

Manajemen Laboratorium IPA Berbasis Digital dan Kualitas Pembelajaran Sains di Madrasah Tsanawiyah Darunnajah 2 Cipining Bogor

Muhammad Jamil Basyir^{1*}, Mahmud², Musthofa Zahir³

¹⁻³ Program Studi Manajemen Pendidikan Islam, Universitas Darunnajah, Indonesia

*Penulis Korespondensi: jamilbasir06@gmail.com

Abstract. *Science laboratories are central to meaningful science learning, yet many Indonesian madrasahs operate under persistent facility constraints that make conventional practicum work impossible. This study examines how a madrasah manages its science laboratory under such constraints and how that management relates to the quality of students' science learning. Employing a descriptive qualitative approach with a single case study design at MTs Darunnajah 2 Cipining Bogor, data were collected through non-participant observation, in-depth interviews with four key informants (the madrasah principal, the head of the science laboratory, a science teacher, and a student representative), and documentation study. Data were analysed using the Miles and Huberman interactive model and validated through source and technique triangulation. The findings show that the madrasah responded to more than five years of laboratory dormancy by developing a Digital-Based Science Laboratory model which, at the time of the study, remained at a preparatory stage rather than in full operation, examined here through the functions of planning, organising, actuating, and controlling. Planning and organising are relatively well established, whereas actuating and controlling remain incomplete: students had not yet used the laboratory, and practicum supervision was absent. The study implies that digital adaptation may sustain cognitive and affective engagement but cannot replace psychomotor experience.*

Keywords: *digital science laboratory; laboratory management; learning quality; madrasah tsanawiyah; single case study*

Abstrak. Laboratorium IPA merupakan komponen sentral pembelajaran sains, namun banyak madrasah di Indonesia beroperasi dalam keterbatasan sarana yang membuat praktikum konvensional sulit dilaksanakan. Penelitian ini bertujuan menganalisis manajemen laboratorium IPA di madrasah yang menghadapi keterbatasan tersebut serta kaitannya dengan kualitas pembelajaran siswa. Penelitian menggunakan pendekatan kualitatif deskriptif dengan desain studi kasus tunggal di MTs Darunnajah 2 Cipining Bogor. Data dikumpulkan melalui observasi non-partisipan, wawancara mendalam dengan empat informan kunci, yaitu kepala madrasah, kepala laboratorium IPA, guru IPA, dan perwakilan siswa kelas VIII, disertai studi dokumentasi. Analisis data menggunakan model interaktif Miles dan Huberman, sedangkan keabsahan data dijaga melalui triangulasi sumber dan teknik. Hasil penelitian menunjukkan bahwa madrasah merespons vakumnya laboratorium selama lebih dari lima tahun dengan mengembangkan model Laboratorium IPA Berbasis Digital yang pada saat penelitian berlangsung masih berada pada tahap persiapan dan belum beroperasi penuh, dan yang dianalisis melalui fungsi perencanaan, pengorganisasian, pelaksanaan, dan pengawasan. Fungsi perencanaan dan pengorganisasian relatif telah terbentuk, sementara fungsi pelaksanaan dan pengawasan belum utuh karena siswa belum menggunakan laboratorium dan supervisi praktik belum berjalan. Temuan ini mengindikasikan bahwa adaptasi digital dapat menopang dimensi kognitif dan afektif pembelajaran sains, tetapi belum dapat menggantikan pengalaman psikomotorik yang hanya diperoleh melalui praktik langsung.

Kata kunci: kualitas pembelajaran; laboratorium IPA berbasis digital; madrasah tsanawiyah; manajemen laboratorium; studi kasus tunggal

1. LATAR BELAKANG

Pembelajaran Ilmu Pengetahuan Alam menempatkan pengalaman empiris sebagai jantung proses belajar, dan laboratorium adalah ruang tempat pengalaman itu memperoleh bentuk konkretnya. Kajian mutakhir menegaskan bahwa laboratorium yang dikelola secara tertib berhubungan erat dengan ketercapaian sikap ilmiah dan

keterampilan proses sains yang dituntut kurikulum (Rini, Bramastia, Aditia, Fitriani, & Siswanto, 2024), sementara laboratorium yang tersedia secara fisik tetapi tidak terkelola cenderung berhenti sebagai ruang penyimpanan alat (Suseno, Riswanto, Salim, Hidayatullah, & Rasagama, 2021).

Persoalannya, keterkelolaan laboratorium di Indonesia belum merata. Mutunya bervariasi antar satuan pendidikan bahkan pada sekolah negeri yang relatif mapan (Mustofa, Ali, & Azzahra, 2024), dan efektivitas pengelolaannya masih terkendala lemahnya perencanaan program, keterbatasan tenaga laboran, serta pendokumentasian yang tidak konsisten (Arrahma dkk., 2023; Annisa dkk., 2023). Di lingkungan madrasah, tantangan itu memperoleh lapisan tambahan berupa beban kurikulum ganda dan sumber daya yang lebih terbatas. Penelitian pada MTs Negeri di Lombok Timur memperlihatkan bahwa perencanaan dan pengorganisasian sering telah berjalan sementara pengawasan menjadi mata rantai paling lemah (Zulkifli, Zaki, & Fitriani, 2024), pola yang juga dilaporkan pada MTs Negeri di Jakarta Utara (Andris, Driana, & Yuliawati, 2022) dan MTs Negeri 4 Jombang (Huda, Al-Ramzy, & Rahman, 2026). Pada konteks pesantren, pengelolaan laboratorium yang efektif bahkan menjadi penentu mutu manajemen pendidikan sains secara keseluruhan (Asmarany, Djunaedi, Hakim, Saefudin, & Judijanto, 2024).

Perkembangan teknologi menawarkan jalan keluar yang berbeda dari sekadar menunggu pengadaan alat. Laboratorium IPA berbasis digital dipahami sebagai transformasi laboratorium konvensional ke bentuk yang lebih fleksibel melalui video pembelajaran, perangkat lunak simulasi, dan laboratorium virtual (Mastika, 2021), yang dilaporkan membantu memvisualisasikan konsep abstrak, memungkinkan pengulangan eksperimen tanpa risiko kerusakan alat, dan meningkatkan keterlibatan belajar siswa (Chan, Van Gerven, Dubois, & Bernaerts, 2021; Tsivitanidou, Georgiou, & Ioannou, 2021; Lestari, Fakhriyah, & Masfuah, 2024). Meskipun demikian, literatur yang sama menegaskan posisinya sebagai pelengkap, bukan pengganti pengalaman praktik fisik.

Di sinilah celah kajian muncul. Penelitian tentang laboratorium digital umumnya menempatkannya sebagai peningkatan mutu di atas laboratorium yang sudah berfungsi atau sebagai respons terhadap pandemi, dan sebagian besar berlangsung pada jenjang pendidikan tinggi (Chan dkk., 2021; Sellberg, Nazari, & Solberg, 2024). Sangat sedikit kajian menelaah madrasah yang menempuh jalur digital justru karena laboratorium

konvensionalnya berhenti berfungsi dalam rentang waktu panjang, dan yang membaca pilihan itu sebagai keputusan manajerial yang berkonsekuensi pada seluruh siklus perencanaan hingga pengawasan. Kajian pada madrasah sendiri cenderung berhenti pada pemetaan kondisi dan faktor penghambat (Zulkifli dkk., 2024; Andris dkk., 2022), dan jarang menyentuh bagaimana pilihan digital dijamin dengan nilai keislaman yang menjadi penanda khas madrasah (Aulia, Anwar, & Hadi, 2022; Asmarany dkk., 2024).

MTs Darunnajah 2 Cipining Bogor menyediakan konteks yang sesuai untuk menelaah celah tersebut. Madrasah di bawah naungan Pondok Pesantren Darunnajah ini memiliki 709 peserta didik pada tahun pelajaran 2025/2026 dan didukung infrastruktur digital yang memadai berupa laboratorium komputer yang aktif digunakan, daya listrik 33.000 Watt, serta jaringan internet 50 sampai 100 Mbps. Madrasah hanya memiliki satu unit ruang laboratorium IPA, dan ruang itu tidak berfungsi lebih dari lima tahun. Kombinasi antara kelangkaan sarana praktikum konvensional dan kecukupan infrastruktur digital inilah yang mendorong pimpinan madrasah menempuh model Laboratorium IPA Berbasis Digital sebagai adaptasi pengelolaan, sebuah konfigurasi yang belum banyak didokumentasikan secara akademik.

Kontribusi penelitian ini terletak pada pendokumentasian model tersebut sebagai keputusan manajerial yang utuh, bukan sekadar pilihan media pembelajaran, sehingga tampak bagian mana dari siklus pengelolaan yang menguat dan bagian mana yang melemah ketika sebuah madrasah berpindah jalur. Penelitian ini juga menyingkap perbedaan persepsi antara pimpinan dan pelaksana mengenai sumber hambatan. Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini bertujuan menganalisis perencanaan dan pengorganisasian laboratorium IPA di MTs Darunnajah 2 Cipining Bogor, menganalisis pelaksanaan dan pengawasannya beserta kaitannya dengan kualitas pembelajaran siswa, serta mengidentifikasi faktor pendukung dan penghambat dalam manajemen laboratorium IPA di madrasah tersebut.

2. KAJIAN TEORITIS

Manajemen Laboratorium IPA dan Indikatornya

Manajemen laboratorium IPA dipahami sebagai rangkaian upaya pendayagunaan sumber daya laboratorium agar tujuan pembelajaran sains tercapai secara efektif dan efisien, yang lazim dibagi ke dalam empat fungsi: perencanaan, pengorganisasian, pelaksanaan, dan pengawasan (Kertiasa, 2021). Robbins dan Coulter (2020) menegaskan

bahwa perencanaan yang baik mengurangi ketidakpastian dan menetapkan standar yang kemudian dipakai dalam pengendalian, sedangkan pengawasan merupakan proses memantau kinerja, membandingkannya dengan standar, dan melakukan tindakan korektif.

Keempat fungsi itu diterjemahkan ke dalam indikator operasional: perencanaan tampak pada program kerja terdokumentasi, jadwal penggunaan, analisis kebutuhan alat berbasis kurikulum, dan anggaran yang realistis; pengorganisasian pada struktur pengelola dengan pembagian tugas yang jelas, sistem inventarisasi, dan prosedur operasional baku; pelaksanaan pada keterlaksanaan kegiatan sesuai jadwal, kepatuhan prosedur, ketersediaan alat, dan keterlibatan aktif siswa; serta pengawasan pada monitoring kondisi alat, evaluasi berkala, pendokumentasian, audit inventaris, dan tindak lanjut atas temuan. Kerangka ini memperoleh dasar normatif dalam Peraturan Menteri Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi Nomor 22 Tahun 2023 tentang Standar Sarana dan Prasarana, yang menggantikan Peraturan Menteri Pendidikan Nasional Nomor 24 Tahun 2007, serta Peraturan Menteri Pendidikan Nasional Nomor 26 Tahun 2008 tentang kualifikasi kepala laboratorium, teknisi, dan laboran. Ketaatan pada kedua regulasi berkorelasi dengan kesiapan laboratorium menopang pembelajaran, sementara ketidakpatuhan umumnya berujung pada laboratorium yang tidak terkelola (Wisla, Afriza, & Setyaningsih, 2023; Rahmawati dkk., 2024).

Kualitas Pembelajaran Siswa

Kualitas pembelajaran siswa dipahami sebagai derajat keberhasilan proses dan hasil belajar dalam interaksi siswa dengan guru, sumber belajar, dan lingkungan belajar. Departemen Pendidikan Nasional (2004) merumuskannya melalui enam komponen yang saling terkait, yaitu perilaku pembelajaran guru, perilaku belajar siswa, iklim pembelajaran, materi, media, dan sistem pembelajaran. Dalam pembelajaran IPA, kualitas tersebut lazim ditelaah melalui pemahaman konsep pada ranah kognitif, keterampilan proses sains pada ranah psikomotorik, serta sikap ilmiah dan motivasi pada ranah afektif. Ketiganya tidak berkembang dengan cara yang sama: ranah kognitif dan afektif relatif dapat ditopang melalui penjelasan, visualisasi, dan media yang menarik, sedangkan ranah psikomotorik menuntut manipulasi alat secara langsung sehingga paling rentan terhadap keterbatasan sarana. Penelitian komparatif antara laboratorium fisik dan laboratorium berbasis realitas virtual melaporkan bahwa capaian pengetahuan dan sebagian keterampilan prosedural relatif setara, tetapi perilaku kerja laboratorium yang

menuntut penanganan alat secara nyata tetap lebih terbentuk melalui pengalaman fisik (Hu-Au & Okita, 2021). Kajian lain menemukan bahwa laboratorium berbasis realitas virtual berkontribusi pada pemahaman konsep sekaligus keterampilan proses sains siswa (Al-Duhani, Saat, & Abdullah, 2023), sementara pada tataran kelembagaan mutu pengelolaan laboratorium berimplikasi pada motivasi dan capaian belajar siswa (Wasitoh, Ismaya, Abduloh, & Suryaman, 2025).

Laboratorium IPA Berbasis Digital dan Integrasi Nilai Keislaman

Laboratorium IPA berbasis digital dipahami sebagai transformasi laboratorium konvensional ke bentuk yang lebih fleksibel melalui video pembelajaran, perangkat lunak simulasi, dan laboratorium virtual, yang dalam kajian sistematis atas laboratorium kimia virtual dipetakan sebagai ragam lingkungan belajar berbasis komputer dengan tingkat interaktivitas yang bertingkat (Chan dkk., 2021). Komponennya mencakup perangkat keras berupa televisi layar lebar atau proyektor, komputer, sistem suara, dan jaringan internet; perangkat lunak simulasi; konten digital berupa video dan modul ajar interaktif; serta sumber daya manusia dengan literasi digital memadai. Karakteristiknya terletak pada integrasi multimedia, interaktivitas, fleksibilitas ruang dan waktu, serta sifatnya yang dapat dikembangkan bertahap sesuai kemampuan lembaga, dan pemanfaatannya terus meluas beserta ragam kerangka pedagogis yang menyertainya (Sellberg dkk., 2024). Tantangannya tidak kecil, meliputi investasi awal, tuntutan literasi digital guru, ketergantungan pada listrik dan jaringan, serta risiko berkurangnya pengalaman langsung siswa dalam memanipulasi alat, sehingga posisi teoretis yang lazim dianut menempatkannya sebagai pelengkap dan akselerator, bukan pengganti total laboratorium konvensional (Chan dkk., 2021).

Pada lembaga pendidikan Islam, pengelolaan laboratorium tidak berdiri lepas dari kerangka nilai. Visualisasi fenomena alam melalui media digital dipandang memperkuat aktivitas tadabbur terhadap ayat-ayat kauniyah, sebagaimana isyarat QS. Yunus [10]: 101 dan QS. Ali Imran [3]: 190. Integrasi nilai keislaman dalam pembelajaran sains di madrasah dilaporkan berkontribusi pada motivasi belajar dan penguatan identitas keislaman siswa (Dalimunthe, Salminawati, & Dahlan, 2024), sementara penguatan fungsi laboratorium di lembaga pendidikan Islam menjadi bagian dari peningkatan mutu penyelenggaraan pendidikan secara keseluruhan (Amin, Sasongko, Somantri, Nirwana, Arsil, & Indrawari, 2021).

3. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan kualitatif deskriptif dengan paradigma interpretif dan desain studi kasus tunggal (*single case study*), dipilih karena tujuan penelitian adalah memahami kompleksitas pengelolaan laboratorium IPA beserta maknanya bagi para pelaku, bukan mengukur besaran pengaruh antarvariabel, dengan peneliti sebagai instrumen utama. Penelitian dilaksanakan di MTs Darunnajah 2 Cipining Bogor yang berlokasi di Desa Argapura, Kecamatan Cigudeg, Kabupaten Bogor, Jawa Barat, dengan fokus pada ruang laboratorium IPA dan ruang kelas tempat pembelajaran IPA berlangsung. Pengumpulan dan pengolahan data berlangsung pada Januari sampai April 2026, meliputi persiapan pada Januari, pengumpulan data pada Februari sampai Maret, serta analisis dan penyusunan laporan pada Maret sampai April.

Sumber data primer diperoleh dari empat informan kunci yang dipilih secara purposif berdasarkan keterlibatan langsung mereka dalam pengelolaan dan pemanfaatan laboratorium IPA, yaitu Kepala Madrasah sebagai penanggung jawab kebijakan, Kepala Laboratorium IPA sebagai pengelola teknis, Guru IPA kelas VIII sebagai pelaksana pembelajaran, dan perwakilan siswa kelas VIII sebagai pengguna layanan. Data sekunder bersumber dari dokumen profil madrasah, inventaris sarana dan prasarana, jadwal penggunaan laboratorium, perangkat pembelajaran IPA, serta arsip administrasi laboratorium. Teknik pengumpulan data mencakup observasi non-partisipan, wawancara mendalam terstruktur dan semi-terstruktur terhadap keempat informan, serta studi dokumentasi.

Analisis data menggunakan model interaktif Miles dan Huberman (2020) yang mencakup reduksi data, penyajian data, penarikan kesimpulan, dan verifikasi. Reduksi memfokuskan data lapangan pada aspek yang relevan dengan fungsi manajemen laboratorium dan kualitas pembelajaran, penyajian dilakukan dalam bentuk teks naratif dan matriks temuan, sedangkan penarikan kesimpulan dan verifikasi berlangsung berulang seiring bertambahnya data. Keabsahan data dijaga melalui triangulasi sumber, yaitu membandingkan keterangan keempat informan mengenai isu yang sama, dan triangulasi teknik, yaitu membandingkan hasil wawancara terhadap observasi dan dokumen administrasi madrasah. Perbedaan keterangan yang muncul tidak diperlakukan sebagai kelemahan data, melainkan sebagai bahan analisis tersendiri.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil reduksi data menunjukkan satu konteks yang mewarnai seluruh temuan: laboratorium IPA MTs Darunnajah 2 Cipining Bogor tidak berfungsi lebih dari lima tahun, dan madrasah merespons kondisi tersebut dengan mengembangkan model Laboratorium IPA Berbasis Digital. Model ini dianalisis melalui empat fungsi manajemen, dilanjutkan telaah kaitannya dengan kualitas pembelajaran serta identifikasi faktor pendukung dan penghambat, dengan ringkasan temuan pada Tabel 1.

Tabel 1. Ringkasan Temuan pada Empat Fungsi Manajemen Laboratorium IPA

Fungsi manajemen	Temuan utama	Status ketercapaian
Perencanaan	Analisis kebutuhan berbasis kompetensi dasar; gagasan model Lab Digital; rencana tata letak dan prosedur operasional; target operasional tahun ajaran berikutnya	Terbentuk pada tataran kelembagaan; belum tercermin pada rencana pembelajaran tingkat kelas
Pengorganisasian	Struktur hierarkis Kepala Madrasah–Kepala Laboratorium–Guru IPA; pendanaan yayasan dengan alokasi bergilir MTs dan SMP	Terbentuk secara struktural; belum tersedia laboran khusus
Pelaksanaan	Pembelajaran IPA berlangsung di kelas dengan media gambar, penjelasan verbal, dan video; pengadaan televisi telah terealisasi	Berjalan sebagai adaptasi; siswa belum menggunakan laboratorium
Pengawasan	Supervisi menjangkau pembelajaran teori di kelas	Belum mencakup supervisi praktik dan pengawasan operasional laboratorium

Sumber: diolah dari data penelitian, 2026

Perencanaan Laboratorium IPA Berbasis Digital

Perencanaan laboratorium IPA berada pada tahap konseptual yang bergerak menuju pelaksanaan. Gagasan model Laboratorium IPA Berbasis Digital dicetuskan Kepala Madrasah berdasarkan analisis capaian pembelajaran mata pelajaran IPA tingkat MTs dan kondisi riil laboratorium yang lama tidak beroperasi. Pertimbangannya strategis: revitalisasi penuh laboratorium konvensional menuntut investasi yang tidak tersedia dalam waktu dekat, karakteristik siswa lebih akrab dengan media audio visual, dan infrastruktur digital madrasah sudah memadai. Kepala Madrasah menyatakan, “Ke

depannya kita mau mengadakan Lab IPA yang berbasis digital menggunakan TV ataupun infokus, karena kalau menggunakan peralatan yang selama ini kita pakai sudah tertinggal dan kurang minatnya.”

Rencana tersebut telah dirinci ke dalam tahapan konkret: pengadaan televisi layar lebar sebagai komponen utama, proyektor sebagai pelengkap, penataan ulang ruang laboratorium, pengembangan modul ajar berbasis video, serta pelatihan literasi digital bagi guru IPA. Kepala Laboratorium IPA menambahkan bahwa penataan dijadwalkan selesai pada masa libur semester agar laboratorium siap dioperasikan pada tahun ajaran berikutnya, dan prosedur operasional penggunaan perangkat serta tata tertib peminjaman telah disusun. Temuan ini mengindikasikan bahwa perencanaan pada tataran kelembagaan telah memenuhi sebagian besar kriteria teoretis, yakni analisis kebutuhan berbasis kurikulum, penetapan tujuan, penjadwalan, dan standar operasional yang menurut Robbins dan Coulter (2020) menjadi prasyarat berfungsinya pengendalian, sekaligus selaras dengan karakteristik laboratorium digital yang fleksibel dan dapat dikembangkan bertahap (Mastika, 2021) serta dengan temuan Asmarany dkk. (2024) bahwa perencanaan yang cermat paling menentukan efektivitas pengelolaan laboratorium di lembaga pendidikan Islam.

Namun pada tataran kelas, perencanaan menunjukkan kelemahan substansial. Guru IPA mengakui bahwa rencana pelaksanaan pembelajaran tidak memuat rencana praktikum, dan materi yang semestinya dipraktikkan disiasati melalui demonstrasi sederhana atau media gambar. Kesenjangan antara keputusan strategis pimpinan dan perangkat pembelajaran di tingkat pelaksana ini mengonfirmasi pola yang dilaporkan Andris dkk. (2022). Perencanaan di madrasah ini karenanya kuat secara visi tetapi belum utuh secara operasional.

Pengorganisasian Laboratorium IPA Berbasis Digital

Struktur organisasi pengelola laboratorium telah tersusun secara hierarkis dan jelas: Kepala Madrasah sebagai penanggung jawab umum, Kepala Laboratorium IPA sebagai pengelola teknis yang bertanggung jawab atas kondisi alat dan penjadwalan, dan guru-guru IPA sebagai pelaksana pembelajaran. Pengajuan kebutuhan disampaikan kepada Kepala Madrasah untuk diteruskan kepada yayasan, sementara pengadaan barang berukuran besar menunggu giliran antarunit di lingkungan pesantren. Pendanaan bersumber dari Yayasan Pondok Pesantren Darunnajah melalui alokasi bergilir antara

MTs dan SMP. Rantai komando ini memenuhi prinsip kesatuan perintah dalam teori manajemen klasik dan sejalan dengan pola pengorganisasian pada madrasah lain (Zulkifli dkk., 2024; Huda dkk., 2026), sedangkan sistem pendanaan bergilir dapat dibaca sebagai pengorganisasian sumber daya yang adaptif terhadap keterbatasan, dengan konsekuensi waktu tunggu panjang antarsiklus pengadaan yang turut menjelaskan lambatnya reaktivasi laboratorium.

Kelemahan pengorganisasian terletak pada ketenagaan. Kepala Laboratorium IPA menyatakan madrasah belum memiliki laboran khusus, sementara dokumen profil mencatat empat orang laboran. Pembacaan silang antara keterangan informan, dokumen, dan konfigurasi sarana madrasah yang hanya memiliki satu unit laboratorium IPA di samping laboratorium komputer memunculkan dugaan bahwa tenaga laboran yang tercatat melekat pada laboratorium komputer yang selama ini aktif, bukan pada laboratorium IPA. Dugaan ini belum dikonfirmasi secara administratif kepada bagian kepegawaian madrasah, sehingga masih memerlukan verifikasi lebih lanjut. Ketiadaan laboran khusus IPA bertentangan dengan Peraturan Menteri Pendidikan Nasional Nomor 26 Tahun 2008 dan berpotensi menghambat operasionalisasi model digital, karena perawatan perangkat keras, pengelolaan konten, dan penyiapan kegiatan menuntut dukungan teknis yang tidak dapat sepenuhnya dibebankan kepada guru (Arrahma dkk., 2023).

Pelaksanaan Laboratorium IPA Berbasis Digital

Pembelajaran IPA berlangsung di ruang kelas dengan mengandalkan media gambar, penjelasan verbal, dan sesekali video singkat. Guru IPA menyatakan metode ceramah masih dominan meskipun disadari kurang efektif untuk materi eksperimental. Persiapan teknis model digital telah bergerak, ditandai pengadaan televisi sebagai komponen utama, sementara satu unit perangkat pendukung masih menunggu pencairan dana. Temuan paling menentukan datang dari sisi pengguna: siswa mengetahui keberadaan ruang laboratorium secara fisik tetapi belum pernah memasukinya untuk kegiatan pembelajaran. Seorang siswa menyatakan, *“Belum pernah. Selama belajar IPA, kami selalu di kelas.”* Keterangan ini konsisten dengan penjelasan Kepala Madrasah dan Guru IPA, sehingga triangulasi sumber menghasilkan gambaran yang saling menguatkan.

Kesaksian tersebut menempatkan status model Lab Digital secara lebih tepat. Sampai penelitian berlangsung, model ini merupakan komitmen manajerial dan adaptasi

pedagogis yang sedang berjalan, bukan praktik laboratorium yang telah beroperasi penuh, dan media digital yang digunakan masih berada pada tingkat visualisasi statis serta tayangan video melalui perangkat pribadi guru, belum menyentuh perangkat lunak simulasi maupun laboratorium virtual yang menjadi komponen inti laboratorium digital (Mastika, 2021). Pembacaan ini penting agar temuan tidak dilebihkan, sekaligus mempertegas batas teoretis laboratorium digital yang secara konsisten diposisikan sebagai pelengkap, bukan pengganti pengalaman praktik fisik (Hu-Au & Okita, 2021; Chan dkk., 2021; Tsivitanidou dkk., 2021). Ketika media digital dipakai sebagai satu-satunya jalur, keunggulan visualisasi tetap diperoleh tetapi dimensi manipulasi alat hilang seluruhnya, sebagaimana ditangkap Guru IPA yang menyatakan bahwa pembelajaran di kelas hanya sampai pada tahap menjelaskan dan memahami, sedangkan di laboratorium siswa dapat langsung mempraktikkan dan melihat alat yang dipelajari.

Pengawasan Laboratorium IPA Berbasis Digital

Fungsi pengawasan merupakan mata rantai terlemah dalam temuan penelitian ini. Kepala Madrasah menjelaskan supervisi dan monitoring telah berjalan tetapi baru menjangkau pembelajaran teori di kelas dan belum mencakup supervisi praktik di laboratorium, dan Guru IPA mengonfirmasinya secara terpisah dengan menyatakan supervisi praktik belum pernah dilaksanakan. Konfirmasi silang dari dua sumber berbeda ini memperkuat kredibilitas temuan.

Ketiadaan supervisi praktik berimplikasi lebih luas daripada hilangnya satu kegiatan administratif. Robbins dan Coulter (2020) menempatkan pengawasan sebagai mekanisme yang menutup siklus manajemen melalui perbandingan kinerja terhadap standar dan tindakan korektif; tanpa mekanisme ini, standar yang disusun pada tahap perencanaan tidak memiliki instrumen penegakan sehingga kelemahan pelaksanaan berpeluang berulang tanpa terdeteksi. Temuan ini konsisten dengan pola berulang dalam literatur mutakhir: Zulkifli dkk. (2024) menemukan pengawasan sebagai bagian paling lemah, dan Rini dkk. (2024) menempatkan evaluasi berkelanjutan sebagai komponen yang paling sering absen. Kelemahan pengawasan di madrasah ini karenanya bukan anomali kelembagaan, melainkan manifestasi pola struktural yang lebih luas, dengan kekhasan bahwa hal itu berlangsung justru ketika madrasah sedang membangun model pengelolaan baru, sehingga risiko pengulangan kesalahan pada model digital menjadi nyata jika tidak diantisipasi sejak awal.

Kaitan Manajemen Laboratorium dengan Kualitas Pembelajaran Siswa

Analisis kaitan antara manajemen laboratorium dan kualitas pembelajaran perlu dibatasi sesuai desain penelitian. Data yang tersedia berupa persepsi informan dan observasi proses, bukan pengukuran hasil belajar sebelum dan sesudah intervensi, sehingga uraian berikut menyajikan indikasi, bukan klaim hubungan sebab akibat.

Pada ranah kognitif, media digital dipandang membantu pemahaman konsep abstrak. Siswa mengidentifikasi materi fisika yang banyak melibatkan perhitungan sebagai materi tersulit dan menyatakan materi tersebut lebih mudah dibayangkan apabila tersedia alat atau visualisasi, dan Guru IPA menyampaikan hal senada. Keterangan ini mengindikasikan kontribusi visualisasi pada pemahaman konsep, sejalan dengan temuan bahwa media simulasi membantu menjembatani konsep abstrak (Lestari dkk., 2024).

Pada ranah afektif, keterangan informan menunjukkan potensi yang cukup kuat. Kepala Madrasah menilai komponen audio visual sebagai perangsang antusiasme belajar, sementara siswa menyatakan persetujuannya terhadap pembelajaran berbasis media digital dan keinginan menonton video pembelajaran begitu laboratorium beroperasi. Dimensi ini memperoleh lapisan tambahan melalui integrasi nilai keislaman: Kepala Madrasah memandang visualisasi fenomena alam sebagai sarana tadabbur terhadap kebesaran Allah Swt., pemaknaan yang selaras dengan pendekatan integratif yang dilaporkan Dalimunthe dkk. (2024) dan dengan penguatan fungsi laboratorium sebagai bagian dari mutu penyelenggaraan pendidikan Islam (Amin dkk., 2021). Integrasi ini masih berada pada tataran orientasi pimpinan dan belum terdokumentasi dalam perangkat pembelajaran.

Pada ranah psikomotorik, temuan penelitian justru menunjukkan keterbatasan yang tegas. Karena siswa belum pernah menggunakan laboratorium dan rencana pembelajaran tidak memuat praktikum, keterampilan proses sains siswa praktis terbatas pada observasi visual, padahal siswa sendiri menyatakan preferensinya terhadap belajar melalui praktik dengan alasan bahwa praktik membuat materi lebih terbayang dan tidak mudah dilupakan. Kondisi ini konsisten dengan literatur yang menempatkan pengalaman fisik sebagai prasyarat berkembangnya keterampilan kerja laboratorium (Hu-Au & Okita, 2021; Al-Duhani dkk., 2023) dan dengan laporan bahwa keterbatasan sarana berdampak langsung pada capaian keterampilan proses sains siswa (Zahra dkk., 2024).

Ditelaah melalui enam komponen kualitas pembelajaran yang dirumuskan Departemen Pendidikan Nasional (2004), model Lab Digital menyentuh komponen media dan materi secara paling nyata dan mulai menyentuh iklim pembelajaran melalui peningkatan antusiasme, tetapi belum menjangkau perubahan substansial pada perilaku belajar siswa dalam pengertian keterlibatan aktif dalam kegiatan ilmiah. Adaptasi digital dengan demikian mampu menopang sebagian dimensi kualitas pembelajaran, khususnya kognitif dan afektif, tetapi tidak menggantikan dimensi psikomotorik.

Faktor Pendukung dan Penghambat

Identifikasi faktor pendukung dan penghambat dilakukan berdasarkan keterangan keempat informan yang dikonfirmasi silang melalui triangulasi, dengan rincian pada Tabel 2.

Tabel 2. Faktor Pendukung dan Penghambat Manajemen Laboratorium IPA

Faktor Pendukung	Faktor Penghambat
• Komitmen dan visi pimpinan madrasah terhadap pengembangan model digital • Dukungan pendanaan Yayasan Pondok Pesantren melalui alokasi bergilir • Realisasi awal pengadaan perangkat dan target operasional yang terjadwal • Kesiapan sumber daya manusia guru IPA • Antusiasme dan minat belajar siswa terhadap media digital	• Keterbatasan sarana, alat, dan bahan praktikum konvensional • Hambatan teknis dan administratif dalam pengadaan, termasuk pencairan dana • Ketiadaan rencana praktikum dalam perangkat pembelajaran • Belum tersedianya laboran khusus laboratorium IPA • Belum berjalannya supervisi praktik dan pengawasan operasional • Perbedaan persepsi antara pimpinan dan pelaksana mengenai sumber hambatan

Sumber: diolah dari data penelitian, 2026

Konfigurasi faktor pendukung pada kasus ini sebagian menyimpang dari pola yang lazim dilaporkan. Kajian terdahulu kerap menempatkan lemahnya dukungan kebijakan dan keterbatasan sumber daya manusia sebagai penghambat utama, sedangkan di madrasah ini keduanya justru berfungsi sebagai pendukung: dukungan kebijakan hadir melalui visi pimpinan, sementara kesiapan guru dinyatakan tegas oleh Guru IPA, “Menurut saya bukannya belum siap, tapi alat-alatnya yang belum siap.” Modal semacam ini tidak selalu tersedia dan sejalan dengan temuan Asmarany dkk. (2024) mengenai peran kompetensi pengelola. Sebaliknya, hambatan utama bersifat struktural

dan administratif: keterbatasan alat diakui Guru IPA sebagai kendala paling utama, sementara Kepala Madrasah menempatkan akar persoalan pada prosedur pengadaan, konsisten dengan laporan bahwa persoalan laboratorium lebih sering berakar pada rantai pengadaan dan anggaran daripada pada ketidakmampuan teknis pelaksana (Wisla dkk., 2023; Annisa dkk., 2023; Mustofa dkk., 2024).

Temuan yang paling layak dicermati adalah perbedaan persepsi antara pimpinan dan pelaksana: Kepala Madrasah menyebut kesiapan guru sebagai hal yang masih perlu dilengkapi, sedangkan Guru IPA menegaskan bahwa yang belum siap adalah alat. Perbedaan ini bukan kelemahan data, sebab triangulasi sumber memang dimaksudkan menggali kebenaran dari berbagai sudut pandang. Secara manajerial, perbedaan tersebut berisiko menghasilkan prioritas intervensi yang tidak tepat sasaran, misalnya alokasi sumber daya untuk pelatihan ketika yang dibutuhkan adalah percepatan pengadaan, sehingga komunikasi internal menjadi variabel manajerial yang perlu diperhitungkan.

Strategi madrasah memperlihatkan kapasitas adaptif berupa pengalihan pendekatan menuju model digital, penyusunan skala prioritas pengadaan dengan menempatkan proyektor sebelum alat dasar seperti mikroskop, serta pembangunan kesepahaman lintas pemangku kepentingan. Pilihan tersebut realistis terhadap keterbatasan anggaran dan relevan dengan minat siswa, namun menyisakan risiko yang perlu diakui terbuka: penundaan pengadaan alat praktikum dasar memperpanjang kekosongan pada ranah psikomotorik. Keseimbangan antara percepatan jalur digital dan pemulihan bertahap praktikum konvensional menjadi persoalan manajerial yang belum terselesaikan pada kasus ini.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Penelitian ini menyimpulkan bahwa manajemen laboratorium IPA di MTs Darunnajah 2 Cipining Bogor dijalankan melalui model Laboratorium IPA Berbasis Digital sebagai adaptasi terhadap vakumnya laboratorium konvensional selama lebih dari lima tahun. Perencanaan telah terbentuk pada tataran kelembagaan melalui analisis kebutuhan berbasis kurikulum, tahapan pengadaan, rencana tata letak dan prosedur operasional, serta target operasional, namun belum diterjemahkan ke dalam perangkat pembelajaran tingkat kelas yang tidak memuat rencana praktikum. Pengorganisasian telah memiliki struktur hierarkis yang jelas dan pendanaan yayasan dengan alokasi bergilir, tetapi belum didukung laboran khusus sebagaimana disyaratkan regulasi.

Pelaksanaan berjalan sebagai adaptasi pedagogis berbasis media gambar, penjelasan verbal, dan video dengan realisasi awal pengadaan televisi, sementara siswa belum pernah menggunakan laboratorium. Pengawasan merupakan mata rantai terlemah karena supervisi baru menjangkau pembelajaran teori di kelas.

Berkenaan dengan kualitas pembelajaran, temuan mengindikasikan kontribusi model digital pada ranah kognitif melalui visualisasi konsep abstrak dan pada ranah afektif melalui peningkatan antusiasme serta penguatan tadabbur, sementara ranah psikomotorik tetap terbatas karena tidak tersedianya pengalaman praktik langsung. Indikasi ini bersumber dari persepsi informan dan observasi proses, bukan pengukuran hasil belajar, sehingga bukan klaim kausal. Faktor pendukung mencakup komitmen pimpinan, dukungan pendanaan yayasan, realisasi awal pengadaan, kesiapan guru IPA, dan antusiasme siswa; faktor penghambat mencakup keterbatasan sarana praktikum, hambatan teknis-administratif pengadaan, ketiadaan rencana praktikum dalam perangkat pembelajaran, ketiadaan laboran khusus, belum berjalannya supervisi praktik, serta perbedaan persepsi antara pimpinan dan pelaksana.

Secara praktis, madrasah perlu menerjemahkan visi kelembagaan ke dalam perangkat pembelajaran dengan memasukkan kegiatan berbasis simulasi dan praktikum sederhana ke dalam rencana pembelajaran, membangun fungsi pengawasan bersamaan dengan operasionalisasi laboratorium agar kelemahan yang sama tidak berpindah ke model baru, memprioritaskan pengangkatan laboran khusus sesuai regulasi, serta mengintensifkan komunikasi internal agar prioritas intervensi disusun berdasarkan pemahaman yang sama mengenai sumber hambatan. Keseimbangan antara percepatan jalur digital dan pemulihan bertahap praktikum konvensional juga perlu dijaga.

Keterbatasan penelitian ini perlu dinyatakan terbuka: desain studi kasus tunggal dengan empat informan kunci membatasi keberlakuan temuan, kaitan dengan kualitas pembelajaran ditelaah tanpa instrumen pengukuran hasil belajar sehingga inferensinya terbatas, dan penelitian berlangsung ketika model digital belum beroperasi penuh. Penelitian selanjutnya disarankan menelaah efektivitas model ini secara longitudinal setelah operasionalisasi penuh, memperluas variasi informan, melakukan studi komparatif pada madrasah dengan kondisi serupa, serta menempuh pendekatan kuantitatif atau metode campuran untuk mengukur dampaknya terhadap capaian kognitif, psikomotorik, dan afektif siswa.

UCAPAN TERIMA KASIH

Artikel ini merupakan hasil pengembangan skripsi penulis pertama pada Program Studi Manajemen Pendidikan Islam, Universitas Darunnajah. Penulis berterima kasih kepada pimpinan dan jajaran MTs Darunnajah 2 Cipining Bogor atas izin dan kemudahan selama penelitian.

DAFTAR REFERENSI

- Al-Duhani, S. K. A. H., Saat, R. M., & Abdullah, N. (2023). The effect of virtual reality physics laboratories on students' conceptual understanding and science process skills. *Journal of Turkish Science Education*, 20(2), 434–456. <https://doi.org/10.36681/tused.2023.023>
- Amin, M., Sasongko, R. N., Somantri, M., Nirwana, N., Arsil, A., & Indrawari, K. (2021). Strengthening laboratory functions in improving the quality of Islamic education management study program IAIN Curup. *Tadbir: Jurnal Studi Manajemen Pendidikan*, 5(1), 123–136. <https://doi.org/10.29240/jsmp.v5i1.2461>
- Andris, V., Driana, E., & Yuliawati, S. (2022). Evaluasi program laboratorium dalam pembelajaran IPA di Madrasah Tsanawiyah Negeri 15 Jakarta Utara. *Jurnal Penelitian dan Penilaian Pendidikan*, 4(1), 29–39.
- Annisa, A., Haris, N. F., Farawasi, S. V., Junus, M., & Mutmainah, O. (2023). Evaluasi manajemen laboratorium fisika di Kota Samarinda. *Jurnal Literasi Pendidikan Fisika*, 4(1). <https://doi.org/10.30872/jlpf.v4i1.1654>
- Arrahma, A., Afiqah, N., Erlinawati, E., Randa, G., Linda, R., & Rahmad, M. (2023). The effectiveness of science laboratory management at junior high school. *Prisma Sains: Jurnal Pengkajian Ilmu dan Pembelajaran Matematika dan IPA IKIP Mataram*, 11(3), 660–671. <https://doi.org/10.33394/j-ps.v11i3.6901>
- Asmarany, A. I., Djunaedi, D., Hakim, A. A., Saefudin, A., & Judijanto, L. (2024). Effective laboratory management: Efforts to improve science education management in Islamic boarding schools. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 10(8), 5673–5680. <https://doi.org/10.29303/jppipa.v10i8.8250>
- Aulia, H., Anwar, A., & Hadi, K. (2022). Nilai integrasi Islam dan sains di lembaga pendidikan Islam di Indonesia: Sekolah Islam Terpadu, madrasah dan pesantren. *Tafhim Al-'Ilmi*, 14(1), 110–124. <https://doi.org/10.37459/tafhim.v14i1.5714>
- Chan, P., Van Gerven, T., Dubois, J.-L., & Bernaerts, K. (2021). Virtual chemical laboratories: A systematic literature review of research, technologies and instructional design. *Computers and Education Open*, 2, 100053. <https://doi.org/10.1016/j.caeo.2021.100053>
- Dalimunthe, A. W., Salminawati, S., & Dahlan, Z. (2024). Model of implementation of integration of Islamic Religious Education and science at MAN 2 Model Medan. *Electronic Journal of Education, Social Economics and Technology*, 5(2), 161–168.
- Departemen Pendidikan Nasional. (2004). Peningkatan kualitas pembelajaran. Jakarta: Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi.
- Hu-Au, E., & Okita, S. (2021). Exploring differences in student learning and behavior between real-life and virtual reality chemistry laboratories. *Journal of Science Education and Technology*, 30(6), 862–876. <https://doi.org/10.1007/s10956-021-09925-0>
- Huda, H., Al-Ramzy, A. M. A., & Rahman, M. F. (2026). Analisis manajemen mutu laboratorium IPA di Madrasah Tsanawiyah Negeri 4 Jombang. *Young Journal of Social Sciences and Humanities*, 2(2), 23–36. <https://doi.org/10.66867/yjssh.v2i2.304>
- Kertiasa, I. N. (2021). *Manajemen laboratorium sekolah: Teori dan praktik*. Bandung: Pustaka Scientific.

- Lestari, P., Fakhriyah, F., & Masfuah, S. (2024). Pengaruh inquiry learning berbasis TPACK dengan media virtual laboratory terhadap keterampilan proses sains siswa. *Didaktik: Jurnal Ilmiah PGSD STKIP Subang*, 10(1), 1539–1549.
- Mastika, N. M. (2021). *Digitalisasi manajemen laboratorium sekolah*. Denpasar: Udayana Press.
- Miles, M. B., & Huberman, A. M. (2020). *Analisis data kualitatif*. Jakarta: UI Press.
- Mustofa, R. F., Ali, M., & Azzahra, N. (2024). Analysis of the quality of biological laboratories of state senior high schools in Majalengka regency in the academic year 2023/2024. *Jurnal Penelitian dan Evaluasi Pendidikan*, 28(2), 242–254. <https://doi.org/10.21831/pep.v28i2.76052>
- Peraturan Menteri Pendidikan Nasional Republik Indonesia Nomor 24 Tahun 2007 tentang Standar Sarana dan Prasarana untuk SD/MI, SMP/MTs, dan SMA/MA. (2007). Jakarta: Departemen Pendidikan Nasional.
- Peraturan Menteri Pendidikan Nasional Republik Indonesia Nomor 26 Tahun 2008 tentang Standar Tenaga Laboratorium Sekolah/Madrasah. (2008). Jakarta: Departemen Pendidikan Nasional.
- Rahmawati, D., Zulkhairi, Z., Fitriyani, F., Safriadi, S., Akbar, M. A., & Rosadi, M. (2024). Optimization of laboratory quality management in improving student competence. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, 13(4), 623–632.
- Rini, E. F. S., Bramastia, B., Aditia, K., Fitriani, F., & Siswanto, P. (2024). Analysis of science laboratory management to support science learning: A systematic review. *Integrated Science Education Journal*, 5(1), 49–58. <https://doi.org/10.37251/isej.v5i1.799>
- Robbins, S. P., & Coulter, M. (2020). *Manajemen* (Edisi 13). Jakarta: Erlangga.
- Sellberg, C., Nazari, Z., & Solberg, M. (2024). Virtual laboratories in STEM higher education: A scoping review. *Nordic Journal of Systematic Reviews in Education*, 2, 58–75. <https://doi.org/10.23865/njsre.v2.5766>
- Suseno, N., Riswanto, R., Salim, M. B., Hidayatullah, D., & Rasagama, I. G. (2021). How to manage an effective laboratory for science learning in schools? *Jurnal Penelitian & Pengembangan Pendidikan Fisika*, 7(2), 191–200. <https://doi.org/10.21009/1.07211>
- Tsivitanidou, O. E., Georgiou, Y., & Ioannou, A. (2021). A learning experience in inquiry-based physics with immersive virtual reality: Student perceptions and an interaction effect between conceptual gains and attitudinal profiles. *Journal of Science Education and Technology*, 30(6), 841–861. <https://doi.org/10.1007/s10956-021-09924-1>
- Wasitoh, E., Ismaya, B., Abduloh, A., & Suryaman, M. (2025). Science laboratory management and the implications for students' motivation and learning achievement. *Research Horizon*, 5(6), 3233–3244. <https://doi.org/10.54518/rh.5.6.2025.955>
- Wisla, M. R., Afriza, A., & Setyaningsih, R. (2023). Manajemen laboratorium sekolah untuk meningkatkan mutu sekolah. *Jambura Journal of Educational Management*, 4(2), 335–342. <https://doi.org/10.37411/jjem.v4i2.2690>
- Zahra, R. F., Sari, A. N., Aqila, D. N., Maharani, A., Puspitasari, N. R. N., Lajuardi, A. M., Nuraini, L., & Harijanto, A. (2024). Analisis standarisasi laboratorium IPA dalam mendukung proses belajar pembelajaran di MA Darus Sholah Jember. *Jurnal Fisika Papua*, 3(1), 31–36. <https://doi.org/10.31957/jfp.v3i1.125>
- Zulkifli, L., Zaki, M., & Fitriani, I. (2024). Manajemen laboratorium IPA di Madrasah Tsanawiyah Negeri 02 Lombok Timur. *AS-SABIQUN*, 6(6), 1034–1053. <https://doi.org/10.36088/assabiqun.v6i6.5350>