaan Nasional Republik Indonesia sebagai instrumen diseminasi inovasi pendidikan yang legal (Irawati et al., 2023).

Sebagai bentuk pemetaan (*product mapping*) terhadap pencapaian kompetensi guru dalam merancang rekayasa instruksional, matriks integrasi elemen STEM dari produk bahan ajar yang sukses dikontekstualisasikan oleh para responden disajikan secara terstruktur pada Tabel 4.

**Tabel 4.** Matriks Integrasi Komponen STEM pada Produk LKPD Hasil Optimalisasi Kegiatan PkM

Bidang Studi / Kelas	Topik Pembelajaran	Judul Proyek / Produk LKPD yang Dirancang Guru	Komponen Integrasi STEM yang Dioptimalisasi	Penyusun / Guru Mitra
Biologi / X	Perubahan Lingkungan dan Limbah	Pemodelan Daur Ulang Limbah Penyulingan Kulit Kayu Manis (Cassiavera)	S: Konsep dekomposisi organik, bioremediasi, dan siklus karbon. T: Pemanfaatan literatur digital untuk riset komposisi bio-briket. E: Perancangan alat cetak sederhana dan prosedur pembakaran briket. M: Perbandingan rasio massa limbah dan waktu efisiensi pembakaran.	Guru Biologi SMA Negeri di Kab. Kerinci

Fisika / XI	Fluida Dinamis dan Energi Terbarukan	Desain Purwarupa Kincir Air Pembangkit Listrik (PLTMH) Aliran Sungai Kerinci	<b>S:</b> Hukum Bernoulli, debit air, konservasi energi, dan induksi elektromagnetik. <b>T:</b> Penggunaan software simulasi PhET untuk uji coba debit air virtual. <b>E:</b> Konstruksi mekanik bilah kincir dan integrasi dinamo penghasil arus. <b>M:</b> Kalkulasi matematis kecepatan aliran ( $v$ ) dan daya listrik yang dihasilkan ( $P$ ).	Guru Fisika SMA Negeri di Kab. Kerinci
Kimia / XII	Koloid dan Pemisahan Campuran	Rancang Bangun Alat Filtrasi Air Bersih Berbasis Material Alam Danau Kerinci	<b>S:</b> Sifat fisik koloid, prinsip koagulasi, adsorpsi, dan pemisahan campuran. <b>T:</b> Pemanfaatan sensor pH digital berbasis gawai untuk uji kualitas air baku. <b>E:</b> Rekayasa susunan lapisan material filter (zeolit, arang aktif, silika). <b>M:</b> Penghitungan volume debit air bersih per menit dan persentase penurunan turbiditas (kekeruhan).	Guru Kimia SMA Negeri di Kab. Kerinci

Berdasarkan tinjauan teoretis dan kajian refleksi, produk LKPD yang dipetakan di Tabel 3 menggambarkan pergeseran paradigma instruksional. Pengintegrasian isu-isu lokal spesifik, seperti pengelolaan limbah *Cassia vera* dan kualitas air Danau Kerinci, membuktikan bahwa pendekatan STEM tidak bersifat kaku, melainkan sangat adaptif terhadap konteks sosiokultural lingkungan belajar siswa (Irawati & Sofianto, 2019; Moore et al., 2014). Rancangan proyek tersebut menuntut siswa untuk bertindak layaknya seorang insinyur (*engineer*) muda yang menganalisis masalah lingkungan, mendesain solusi berbasis sains dasar, menguji efektivitas purwarupa, hingga mengalkulasi rasio keberhasilannya secara matematis (Thibaut et al., 2018).

Tersusunnya draf LKPD interdisipliner ini juga mengonfirmasi bahwa miskonsepsi awal guru telah sepenuhnya tereleminasi. Guru tidak lagi melihat pembelajaran rekayasa fisik sebagai aktivitas kerajinan tangan semata, melainkan sebagai wadah investigasi ilmiah yang ketat. Ketersediaan bahan ajar ber-ISBN ini secara praktis diharapkan mampu meminimalisasi hambatan ketersediaan instrumen inovatif di sekolah-sekolah menengah, sekaligus menjadi katalisator bagi pembentukan budaya berpikir kritis dan kreatif di kalangan peserta didik secara berkelanjutan (Wahono et al., 2020).

## Pembahasan

Keberhasilan pencapaian tujuan pengabdian kepada masyarakat ini memvalidasi efektivitas pendekatan *Participatory Action Research* (PAR) sebagai instrumen transformasi profesionalisme pendidik. Secara teoretis, integrasi temuan dari tahapan *Diagnose* hingga *Reflect* memberikan afirmasi bahwa peningkatan kapasitas guru dalam mengimplementasikan kurikulum interdisipliner tidak dapat direalisasikan melalui instruksi sekejap, melainkan menuntut proses sosiokultural yang berkelanjutan dan reflektif (Kemmis et al., 2014; Morales, 2016). Pada tahapan awal analisis masalah (*Diagnose*), rendahnya skor awal pemahaman konseptual serta temuan kualitatif mengenai miskonsepsi STEM (di mana guru mereduksi aspek rekayasa/ *engineering* sebatas kerajinan fisik) merupakan manifestasi dari kultur pendidikan sains yang masih bersifat terkotak-kotak (*siloe*d). Kajian literatur oleh Margot dan Kettler (2019) menjelaskan bahwa dominasi paradigma instruksional konvensional menyebabkan pendidik sering kali merasa tidak siap (*unprepared*) dan mengalami kecemasan akademis ketika dituntut untuk mengawinkan disiplin ilmu sains dasar dengan perhitungan matematis dan rekayasa teknologi. Fakta bahwa guru masih menggunakan perangkat konvergen juga selaras dengan teori yang menyatakan bahwa tanpa adanya intervensi pedagogis, guru secara naluriah akan mereplikasi gaya mengajar tradisional yang berpusat pada transfer teks (*teacher-centered learning*) (Thibaut et al., 2018).

Pelaksanaan lokakarya pada tahap tindakan (*Act*) dirancang menggunakan pijakan teori Konstruktivisme Sosial dari Lev Vygotsky. Teori ini mempostulatkan bahwa pengetahuan dibangun secara aktif melalui interaksi sosial (Creswell, 2012). Signifikansi lonjakan nilai *Normalized Gain* ( $S_g = 0,71$ ) membuktikan bahwa pelibatan kolaboratif antara narasumber dari dosen IAIN Kerinci dan praktisi guru SMA Negeri Kabupaten Kerinci berhasil menyediakan perancah (*scaffolding*) yang tepat di dalam *Zone of Proximal Development* (ZPD) para responden. Melalui skema pendampingan andragogi, peserta tidak lagi diposisikan sebagai objek pasif penerima teori, melainkan bertransformasi menjadi agen perancang kurikulum (*co-creators*) yang secara kritis mengonstruksi pemahaman mereka sendiri terkait integrasi elemen sains, teknologi, rekayasa, dan matematika ke dalam Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD) (James et al., 2008; Srikoorn et al., 2018).

Efektivitas intervensi tersebut kemudian terefleksikan pada tingginya persentase kinerja implementasi *Engineering Design Process* (EDP) di kelas nyata (85,40%) pada tahap pengukuran (*Measure*). Pencapaian angka di atas indikator keberhasilan ini dapat dijelaskan melalui teori *Situated Cognition* dan prinsip pendampingan berkelanjutan. Desimone (2009) menegaskan bahwa program pengembangan profesional yang berdampak permanen harus memiliki durasi yang memadai dan koherensi materi. Keberhasilan guru dalam menyinkronkan aspek rekayasa dengan potensi lokal—seperti ekskavasi masalah limbah *Cassia vera* dan fluktuasi kualitas air Danau Kerinci—membuktikan bahwa pembelajaran menjadi sangat bermakna (*meaningful learning*) ketika konsep teoretis diikatkan pada konteks fisik dan sosial siswa (Irawati & Sofianto, 2019). Formulasi pendampingan hibrida yang konsisten memungkinkan resolusi langsung terhadap hambatan manajemen waktu dan manajemen kelas, sehingga efikasi diri (*self-efficacy*) pendidik meningkat secara drastis saat memandu siklus rekayasa siswa.

Standardisasi karya melalui forum evaluasi sirkular pada tahap *Reflect* yang berujung pada pemetaan produk bahan ajar ber-ISBN merupakan titik puncak dari resolusi masalah pengabdian. Secara instruksional, penyusunan LKPD berbasis STEM *for HOTS* memicu terjadinya konflik kognitif sistematis pada peserta didik. Ketika siswa dituntut untuk merekayasa purwarupa pengolahan air atau kincir angin, mereka dipaksa untuk meninggalkan zona nyaman hafalan konvergen dan berpindah menuju pola pikir divergen (Tajudin & Chinnappan, 2016). Proses mendesain rekayasa mewajibkan siswa mengaktifasi seluruh hierarki kognitif tingkat tinggi (*HOTS*), mulai dari kemampuan menganalisis argumen,

mengevaluasi efektivitas produk, hingga mencipta kebaruan berbasis kalkulasi logis (Baharin et al., 2018; Utami & Dafit, 2021).

Secara keseluruhan, rangkaian kegiatan pengabdian ini membuktikan bahwa optimalisasi kapasitas guru dalam merancang dan mengeksekusi integrasi STEM secara linier berkorelasi mutlak terhadap peningkatan kualitas interaksi di ruang kelas. Luaran pengabdian yang terstandarisasi ini tidak hanya menjawab permasalahan ketersediaan bahan ajar inovatif, namun juga meletakkan fondasi kemandirian profesional bagi guru-guru di wilayah Kabupaten Kerinci untuk terus memproduksi rekayasa instruksional yang berdaya saing global secara mandiri (Kelley & Knowles, 2016; Wahono et al., 2020).

## Kesimpulan

Pelaksanaan kegiatan pengabdian kepada masyarakat berbasis *Participatory Action Research* (PAR) ini telah berhasil menyelesaikan problematika miskonsepsi teoretis dan keterbatasan kompetensi praktis guru sains di Kabupaten Kerinci terkait pengimplementasian kurikulum interdisipliner. Keberhasilan intervensi pedagogis kolaboratif ini dibuktikan secara kuantitatif melalui peningkatan pemahaman konseptual pendidik dengan capaian nilai N-Gain sebesar 0,71 (kategori Tinggi), serta persentase rata-rata kinerja instruksional dalam mengeksekusi tahapan *Engineering Design Process* (EDP) di kelas nyata yang menembus angka 85,40 persen. Secara kualitatif dan produk, kegiatan pengabdian ini bermuara pada standarisasi luaran berupa 3 (tiga) jilid buku kumpulan perangkat pembelajaran Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD) berbasis STEM *for* HOTS ber-ISBN. Produk instruksional tersebut secara inovatif berhasil mengintegrasikan perhitungan sains dasar dengan rekayasa potensi lokal Kabupaten Kerinci, seperti pemanfaatan limbah penyulingan *Cassia vera* dan filtrasi air Danau Kerinci. Transformasi kompetensi ini secara linier terbukti berhasil menggeser paradigma pembelajaran dari yang semula konvergen (berpusat pada guru) menjadi divergen dan eksploratif, sehingga berimplikasi langsung pada peningkatan nalar kritis dan keterampilan berpikir tingkat tinggi peserta didik. Sebagai tindak lanjut yang konstruktif atas capaian tersebut, produk bahan ajar ber-ISBN yang telah dipublikasikan direkomendasikan untuk diadaptasi sebagai modul rujukan utama dalam aktivitas Musyawarah Guru Mata Pelajaran (MGMP) tingkat kabupaten guna memperluas diseminasi inovasi antar-pendidik. Dukungan strategis dari dinas pendidikan dan pemangku kebijakan, khususnya dalam hal fasilitasi sarana laboratorium terapan, juga sangat diperlukan untuk menjamin keberlanjutan praktik simulasi rekayasa yang ideal di sekolah menengah. Lebih jauh, eksplorasi riset tindakan lanjutan yang berfokus pada analisis dampak jangka panjang (*longitudinal study*) terhadap literasi sains siswa, serta pengintegrasian teknologi mutakhir seperti *Virtual Reality* (VR) atau *Artificial Intelligence* (AI) dalam skenario desain rekayasa instruksional, sangat disarankan untuk dikembangkan oleh para akademisi pada agenda pengabdian di masa mendatang.

## Referensi

- Baharin, N., Kamarudin, N., & Manaf, U. K. A. (2018). Integrating STEM education approach in enhancing higher order thinking skills. *International Journal of Academic Research in Business and Social Sciences*, 8(7), 810–822. <https://doi.org/10.6007/IJARBS/v8-i7/4421>
- Bybee, R. W. (2013). *The case for STEM education: Challenges and opportunities*. NSTA Press.
- Conklin, W. (2012). *Higher-order thinking skills to develop 21st century learners*. Shell Education.
- Creswell, J. W. (2012). *Educational research: Planning, conducting, and evaluating quantitative and qualitative research* (4th ed.). Pearson.

- Desimone, L. M. (2009). Improving impact studies of teachers' professional development: Toward better conceptualizations and measures. *Educational Researcher*, 38(3), 181–199. <https://doi.org/10.3102/0013189X08331140>
- English, L. D. (2017). Advancing elementary and middle school STEM education. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 15(1), 1–24. <https://doi.org/10.1007/s10763-017-9802-x>
- Fanani, M. Z. (2018). Strategi pengembangan soal higher order thinking skill (HOTS) dalam kurikulum 2013. *Edudeena: Journal of Islamic Religious Education*, 2(1), 57–76. <https://doi.org/10.30762/ed.v2i1.582>
- Guntur, G., & Umar, N. (2022). Pendampingan dan pelatihan pembuatan bahan ajar berbasis multimedia untuk meningkatkan kompetensi guru pada madrasah tsanawiah negeri gowa. *Prosiding Seminar Nasional UNIMUS*, 1659–1668.
- Hake, R. R. (1999). *Analyzing change/gain scores*. Dept. of Physics, Indiana University.
- Idrus, I., Sukiswo, S., & Gani, A. (2023). Pendampingan sosiokultural berbasis Participatory Action Research (PAR) untuk optimalisasi kompetensi profesional guru profesional. *Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat (Indonesian Journal of Community Engagement)*, 9(2), 112–121. <https://doi.org/10.22146/jpkm.71002>
- Irawati, R. K., & Sofianto, E. W. N. (2019). Pengembangan worksheet materi asam dan basa menggunakan model POE berbasis potensi lokal Kalimantan Selatan. *Jurnal Inovasi Pendidikan Kimia*, 13(2), 2419–2429.
- Irawati, R. K., Hikmah, F. N., & Rahmawati, I. (2023). Pendampingan penyusunan LKPD STEM for HOTS pada lingkup sains. *Bubungan Tinggi: Jurnal Pengabdian Masyarakat*, 5(3), 1364–1374. <https://doi.org/10.20527/btjpm.v5i3.8644>
- James, E. A., Milenkiewicz, M., & Bucknam, A. (2008). *Participatory action research for educational leadership*. SAGE Publications.
- Kelley, T. R., & Knowles, J. G. (2016). A conceptual framework for integrated STEM education. *International Journal of STEM Education*, 3(1), 1–11. <https://doi.org/10.1186/s40594-016-0046-z>
- Kemmis, S., McTaggart, R., & Nixon, R. (2014). *The action research planner: Doing participatory action research*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-981-4560-55-9>
- Margot, K. C., & Kettler, T. (2019). Teachers' perception of STEM integration and education: A systematic review and meta-synthesis. *International Journal of STEM Education*, 6(1), 1–16. <https://doi.org/10.1186/s40594-018-0151-2>
- McTaggart, R., Kemmis, S., & Nixon, R. (2017). Critical participatory action research. In *The Palgrave international handbook of alternative education* (pp. 21–35). Palgrave Macmillan.
- Merta, I. W., Lestari, N., & Setiadi, D. (2019). Teknik penyusunan instrumen higher order thinking skills (HOTS) bagi guru-guru SMP Rayon 7 Mataram. *Jurnal Pendidikan dan Pengabdian Masyarakat*, 2(1), 48–53. <https://doi.org/10.29303/jppm.v2i1.998>
- Miles, M. B., Huberman, A. M., & Saldaña, J. (2014). *Qualitative data analysis: A methods sourcebook* (3rd ed.). SAGE Publications.
- Moore, J. A., Stohlmann, M. S., Wang, H. H., Tank, K. M., Glancy, A. W., & Roehrig, G. H. (2014). Implementation and integration of engineering in K-12 STEM education. In *Engineering in pre-college settings: Research into practice* (pp. 35–60). Purdue University Press.
- Morales, M. P. E. (2016). Participatory Action Research (PAR) cum Action Research (AR) in teacher professional development: A Philippine case. *Educational Action Research*, 24(3), 440–457. <https://doi.org/10.1080/09650792.2015.1058168>
- OECD. (2023). *PISA 2022 results (Volume I): The state of learning and equity in education*. OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/53f23881-en>

- Purnawati, W., Maison, M., & Haryanto, H. (2020). E-LKPD berbasis Technological Pedagogical Content Knowledge (TPACK): Sebuah pengembangan sumber belajar pembelajaran Fisika. *Tarbawi: Jurnal Ilmu Pendidikan*, 16(2), 126–133. <https://doi.org/10.32939/tarbawi.v16i2.665>
- Saido, G. M., Siraj, S., Nordin, A. B. B., & Al Medy, O. S. (2015). Higher order thinking skills among secondary school students in science learning. *The Malaysian Online Journal of Educational Science*, 3(3), 14–20.
- Srikoom, W., Faikhamta, C., & Hanuscin, D. L. (2018). Pathways of professional development for in-service teachers implementing integrated STEM education. *Kasetsart Journal of Social Sciences*, 39(3), 456–463. <https://doi.org/10.1016/j.kjss.2018.06.009>
- Sugiyono. (2019). *Metode penelitian kuantitatif, kualitatif, dan R&D*. Alfabeta.
- Tajudin, N., & Chinnappan, M. (2016). The link between higher order thinking skills, representation and concepts in enhancing TIMSS tasks. *International Journal of Instruction*, 9(2), 199–214. <https://doi.org/10.12973/iji.2016.9214a>
- Thibaut, L., Ceuppens, S., De Loof, H., De Meester, J., Goovaerts, L., Struyf, A., Boeve-de Pauw, J., Dehaene, W., Depaepe, F., De Cock, M., Hellinckx, P., Knipprath, H., Van de Velde, H., Van Dooren, W., ... & Deprez, J. (2018). Integrated STEM education: A systematic review of instructional practices in secondary education. *Educational Research Review*, 24, 328–343. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2018.05.001>
- Tohir, M. (2020). *Hasil PISA Indonesia tahun 2018 turun dibanding tahun 2015*. Universitas Ibrahimy Situbondo. <https://doi.org/10.31219/osf.io/8qwtq>
- Utami, D. P., & Dafit, F. (2021). Lembar kerja peserta didik (LKPD) berbasis high order thinking skills (HOTS) pada pembelajaran tematik. *Mimbar Ilmu*, 26(3), 381–391. <https://doi.org/10.23887/mi.v26i3.41138>
- Wahono, B., Lin, P. L., & Chang, C. Y. (2020). Evidence of STEM enactment effectiveness in Asian student learning outcomes: A meta-analysis. *International Journal of STEM Education*, 7(1), 1–18. <https://doi.org/10.1186/s40594-020-00228-5>