

Tersedia secara online di

Jurnal Tadris IPA IndonesiaBeranda jurnal : <http://ejournal.iainponorogo.ac.id/index.php/jtii>**Artikel****Pengembangan *Virtual Lab* Pemuaian Zat untuk Meningkatkan Pemahaman Konsep dan Keterampilan Proses Sains Peserta Didik SMP**Elyvia Faizatus Sholekhah^{1*}, Hendra Febriyanto²^{1,2} Universitas Negeri Semarang, Semarang*Corresponding Address: elyviafaizatussholekhah@students.unnes.ac.id**Info Artikel**

Riwayat artikel:
Received: 16 Maret 2025
Accepted: 18 Mei 2025
Published: 30 Juli 2025

Kata kunci:

Virtual lab,
Pemahaman konsep,
Keterampilan proses sains,
Pemuaian zat,

ABSTRAK

Pemahaman konsep dan keterampilan proses sains merupakan dua aspek penting dalam pembelajaran IPA. Namun, hasil studi awal penelitian menunjukkan bahwa pemahaman konsep peserta didik masih tergolong rendah dan keterampilan proses sains mereka rata-rata dalam kategori cukup, sehingga masih perlu ditingkatkan. Salah satu solusi yang ditawarkan adalah pengembangan media pembelajaran berbasis *virtual lab*. Tujuan penelitian ini adalah menganalisis validitas *virtual lab*, menganalisis peningkatan pemahaman konsep dan keterampilan proses sains setelah penggunaan *virtual lab* pemuaian zat, dan mengetahui seberapa kuat hubungan antara pemahaman konsep dan keterampilan proses sains. Jenis penelitian ini adalah penelitian pengembangan dengan model ADDIE. Penelitian ini menghasilkan *virtual lab* pemuaian zat yang valid dengan skor sebesar 0,93 oleh penilaian ahli. Media pembelajaran tersebut juga mampu meningkatkan pemahaman konsep dan keterampilan proses sains peserta didik pada materi pemuaian zat. Pemahaman konsep peserta didik mengalami peningkatan sebesar 27,59 sedangkan keterampilan proses sains mengalami peningkatan sebesar 15,5%. Selain itu, dalam penelitian ini juga diketahui bahwa ada korelasi yang kuat antara pemahaman konsep dengan keterampilan proses sains, dimana keterampilan proses sains memberikan pengaruh sebesar 38,2% terhadap pemahaman konsep. Berdasarkan hasil penelitian, disimpulkan bahwa *virtual lab* pemuaian zat valid dan dapat meningkatkan pemahaman konsep serta keterampilan proses sains peserta didik.

ABSTRACT

Concept understanding and science process skills are important components in science learning. However, preliminary research revealed that students' concept understanding was still low, and their science process skills were only at a fair level, indicating the need for improvement. To overcome this, a virtual laboratory-based learning media was developed. This study aims to analyze the validity of the virtual lab, assess the improvement of concept understanding and science process skills after use, and examine the relationship between the two. This research uses the ADDIE development model. The results showed that the virtual lab on the topic of substance expansion was valid, with an expert validation score of 0.93. This media effectively increased students' concept understanding by 27.59% and science process skills by 15.5%. In addition, a strong correlation was found between concept understanding and science process skills, with science process skills contributing 38.2% to concept understanding. Based on these findings, it can be concluded that the substance expansion virtual laboratory is valid and

PENDAHULUAN

IPA termasuk ke dalam mata pelajaran wajib pada jenjang SMP, namun banyak peserta didik yang kurang menyukainya karena mereka masih saja menganggap bahwa mata pelajaran IPA ini sulit dan menjemukan. Hal tersebut masih diyakini bahwa salah satu faktornya adalah pembelajaran yang kurang menarik maupun media pembelajaran yang digunakan kurang interaktif (Hasmirati & Hamria, 2022). Pembelajaran yang monoton akan menyebabkan siswa tidak tertarik dengan pembelajaran sehingga guru perlu menjadikan pembelajaran lebih menarik dengan inovasi- inovasi yang dikembangkannya (Hasanah & Anfa, 2021). IPA bukan hanya meliputi penguasaan pengetahuan-pengetahuan berbentuk fakta, konsep, atau prinsip saja, namun IPA merupakan rangkaian proses penemuan (Sholihah & Pertiwi, 2021). Pelaksanaan pembelajaran IPA juga seharusnya memberikan pengalaman langsung agar peserta didik dapat membangun pengetahuannya sendiri dan memperoleh pemahaman yang lebih mendalam sesuai standar isi mapel IPA di SMP/MTs (R. Hasanah et al., 2024).

Salah satu permasalahan krusial dalam pembelajaran IPA adalah rendahnya hasil belajar peserta didik (Julmida et al., 2023; Susilawati, 2022). Hasil belajar peserta didik yang rendah ini dapat mengindikasikan bahwa pemahaman peserta didik akan suatu konsep materi masih kurang. Hal tersebut juga disampaikan oleh Wulandari et al. (2023), bahwasannya ketika peserta didik kurang memahami konsep materi yang dijelaskan oleh guru, maka ketika diberikan soal ujian akan berdampak pada perolehan hasil belajar yang rendah. Selain itu, untuk memudahkan peserta didik dalam mempelajari suatu konsep juga diperlukan keterampilan proses sains. Keterampilan proses sains ini akan membantu peserta didik dalam menemukan pengetahuannya sendiri, bukan hanya sekadar memperoleh pengetahuan dan menghafalnya (Usman, 2023). Oleh karena itu, permasalahan yang diangkat pada penelitian ini yaitu terkait pemahaman konsep dan keterampilan proses sains peserta didik. Sehingga diharapkan dengan solusi yang akan diberikan dapat membantu dalam mengatasi permasalahan yang diangkat.

Pemahaman konsep adalah suatu kemampuan menyerap, menerima, serta mengerti suatu materi yang diperoleh dengan cara melihat atau mendengar serangkaian peristiwa kemudian disimpan dalam pikiran yang nantinya dapat diterapkan dalam pemecahan masalah di kehidupan sehari-hari (Susanti et al., 2021). Pemahaman ini dibangun melalui rangkaian proses pembelajaran atau penyelidikan sehingga peserta didik menemukan pengetahuan baru untuk dirinya sendiri (Suantara et al., 2022). Pemahaman konsep tersebut penting untuk peserta didik agar mereka dapat membandingkan antara konsep dengan kehidupan nyata. Konsep tersebut perlu dipahami agar nantinya dalam kehidupan sehari-hari peserta didik dapat memecahkan permasalahan yang ada keterkaitannya dengan sains (Kelelufna & Ika, 2023). Namun sayangnya, masih banyak ditemukan permasalahan bahwa pemahaman konsep yang dimiliki peserta didik itu rendah, terutama pada materi yang sifatnya abstrak (Febriyana et al., 2021; Kelelufna & Ika, 2023; Saputri et al., 2023). Hal tersebut juga ditemukan pada peserta didik di SMP Negeri 5 Sragi, yang mana pemahaman konsepnya masih tergolong rendah karena sebagian besar peserta didik belum mencapai KKM pada saat Penilaian Sumatif Akhir Semester di mata pelajaran IPA.

Permasalahan kedua adalah keterampilan proses sains. Keterampilan proses sains merupakan suatu kemampuan melakukan percobaan atau penyelidikan menggunakan metode ilmiah yang mengedepankan pemikiran guna mendapatkan pengetahuan sehingga akan berpengaruh terhadap kemampuan penyelesaian masalah di kehidupan sehari-hari (Aisah & Agustini, 2024). Keterampilan proses sains ini penting untuk dilatihkan karena dengan keterampilan tersebut peserta didik akan dapat menemukan pengetahuannya sendiri (Usman, 2023). Namun, pada kenyataannya masih ditemukan fakta bahwa keterampilan proses sains

peserta didik masih dalam tingkat rendah hingga sedang sehingga perlu ditingkatkan (Balmeo, 2022; Robiatul et al., 2020; Suantara et al., 2022; Subkhi et al., 2023). Hal tersebut juga terjadi pada peserta didik di SMP Negeri 5 Sragi, yang mana berdasarkan observasi yang dilakukan di awal rata-rata keterampilan proses sains peserta didik berada pada kategori cukup, sehingga masih perlu ditingkatkan.

Berdasarkan kedua permasalahan yang diangkat ternyata keduanya saling berkaitan. Keterampilan proses sains ini berpengaruh positif terhadap penguasaan peserta didik akan suatu konsep materi (Eralita, 2023). Hal tersebut menunjukkan bahwa dalam sebuah percobaan atau penyelidikan ilmiah diperlukan keterampilan proses sains untuk menemukan sebuah konsep pengetahuan. Namun tidak semua sekolah menyediakan laboratorium IPA dengan fasilitas alat dan bahan yang memadai untuk melakukan percobaan. Alternatif yang dapat digunakan guru dalam mengatasi keterbatasan fasilitas laboratorium yaitu dengan memanfaatkan media pembelajaran yang bervariasi, misalnya *virtual lab* maupun video pembelajaran berupa *link youtube* tentang suatu percobaan. Namun, pembelajaran dengan menggunakan video dimana peserta didik hanya dapat mengamati kegiatan percobaan dari video *youtube* kurang memperlihatkan kemandirian peserta didik dalam hal mengamati atau melakukan percobaan (Wati, 2021).

Oleh karena itu solusi yang diangkat untuk permasalahan tersebut adalah dengan melakukan pengembangan *virtual lab*. *Virtual lab* atau laboratorium maya adalah lingkungan belajar yang interaktif menggunakan teknologi digital untuk mensimulasikan kegiatan percobaan di laboratorium fisik (Byukusenge et al., 2023). *Virtual lab* ini diteliti mampu meningkatkan pemahaman konsep (Byukusenge et al., 2022; Sasmito & Sekarsari, 2022; D. Susanti, 2021; Syukri et al., 2022) dan juga keterampilan proses sains peserta didik (Hermana et al., 2022; Rusdi et al., 2021; Tunisa & Astriani, 2023; Utami & Adilla, 2022). Adanya *virtual lab* ini memungkinkan peserta didik untuk belajar dengan melakukan percobaan yang tidak bisa dilakukan karena keterbatasan alat dan bahan di laboratorium fisik atau bahaya dari percobaan yang akan dilakukan. Laboratorium ini lebih mudah dan ekonomis, juga tidak memakan banyak waktu untuk melakukan percobaan (Yildirim, 2020). Selain itu, *virtual lab* dapat dijadikan sebagai kegiatan pra praktikum untuk mengurangi kesalahan-kesalahan yang mungkin terjadi dan juga mengurangi resiko kecelakaan kerja (Mawarti et al., 2023).

Virtual lab biasanya digunakan untuk materi yang sulit dipahami karena dapat memvisualisasikan konsep-konsep IPA yang sifatnya abstrak (Roosyanti, 2022). Contohnya pada materi fisika yang teorinya bersifat abstrak sangat sulit untuk diajarkan ke peserta didik secara langsung (Hasanah & Anfa, 2021). Pada fisika, salah satu materi yang tergolong sulit yaitu terkait pemuainan zat yang berdampak pada rendahnya pemahaman mereka terhadap konsep materi tersebut (Hidayana et al., 2022). Hal tersebut didukung oleh penelitian Mufriza (2023), yang menunjukkan bahwa pada materi pemuainan zat sebagian besar peserta didiknya (70,83%) belum mencapai ketuntasan. Penelitian Iswanto et al. (2022) juga menyebutkan bahwa pemahaman peserta didik akan konsep materi pemuainan berada dalam kategori rendah yaitu sebesar 8,163%. Selain itu materi yang sulit apabila tidak diajarkan dengan baik maka dapat berujung pada terjadinya miskonsepsi pada peserta didik.

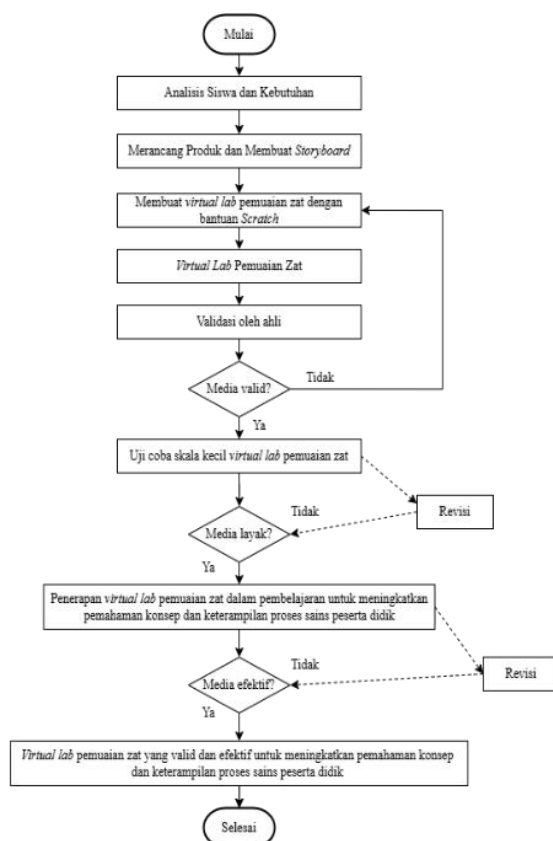
Berdasarkan dari latar belakang yang telah dijabarkan sebelumnya, maka peneliti tertarik untuk mengembangkan *virtual lab* pemuainan zat. *Virtual lab* pemuainan zat yang akan dikembangkan diharapkan mampu mengatasi permasalahan dalam pembelajaran terkait pemahaman konsep dan keterampilan proses sains peserta didik. *Virtual lab* materi pemuainan zat akan dikembangkan dengan menggunakan *Scratch*. Hal tersebut agar peserta didik dapat mengakses melalui *website* tanpa mengunduh aplikasi dan tanpa ada ketentuan spesifikasi *device*. *Virtual lab* pemuainan zat menyajikan kegiatan percobaan terkait pemuainan zat, baik zat padat, zat cair, ataupun zat gas. Percobaan yang disajikan mulai dari persiapan alat dan bahan

hingga menyimpulkan hasil percobaan. Selain itu, juga terdapat fitur kuis dalam bentuk menjodohkan dan benar-salah. Sehingga fitur-fitur yang tersedia tersebut akan memberikan pengalaman peserta didik dalam melakukan percobaan atau penyelidikan secara maya untuk menemukan suatu konsep.

Meskipun penggunaan *virtual lab* mulai lazim, platform yang ada saat ini seperti PhET *Simulations* seringkali hanya berfokus pada manipulasi variabel tanpa membimbing peserta didik melalui alur metode ilmiah yang utuh. Berbeda dengan PhET yang bersifat eksploratif terbuka, *virtual lab* pemuasaan zat yang dikembangkan dengan Scratch ini menawarkan kebaruan pada tiga aspek utama. Pertama, aspek aksesibilitas dan inklusivitas; media ini berbasis *web-browser* yang sangat ringan, sehingga memangkas hambatan teknis pada sekolah dengan spesifikasi perangkat rendah (Lestari & Sulisworo, 2023). Kedua, integrasi *scaffolding* eksperimen; tidak seperti simulasi statis, media ini menyediakan arahan bertahap (*step-by-step guidance*) yang membantu peserta didik mengonstruksi pemahaman dari tahap persiapan hingga simpulan (Sartika et al., 2022). Ketiga, sinkronisasi Keterampilan Proses Sains (KPS) secara sistematis; fitur kuis interaktif berupa menjodohkan dan benar-salah di dalam *virtual lab* ini dirancang khusus untuk memvalidasi indikator KPS seperti berhipotesis dan menginterpretasi data secara *real-time*, sebuah fitur yang jarang ditemukan pada platform simulasi umum (Pratama & Kurniawan, 2024). Melalui pendekatan ini, *virtual lab* bukan sekadar alat visualisasi, melainkan instrumen pedagogis yang menuntun kemandirian prosedural peserta didik dalam memahami anomali dan konsep pemuasaan secara komprehensif.

METODE

Jenis penelitian yang digunakan adalah penelitian pengembangan atau *Research and Development* (RnD). Metode penelitian ini merupakan metode yang digunakan untuk menghasilkan produk dan menguji keefektifan produk tersebut (Sugiyono, 2013). Penelitian ini menggunakan model ADDIE yang memiliki 5 tahapan yaitu: (1) *Analyze* (Analisis), (2) *Design* (Perancangan), (3) *Develop* (Pengembangan), (4) *Implement* (Implementasi), dan (5) *Evaluate* (Evaluasi). Tahapan pengembangan *virtual lab* pemuasaan zat yang dilakukan secara lebih jelas disajikan pada gambar 1.



Gambar 1. Tahapan Pengembangan *Virtual Lab* Pemuaian Zat

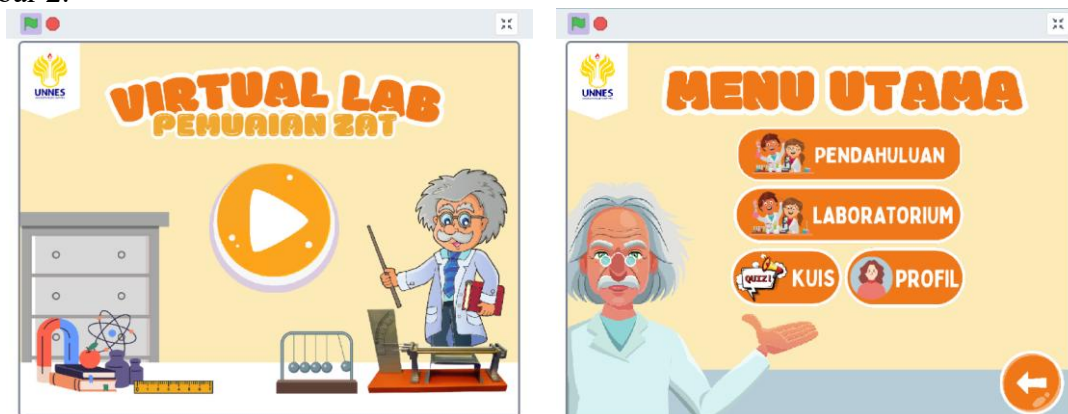
Penelitian pengembangan ini dilaksanakan di lingkungan Program Studi Pendidikan IPA, Universitas Negeri Semarang. Prosedur pengembangan diawali dengan tahap validasi produk oleh dua orang ahli materi dan media dari unsur akademisi, serta tiga praktisi guru IPA untuk menjamin kelayakan aspek konten dan teknis *virtual lab*. Sebelum implementasi luas, dilakukan uji coba keterbacaan pada sekelompok peserta didik kelas VIII guna mengidentifikasi potensi kendala operasional media. Subjek penelitian utama melibatkan 27 peserta didik kelas VII A di SMP N 5 Sragi, dengan waktu pelaksanaan eksperimen pada tanggal 10 hingga 18 Februari 2025.

Pengumpulan data dilakukan secara komprehensif menggunakan dua jenis instrumen utama. Pemahaman konsep peserta didik diukur melalui desain *one-group pretest-posttest* menggunakan instrumen tes pilihan ganda sebanyak 20 butir soal yang telah teruji validitas dan reliabilitasnya. Sementara itu, untuk menilai Keterampilan Proses Sains (KPS), digunakan lembar observasi yang diisi oleh observer selama proses pembelajaran berlangsung. Instrumen observasi ini mencakup delapan indikator KPS dasar yang diadaptasi dari Usman (2023), yaitu mengamati, mengelompokkan, menafsirkan, meramalkan, mengajukan pertanyaan, merencanakan percobaan, menggunakan alat dan bahan, serta mengomunikasikan hasil.

Analisis data dilakukan untuk mengevaluasi efektivitas media serta hubungan antarvariabel penelitian. Peningkatan pemahaman konsep dihitung menggunakan skor *N-Gain* untuk melihat efektivitas *pretest* dan *posttest*. Selanjutnya, untuk menguji signifikansi hubungan antara KPS dan pemahaman konsep, digunakan analisis statistik korelasi Pearson Product Moment. Teknik ini dipilih untuk menentukan kekuatan dan arah hubungan (korelasi) antara keterampilan prosedural yang dilatihkan melalui *virtual lab* dengan capaian kognitif peserta didik. Seluruh data diolah secara kuantitatif untuk memberikan gambaran objektif mengenai peran teknologi Scratch dalam memfasilitasi pembelajaran IPA yang interaktif.

HASIL DAN PEMBAHASAN

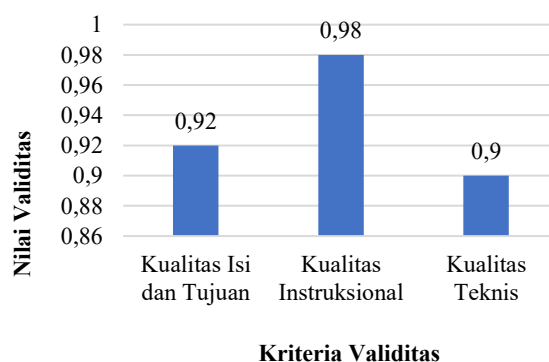
Penelitian yang dilakukan menghasilkan produk berupa media pembelajaran *virtual lab* pemuaian zat. *Virtual lab* tersebut dapat diakses melalui web pada link berikut: <https://scratch.mit.edu/projects/1125116476>. Tampilan *virtual lab* pemuaian zat disajikan pada gambar 2.



Virtual lab pemuaian zat tersebut menampilkan tujuan pembelajaran dan petunjuk penggunaan di bagian awal sebelum masuk tampilan menu utama. Dalam menu utama terdapat empat sub menu sebagai berikut: (1) pendahuluan, pada bagian ini menampilkan narasi pengantar dan penjelasan singkat terkait pemuaian zat; (2) laboratorium, pada bagian ini menyajikan tiga simulasi percobaan yaitu percobaan pemuaian zat padat, zat cair, dan zat gas, yang disajikan mulai dari pemilihan alat dan bahan hingga menyimpulkan hasil percobaan; (3) kuis, bagian ini menyajikan dua kuis dalam bentuk “pasangkan aku” dan “benar-salah” terkait materi pemuaian zat yang telah dipelajari; dan (4) profil, yang menampilkan biodata pembuat dan penjelasan singkat terkait media ini. Adapun hasil dan pembahasan secara rinci dari penelitian tersebut sebagai berikut:

Validitas *Virtual Lab* Peemuaian Zat

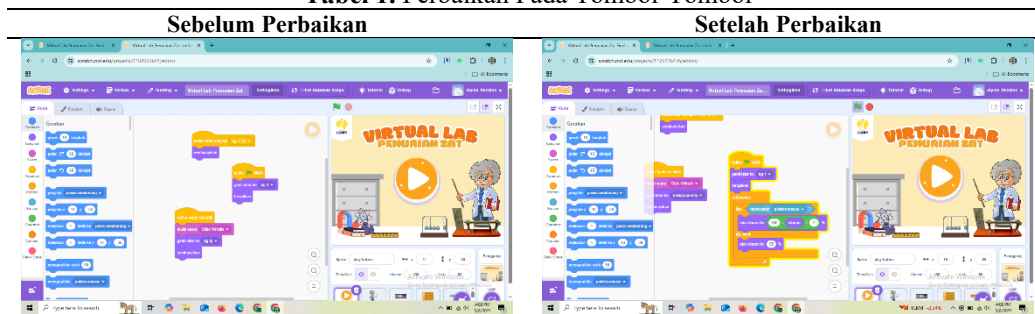
Tingkat validitas *virtual lab* pemuaian zat diperoleh dari hasil validasi ahli. Validitas tersebut dilihat dari berbagai kriteria, antara lain kualitas isi dan tujuan, kualitas instruksional, dan kualitas teknis. Berdasarkan uji validitas menggunakan *Aiken V* diperoleh hasil bahwa *virtual lab* pemuaian zat yang dikembangkan valid dengan nilai validitas 0,93. Kriteria *virtual lab* pemuaian zat tersebut dikatakan valid yaitu apabila nilai validitasnya $>0,87$ dengan skala eror 5% atau $P < 0,005$. Hasil penilaian untuk aspek validitas *virtual lab* pemuaian zat disajikan pada gambar 3 berikut.



Gambar 3. Grafik Hasil Uji Validitas *Virtual Lab* Pemuaian Zat

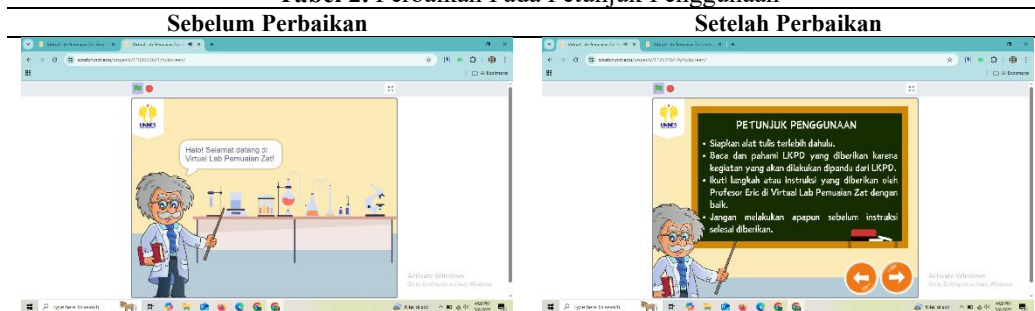
Berdasarkan temuan hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa *virtual lab* pemuaian zat valid untuk digunakan dalam uji keterbacaan maupun dalam kegiatan pembelajaran untuk meningkatkan pemahaman konsep dan keterampilan proses sains peserta didik. Meskipun sudah valid, tetapi masih terdapat beberapa hal yang perlu perbaikan sesuai saran dari ahli agar menjadi media pembelajaran yang lebih layak digunakan pada tahap berikutnya. Perbaikan dilakukan sebelum *virtual lab* pemuaian zat diuji cobakan dalam skala kecil. Beberapa saran dan perbaikan *virtual lab* pemuaian zat oleh ahli sebagai berikut:

Tabel 1. Perbaikan Pada Tombol-Tombol



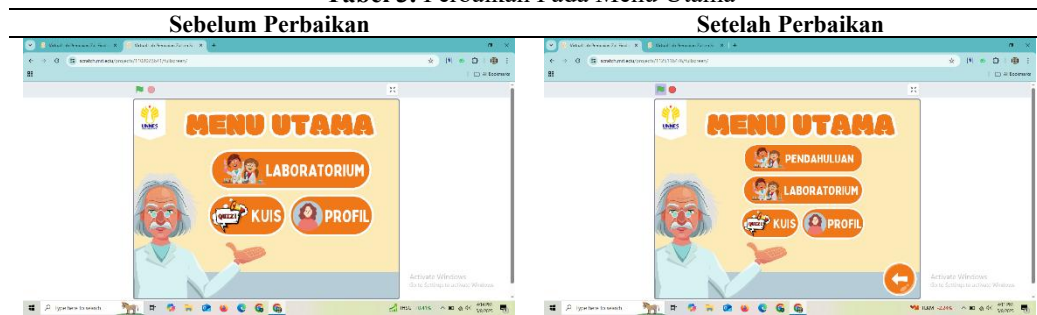
Pada tabel 1 peneliti menambahkan efek perbesar pada ikon tombol mulai. Hal tersebut agar membedakan antara ikon tombol dengan ikon-ikon lainnya. Semula tombol-tombol yang ada pada *virtual lab* terlihat hanya seperti gambar 2D dan sama seperti animasi yang lain. Setelah dilakukan perbaikan, tombol-tombol tersebut menjadi lebih interaktif, ketika kursor menyentuh tombol maka tombol akan diperbesar namun ketika kursor sudah tidak menyentuh tombol maka tombol akan kembali pada ukuran awal.

Tabel 2. Perbaikan Pada Petunjuk Penggunaan



Virtual lab pemuaian zat yang dikembangkan sebelumnya belum terdapat petunjuk penggunaan. Hal tersebut mendapat saran dan masukan dari ahli, karena petunjuk penggunaan merupakan salah satu hal yang penting untuk memudahkan pengguna dalam menggunakan *virtual lab* tersebut. Oleh karena itu, setelah dilakukan perbaikan, disajikan petunjuk penggunaan di bagian awal *virtual lab*. Selain itu, juga ditambahkan instruksi tertulis pada bagian percobaan dimana peserta didik harus melakukan percobaan sesuai dengan instruksi yang diberikan oleh animasi profesor dan dilarang melakukan percobaan sebelum instruksi dari animasi profesor selesai. Sehingga peserta didik dapat menggunakan *virtual lab* pemuaian zat tersebut secara mandiri tanpa merasa kebingungan atau kesusahan.

Tabel 3. Perbaikan Pada Menu Utama



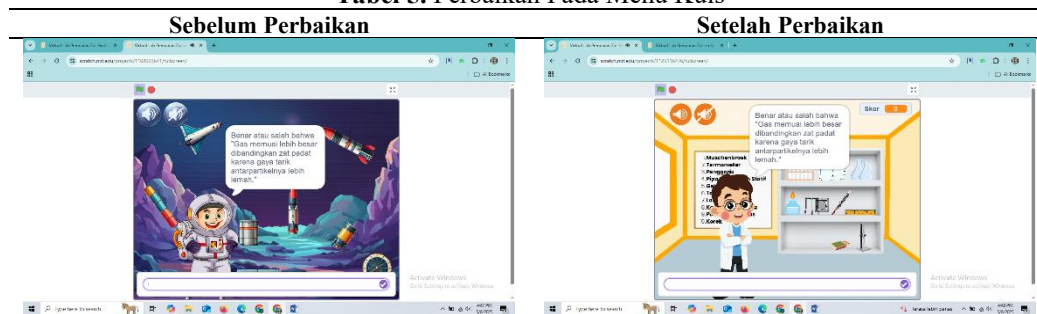
Pada tabel 3 menunjukkan bahwa terdapat perubahan pada bagian menu utama. Semula pada *virtual lab* pemuainan zat setelah tujuan pembelajaran peserta didik akan langsung diarahkan pada bagian pendahuluan, baru kemudian mereka akan diarahkan ke menu utama. Bagian pendahuluan ini dirasa terlalu lama dan tidak terdapat tombol navigasi untuk kembali ataupun lanjut ke menu utama. Oleh karena itu, setelah dilakukan perbaikan bagian pendahuluan tersebut dibuat menjadi satu sub bagian baru dalam menu utama, sehingga ketika peserta didik memulai dari awal *virtual lab* ini mereka tidak perlu melewati pendahuluan yang cukup lama.

Tabel 4. Perbaikan Pada Tombol Navigasi



Peneliti mendapatkan saran dan masukan bahwa pada beberapa bagian dalam *virtual lab* pemuainan zat belum terdapat tombol navigasi untuk kembali ke menu utama. Tombol navigasi ini termasuk bagian yang penting untuk memudahkan pengguna menuju ke bagian yang diinginkan. Dari masukan yang diberikan tersebut akhirnya dilakukan penambahan tombol navigasi untuk kembali ke menu utama pada tampilan di setiap sub menu, seperti pada bagian pendahuluan, percobaan, kuis, bahkan profil.

Tabel 5. Perbaikan Pada Menu Kuis



Pada tabel 5 menunjukkan bahwa tampilan menu kuis pada *virtual lab* pemuainan zat bertemakan luar angkasa. Hal tersebut mendapat perhatian dari ahli karena dirasa tidak sesuai dengan materi yang disajikan. Mereka menyarankan agar tampilan yang ada pada *virtual lab* disesuaikan dengan materi yang dibawakan. Oleh karena itu kemudian dilakukan perbaikan, dimana tampilan kuis pada *virtual lab* diubah menjadi bertemakan di ruang laboratorium yang masih selaras dengan tampilan pada menu lainnya dan dengan materi yang disajikan.

Virtual lab pemuainan zat yang sudah diperbaiki sesuai dengan masukan dari ahli dan sudah dinyatakan valid kemudian dilakukan uji keterbacaan pada skala kecil. . Tujuan uji

keterbacaan adalah untuk mengetahui sejauh mana *virtual lab* pemuainan zat dapat dipahami dengan mudah oleh peserta didik. Secara keseluruhan hasil keterbacaan *virtual lab* pemuainan zat mendapatkan nilai sebesar 86.98% dengan kriteria sangat baik. Hasil keterbacaan *virtual lab* pemuainan zat oleh peserta didik dijabarkan pada tabel 6 berikut.

Tabel 6. Hasil Keterbacaan *Virtual Lab* Pemuainan Zat Oleh Peserta Didik

Aspek	Keterbacaan	Kriteria
Materi	85,42%	Sangat Baik
Media	88,54%	Sangat Baik

Berdasarkan hasil keterbacaan, *virtual lab* pemuainan zat pada aspek materi memperoleh hasil 85,42% dengan kriteria sangat baik. Hal tersebut berarti *virtual lab* pemuainan zat memiliki kualitas isi (materi) yang sangat tinggi, sehingga efektif dalam menyampaikan informasi terkait pemuainan zat pada penggunaannya. Sedangkan pada aspek media memperoleh hasil 88,54% dengan kriteria sangat baik. Hal tersebut berarti tampilan dan penyajian *virtual lab* pemuainan zat sangat efektif dalam mendukung pemahaman isi, nyaman digunakan, serta menarik bagi pengguna.

Virtual lab pemuainan zat yang dikembangkan komprehensif dalam menjelaskan konsep materi, sehingga dapat memfasilitasi peserta didik untuk memahami konsep dengan baik. Secara visual desain dari *virtual lab* ini menarik dan kuis disajikan secara seru. Fitur yang ada dalam *virtual lab* disajikan lengkap dan mudah dipahami sehingga mudah digunakan. Tidak hanya itu, *virtual lab* tersebut efisien untuk digunakan setiap waktu dan dimana saja, serta dapat digunakan secara berulang. Namun, dibalik kelebihanannya tersebut masih terdapat beberapa kekurangan. *Virtual lab* pemuainan zat diakses melalui web sehingga diperlukan kualitas jaringan internet yang baik agar tampilan berjalan lancar. Selain itu, karena tampilan yang kompleks maka sedikit sukar diakses dengan *handphone* dan akan memberikan pengalaman yang lebih baik jika diakses melalui tab/komputer.

Namun demikian, penting untuk dicatat bahwa *virtual lab* memiliki karakteristik yang berbeda dengan praktikum riil. Meskipun unggul dalam memvisualisasikan fenomena abstrak seperti pergerakan partikel saat pemuainan, laboratorium virtual memiliki keterbatasan dalam melatih keterampilan psikomotorik halus, seperti sensitivitas tangan dalam mengatur api pembakar atau ketelitian dalam memasang alat fisik secara manual (Abtahi et al., 2023). Laboratorium virtual lebih berperan sebagai instrumen kognitif-prosedural yang meminimalkan risiko kecelakaan dan hambatan logistik, namun idealnya tetap diposisikan sebagai suplemen atau kegiatan pra-praktikum untuk membangun kesiapan mental sebelum siswa berinteraksi dengan alat laboratorium yang sesungguhnya (Sulisworo et al., 2023; Faulconer & Gruss, 2022). Dengan demikian, integrasi *virtual lab* berbasis Scratch ini berhasil menjembatani celah antara teori abstrak dan aplikasi praktis melalui simulasi yang aman namun tetap menantang secara intelektual.

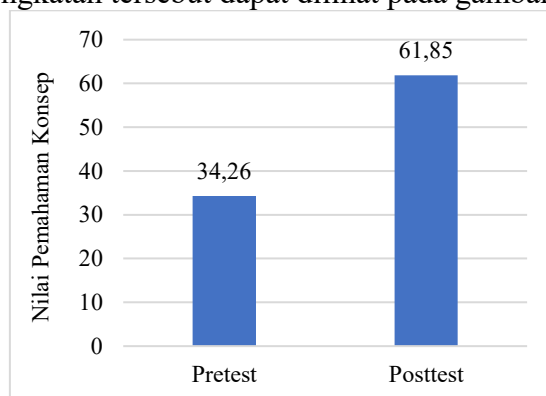
Analisis Peningkatan Pemahaman Konsep Peserta Didik

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan, terdapat perbedaan yang signifikan akibat penerapan *virtual lab* pemuainan zat terhadap pemahaman konsep. Hal tersebut ditunjukkan dengan hasil uji *paired sample t-test* dengan signifikansi 2-tailed < 0,05 seperti yang disajikan pada tabel 7.

Tabel 7. Hasil Uji *Paired Sample T-test* Menggunakan SPSS

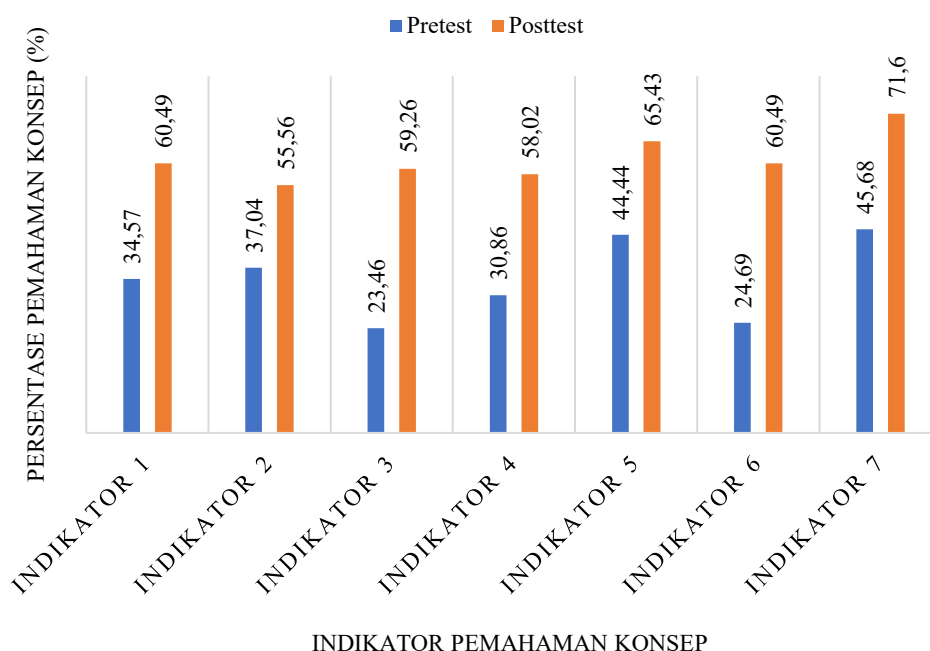
		Paired Differences							
		Mean	Std. Deviation	Std.Error Mean	95% Confidence Interval of The Difference		t	df	Sig. (2- tailed)
					Lower	Upper			
Pair 1	Hasil <i>Pretest-Hasil Posttest</i>	-27.59	5.07	0.98	-29.60	-25.59	-28.27	26	0.000

Setelah diketahui adanya perbedaan yang signifikan, kemudian dilakukan analisis deskriptif dalam bentuk grafik. Dari analisis tersebut diperoleh temuan bahwa terjadi peningkatan pemahaman konsep peserta didik setelah menggunakan *virtual lab* pemuatan zat dalam pembelajaran. Hasil peningkatan tersebut dapat dilihat pada gambar 4.



Gambar 4. Grafik Nilai Rata-rata *Pretest* dan *Posttest*

Berdasarkan gambar 4, terlihat bahwasannya terjadi peningkatan nilai rata-rata dari *pretest* ke *posttest* sebesar 27,59. Pada penelitian ini, indikator pemahaman konsep yang diukur meliputi: (1) menyatakan ulang sebuah konsep; (2) mengklasifikasikan objek-objek menurut sifat-sifat tertentu; (3) memberi contoh dan non contoh dari konsep; (4) menyajikan konsep dalam berbagai representasi matematis; (5) mengembangkan syarat perlu atau syarat cukup suatu konsep; (6) menggunakan, memanfaatkan, dan memilih prosedur atau operasi tertentu; dan (7) mengaplikasikan konsep atau algoritma pemecahan masalah. Hasil nilai rata-rata *pretest* dan *posttest* tiap indikatornya disajikan dalam gambar 5.



Gambar 5. Grafik Persentase Rata-rata *Pretest* dan *Posttest* Tiap Indikator Pemahaman Konsep

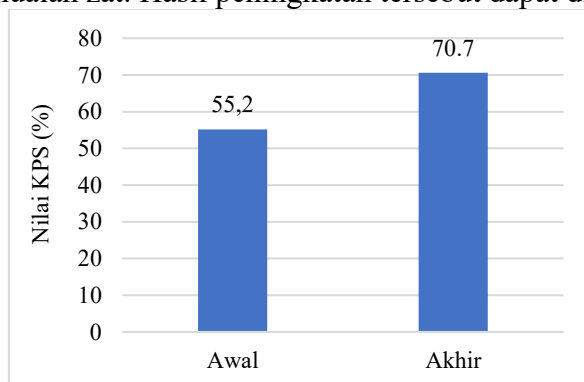
Berdasarkan gambar 5, terlihat bahwasannya peningkatan pemahaman konsep tidak hanya terjadi secara keseluruhan, melainkan juga terjadi pada tiap indikatornya meskipun besar peningkatan tiap indikatornya berbeda-beda. Hal tersebut selaras dengan penelitian sebelumnya yang menyebutkan bahwa *virtual lab* dapat membantu meningkatkan pemahaman konsep peserta didik (Byukusenge et al., 2022; Kolil & Achuthan, 2024; Ngema & Motlhabane, 2025; Sanimah et al., 2024; Sasmito & Sekarsari, 2022).

Pada penelitian ini, dari 7 indikator pemahaman konsep yang diukur, indikator yang mengalami peningkatan tertinggi yaitu indikator 3 dan indikator 6 dengan peningkatan sebesar 35,8%. Indikator 3 yaitu memberi contoh dan non-contoh dari konsep. Membuat contoh memegang peranan penting dalam meningkatkan kemampuan berpikir peserta didik, karena penyajian contoh merupakan salah satu metode untuk membantu mereka memahami konsep (Sumartini, 2022). Indikator 6 yaitu menggunakan, memanfaatkan, dan memilih prosedur atau operasi tertentu. Dalam hal ini, peserta didik perlu memahami konsepnya terlebih dahulu supaya mampu menyelesaikan permasalahan dengan menerapkan prosedur atau operasi tertentu (Azizah et al., 2023). Kemudian indikator yang mengalami peningkatan terendah yaitu indikator 2 dengan persentase peningkatan hanya sebesar 18,52%. Indikator 2 ini yaitu mengklasifikasikan objek-objek menurut sifat-sifat tertentu (sesuai dengan konsepnya). Pada indikator ini peserta didik belum optimal dalam mengklasifikasikan objek-objek yang mengalami pemuainan sesuai dengan jenis zatnya (padat, cair, atau gas). Oleh karena itu masih diperlukan upaya tambahan atau perbaikan dalam pembelajaran untuk meningkatkan pemahaman konsep peserta didik pada indikator ini.

Dengan demikian, peningkatan pemahaman konsep yang terjadi tersebut menunjukkan bahwa penggunaan *virtual lab* pemuainan zat memberikan kontribusi yang positif terhadap pencapaian tujuan pembelajaran. Peserta didik mampu memahami konsep dengan lebih baik setelah menggunakan *virtual lab* pemuainan zat. *Virtual lab* menyajikan visualisasi yang interaktif untuk membantu menggambarkan konsep yang abstrak atau sulit dipahami, didukung juga dengan adanya simulasi percobaan sehingga memungkinkan peserta didik menemukan konsep, maupun menghubungkan konsep baru dengan pengetahuan yang telah dimilikinya.

Analisis Keterampilan Proses Sains Peserta Didik

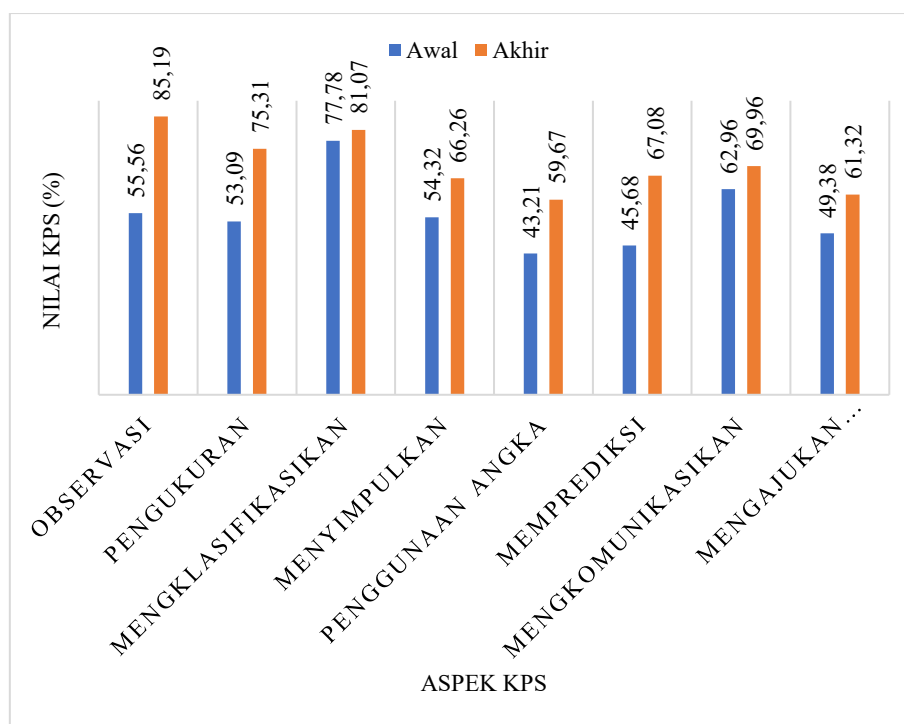
Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, diperoleh temuan bahwa terjadi peningkatan keterampilan proses sains peserta didik setelah diterapkannya pembelajaran berbasis *virtual lab* pemuainan zat. Hasil peningkatan tersebut dapat dilihat pada gambar 6.



Gambar 6. Grafik Tingkat Keterampilan Proses Sains Peserta Didik

Berdasarkan gambar 6, terlihat bahwa rata-rata keterampilan proses sains peserta didik mengalami peningkatan sebesar 15,5%. Semula rata-rata keterampilan proses sains peserta didik sebesar 55,2% (kategori cukup) yang diukur melalui observasi ketika mereka melakukan percobaan pemuainan zat gas secara sederhana. Kemudian, setelah dilakukan pembelajaran dengan menggunakan *virtual lab* pemuainan zat, rata-rata keterampilan proses sains peserta didik meningkat menjadi 70,7% (kategori baik).

Aspek keterampilan proses sains yang diukur dalam penelitian ini adalah keterampilan proses sains dasar yang meliputi: (1) observasi, (2) pengukuran, (3) mengklasifikasikan, (4) menyimpulkan, (5) penggunaan angka, (6) memprediksi, (7) mengkomunikasikan, dan (8) mengajukan pertanyaan. Hasil rata-rata keterampilan proses sains peserta didik tiap aspeknya disajikan pada gambar 7.



Gambar 7. Grafik Tingkat Keterampilan Proses Sains Peserta Didik Tiap Aspek

Berdasarkan gambar 7, terlihat bahwasannya peningkatan keterampilan proses sains tidak hanya terjadi secara keseluruhan, melainkan juga terjadi pada tiap aspeknya meskipun besar peningkatan tiap aspeknya berbeda-beda. Hal tersebut membuktikan bahwa *virtual lab* dapat meningkatkan keterampilan proses sains peserta didik (Aulia et al., 2025; Hermana et al., 2022; Mandalia et al., 2025; Purwati et al., 2025; Tunisa & Astriani, 2023).

Peningkatan keterampilan proses sains peserta didik dari 8 aspek yang diukur, persentase peningkatan tertinggi terjadi pada aspek 1 (observasi) dengan peningkatan sebesar 29,63%. Keterampilan observasi ini mudah dipahami oleh peserta didik sehingga mereka tidak merasa kesulitan. Keterampilan ini dapat memperoleh skor tertinggi karena peserta didik sudah terbiasa melakukan pengamatan dalam kegiatan pembelajaran (Adilah & Martini, 2022). Sedangkan persentase peningkatan keterampilan proses sains terendah terjadi pada aspek 3 (mengklasifikasikan) dengan persentase peningkatan hanya sebesar 3,29%. Meskipun tergolong peningkatan terendah tetapi rata-rata nilai KPSnya termasuk tinggi, hal ini disebabkan karena nilai awal peserta didik pada aspek ini sudah berada pada kategori baik (77,78%) dan meningkat menjadi 81,07% setelah menggunakan *virtual lab*. Keterampilan mengklasifikasikan masih termasuk ke dalam kategori keterampilan dasar, keterampilan ini juga berhubungan erat dengan peserta didik sehingga memiliki nilai yang tinggi di samping keterampilan observasi (Yunita & Nurita, 2021).

Dengan demikian, penggunaan *virtual lab* pemuainan zat memberikan kontribusi yang positif terhadap keterampilan proses sains peserta didik. Peningkatan ini mencerminkan bahwa kegiatan dalam *virtual lab*, seperti simulasi percobaan pemuainan zat, kuis, serta penggunaan Lembar Kegiatan Peserta Didik (LKPD), mampu mendorong peserta didik untuk mengamati, mengukur, mengklasifikasikan, memprediksi, menyimpulkan, hingga mengkomunikasikan hasil percobaan secara lebih aktif. Meski demikian, masih terdapat beberapa aspek yang perlu ditingkatkan, seperti keterampilan mengajukan pertanyaan dan penggunaan angka.

Peningkatan Keterampilan Proses Sains (KPS) peserta didik melalui penggunaan *virtual lab* ini didorong oleh desain interaktif yang memaksa siswa terlibat aktif dalam siklus inkuiri. Mekanisme pelatihan KPS dalam media ini bekerja secara sistematis melalui tiga tahapan utama. Pertama, keterampilan observasi dilatih saat peserta didik mengamati

perubahan skala pada Musschenbroek maya atau pergerakan zat cair dalam pipa kapiler yang divisualisasikan secara presisi. Kedua, aspek inferensi distimulasi melalui fitur kuis interaktif yang mengharuskan siswa menarik kesimpulan logis dari data pengamatan sebelum dapat melanjutkan ke tahap berikutnya (*scaffolding*). Ketiga, kemampuan prediksi diasah melalui simulasi pemilihan jenis logam atau cairan yang berbeda, di mana siswa harus memperkirakan dampak koefisien muai terhadap perubahan panjang atau volume (Pratama & Kurniawan, 2024; Zulkifli et al., 2022).

Analisis Hubungan Pemahaman Konsep dengan Keterampilan Proses Sains

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan diperoleh bahwasannya terdapat korelasi hubungan antara pemahaman konsep dan keterampilan proses sains. Korelasi hubungan ini dilakukan dengan uji korelasi *Pearson Product Moment* dan diperoleh hasil seperti yang disajikan pada tabel 8.

Tabel 8. Hasil Uji Korelasi *Pearson Product Moment* Dengan SPSS

		Correlations	
PK	Pearson Correlation	PK	KPS
	Sig. (2-tailed)	1	0.618
	N	27	27
KPS	Pearson Correlation	0.618	1
	Sig. (2-tailed)	0.001	
	N	27	27

Besarnya koefisien korelasi sebesar 0,618 menunjukkan bahwa tingkat hubungan antara pemahaman konsep dan keterampilan proses sains ini kuat. Hal tersebut selaras dengan hasil penelitian Siahaan et al. (2021) bahwa keterampilan proses sains berkorelasi positif dengan pemahaman konsep IPA. Artinya, perubahan yang terjadi pada keterampilan proses sains akan diikuti secara positif oleh perubahan pemahaman konsep IPA peserta didik. Keterampilan proses sains memungkinkan peserta didik terlibat langsung dalam kegiatan ilmiah, seperti eksperimen, observasi, atau penyelidikan, sehingga mereka dapat memahami konsep-konsep IPA secara lebih mendalam dengan melihat langsung hubungan antara teori dan penerapannya dalam konteks nyata (Jannah et al., 2024; Nenu et al., 2024).

Selain itu, hasil penelitian ini juga menunjukkan bahwa nilai koefisien determinasi (R^2) yang diperoleh sebesar 0,382, yang berarti keterampilan proses sains memberikan pengaruh sebesar 38,2% terhadap pemahaman konsep peserta didik. Koefisien determinasi sendiri digunakan untuk mengetahui seberapa besar pengaruh variabel bebas (dalam hal ini keterampilan proses sains) terhadap variabel terikat (dalam hal ini pemahaman konsep). Nilai tersebut menunjukkan bahwa keterampilan proses sains memang berkontribusi secara signifikan, namun tidak sepenuhnya menentukan tingkat pemahaman konsep peserta didik. Masih terdapat 61,8% pengaruh lain yang berasal dari faktor-faktor di luar keterampilan proses sains. Faktor-faktor tersebut diantaranya sebagai berikut: rendahnya minat dan motivasi peserta didik, kurangnya inovasi dalam penggunaan media pembelajaran (Fatiqin & Herniadi, 2023; Sa'adah et al., 2025), dan guru yang masih dominan selama pembelajaran IPA sehingga peserta didik tidak terlibat aktif (Sa'adah et al., 2025).

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, *virtual lab* pemuatan zat berbasis Scratch yang dikembangkan dinyatakan valid dan layak digunakan dalam pembelajaran. Media ini terbukti efektif meningkatkan pemahaman konsep dan keterampilan proses sains (KPS) peserta didik secara signifikan. Hasil analisis statistik menunjukkan adanya hubungan yang kuat antara kedua variabel tersebut, di mana keterampilan proses sains berkontribusi sebesar 38,2% terhadap peningkatan penguasaan konsep peserta didik. Penelitian ini memberikan implikasi penting bagi pengembangan media digital IPA di masa depan yang harus memprioritaskan

aksesibilitas, kemudahan integrasi, dan *scaffolding* eksperimen yang sistematis. Selain itu, *virtual lab* ini menjadi solusi konkret untuk pembelajaran berbasis eksperimen jarak jauh, memungkinkan peserta didik melakukan penyelidikan ilmiah secara mandiri dan terstruktur tanpa harus bergantung pada ketersediaan fasilitas laboratorium fisik di sekolah. Implementasi model ini diharapkan dapat menjadi alternatif utama bagi guru dalam menyajikan pembelajaran sains yang interaktif dan berorientasi pada metode ilmiah.

REFERENSI

- Abtahi, M. S., Behzad, H., & Mohammadi, A. (2023). Comparative analysis of virtual and physical laboratories in science education: A systematic review. *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, 20(1), 1-22.
- Adilah, J., & Martini. (2022). Pendidikan Sains Keterampilan Proses Sains dalam Pembelajaran Tatap Muka. *Pensa E-Jurnal : Pendidikan Sains*, 10(3), 443–448.
- Aisah, S., & Agustini, R. R. (2024). Pengembangan Instrumen Keterampilan Proses Sains Dengan Desain Pembelajaran Berdiferensiasi Di Tingkat Sekolah Dasar. *Jurnal Education and Development*, 12(1), 275–280. <https://doi.org/10.37081/ed.v12i1.5746>
- Aulia, W., Resti, V. D. A., & Berlian, L. (2025). Pengaruh Penggunaan PhET Simulation Hukum Newton Sebagai Media Pembelajaran IPA Berbasis ICT. *Eduproxima: Jurnal Ilmiah Pendidikan IPA*, 7(1), 234–243.
- Azizah, T. N. A., Arifin, S., & Puspitasari, I. (2023). Penerapan Media Pembelajaran Wordwall dalam Menunjang Pemahaman Konsep Siswa. *JiIP - Jurnal Ilmiah Ilmu Pendidikan*, 6(5), 3168–3175. <https://doi.org/10.54371/jiip.v6i5.1655>
- Balmeo, M. G. (2022). Junior High School Students' Science Process Skills Evaluation Through Alternative Laboratory Experiment. *Journal of Education Www.Scholarum.Dlsl.Edu.Ph*, 2(1), 72–86. www.scholarum.dlsl.edu.ph
- Byukusenge, C., Nsanganwimana, F., & Tarmo, A. P. (2022). Effectiveness of Virtual Laboratories in Teaching and Learning Biology: A Review of Literature. *International Journal of Learning, Teaching and Educational Research*, 21(6), 1–17. <https://doi.org/10.26803/ijlter.21.6.1>
- Byukusenge, C., Nsanganwimana, F., & Tarmo, A. P. (2023). Exploring Students' Perceptions of Virtual and Physical Laboratory Activities and Usage in Secondary Schools. *International Journal of Learning, Teaching and Educational Research*, 22(5), 437–456. <https://ijlter.org/index.php/ijlter/article/view/7189/pdf>
- Eralita, N. (2023). Analisis Keterampilan Proses Sains dalam Praktikum Kimia Fisika. *Orbital: Jurnal Pendidikan Kimia*, 7(2), 187–196. <https://doi.org/10.19109/ojpk.v7i2.19402>
- Fatiqin, A., & Herniadi, G. (2023). Analisis Pemahaman Konsep Matakuliah Zoologi Vertebrata pada Mahasiswa Pendidikan Biologi. *Jurnal Bioshell*, 12(1), 31–40. <https://doi.org/10.56013/bio.v12i1.2045>
- Faulconer, E. K., & Gruss, A. B. (2022). A review of the effectiveness of virtual laboratories in STEM education. *Journal of Science Education and Technology*, 31(1), 125-138.
- Febriyana, S., Ahied, M., Fikriyah, A., & Yasir, M. (2021). Profil Pemahaman Konsep Siswa Smp Pada Materi Tata Surya. *Natural Science Education Research*, 4(1), 56–64. <https://doi.org/10.21107/nser.v4i1.8140>
- Hasanah, D. N., & Anfa, Q. (2021). Meta Analisis Latar Belakang Berbagai Strategi dan Media Pembelajaran IPA di SMP. *Jurnal Tadris IPA Indonesia*, 1(3), 413–419. <https://doi.org/10.21154/jtii.v1i3.298>
- Hasanah, R., Susanti, L. Y., & Fajar, D. M. (2024). Pengembangan Modul Fotosintesis Berbasis IPA Terpadu untuk Melatih Keterampilan Proses Sains pada Mahasiswa Tadris IPA UIN Kiai Haji Achmad Siddiq Jember. *Jurnal Tadris IPA Indonesia*, 04(01), 127–140.

- Hasmirati, & Hamria. (2022). Game Edukasi Untuk Pembelajaran IPA SMP Kelas VIII Berbasis Android. *JATISI (Jurnal Teknik Informatika Dan Sistem Informasi)*, 9(1), 274–288. <https://doi.org/10.35957/jatisi.v9i1.1491>
- Hermana, A. H. D., Subekti, H., & Sabtiawan, W. B. (2022). Implementasi Laboratorium Virtual untuk Meningkatkan Motivasi Belajar dan Keterampilan Proses Sains Siswa SMP dalam Pembelajaran IPA. *Pensa E-Jurnal : Pendidikan Sains*, 10(2), 233–239.
- Hidayana, H., Ahzan, S., & Rahmawati, H. (2022). Penerapan Model Problem-Based Learning (PBL) dalam Meningkatkan Hasil Belajar IPA Fisika pada Sub-pokok Bahasan Kalor. *Reflection Journal*, 2(2), 74–81. <https://doi.org/10.36312/rj.v2i2.1131>
- Iswanto, I. H., Wulandari, A. Y. R., Putera, D. B. R. A., Sutarja, M. C., & Huzairi, H. (2022). Identifikasi Pemahaman Konsep Siswa pada Materi Suhu dan Kalor di MTS Agung Mulia. *Jurnal Natural Science Educational Research (NSER)*, 5(2), 129–137. <https://journal.trunojoyo.ac.id/nser/article/view/17588>
- Jannah, S., Ansori, M. R., & Harianto, R. (2024). Meningkatkan Keterampilan Proses Sains Siswa Melalui LKPD Berbasis Scientific Approach pada Kelas V MI Islamiyah Ambat Pamekasan. *JEMARI (Jurnal Edukasi Madrasah Ibtidaiyah)*, 6(1), 1–9.
- Kelelufna, V. P., & Ika, Y. E. (2023). Penerapan Model Pembelajaran Discovery Learning Terhadap Pemahaman Konsep dan Keterampilan Proses Sains Siswa Kelas VII Semester Genap. *Pedagogika: Jurnal Pedagogik Dan Dinamika Pendidikan*, 10(1), 50–55.
- Kolil, V. K., & Achuthan, K. (2024). Virtual labs in chemistry education: A novel approach for increasing student's laboratory educational consciousness and skills. *Education and Information Technologies*, 29, 25307–25331.
- Lestari, D. P., & Sulisworo, D. (2023). Analisis kebutuhan pengembangan media pembelajaran berbasis Scratch untuk meningkatkan minat belajar fisika di sekolah dengan fasilitas terbatas. *Jurnal Pendidikan Fisika dan Teknologi*, 9(1), 45-52.
- Mandalia, R., Maasawet, E. T., Hakim, A., Hudiyo, Y., & Candra, K. P. (2025). Development of Virtual Media Nata De Pina Based on Articulate Storyline to Improve Science Process Skills (SPS) of Grade IX Students in Biotechnology Material. *Journal of Research in Science Education*, 11(1), 513–521.
- Mawarti, D., Khosiyono, B. H. C., Cahyani, B. H., & Nisa, A. F. (2023). Analisis Penggunaan Virtual Lab Pada Pembelajaran IPA SD. *Pendas : Jurnal Ilmiah Pendidikan Dasar*, 08.
- Mufriza. (2023). Melalui Metode Practice Rehearsal Pairs (Praktik Berpasangan) Dapat Meningkatkan Prestasi Belajar Siswa Kelas IX/4 Materi Pemuatan Zat Pelajaran IPA Pada SMP Negeri 1 Kutamakmur Kabupaten Aceh Utara. *Jurnal Lentera*, 23(2), 45–49.
- Nenu, S., Meo, M. L. B., Luhur, F. S., Sar'iyah, N., & Novianti, C. (2024). Kampus Mengajar: Edukasi Proyek Sains Untuk Meningkatkan Keterampilan Proses Sains. *Jurnal Edukasi Pengabdian Masyarakat: EDUABDIMAS*, 3(3), 297–302.
- Ngema, M., & Motlhabane, A. (2025). Virtual labs in life sciences education: A case study of grade 10 learners in selected South African rural schools. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 21(2).
- Pratama, R. A., & Kurniawan, W. (2024). Pengembangan laboratorium virtual berbasis Scratch: Integrasi keterampilan proses sains dalam pembelajaran IPA SMP. *Jurnal Inovasi Pendidikan IPA*, 10(1), 12-25.
- Purwati, Darwis, R., & Natsir, N. A. (2025). Efektivitas Laboratorium Virtual IPA dalam Meningkatkan Keterampilan Proses Sains Peserta Didik Kelas VII pada Materi Suhu dan Kalor. *Jurnal Pendidikan MIPA*, 15, 322–330.
- Robiatul, L., Setiono, S., & Suhendar, S. (2020). Profil Keterampilan Proses Sains Siswa Kelas VII SMP Pada Materi Ekosistem. *Biodik*, 6(4), 519–525.
- Roosyanti, A. (2022). PhET Interactive Simulations Sebagai Laboratorium Virtual Pada

- Pembelajaran Sains Sekolah Dasar Selama Pandemi Covid-19. *Jurnal Pendidikan Dasar Islam*, 9(2), 121–135.
- Rusdi, M. A., Herliani, H., & Rijai, L. (2021). Pengembangan Media Pembelajaran Virtual Lab Untuk Meningkatkan Keterampilan Proses Sains Dan Penguasaan Konsep Materi Titrasi Asam Basa Pada Siswa Sma Tahun Pembelajaran 2020/2021. *Jurnal Zarah*, 9(2), 125–130. <https://doi.org/10.31629/zarah.v9i2.3350>
- Sa'adah, S. A., Wakhidah, N., Arum, W. F., Hidayati, S., & Indayati, T. (2025). Analisis Tingkat Pemahaman Konsep Siswa Pada Pembelajaran IPA. *Edu-Sains*, 14(1), 1–23.
- Sanimah, S., Haniyyah, U., & Rambe, I. W. (2024). Kajian Kelebihan dan Kelemahan Penggunaan Laboratorium Virtual sebagai Media Pembelajaran IPA di SMP. *Jurnal Jeumpa*, 11(1), 129–137. <https://doi.org/10.33059/jj.v11i1.9815>
- Saputri, P. I., Yunus, S. R., Mardiana, & Hasan, N. R. (2023). Penerapan Model Discovery Learning berbantuan Metode Praktikum untuk Meningkatkan Pemahaman Konsep Peserta Didik Kelas VIII di UPT SPF SMP Negeri 13 Makassar. *Jurnal Pemikiran Dan Pengembangan Pembelajaran Penerapan*, 5(3), 913–922.
- Sartika, R. P., Hadi, L., & Lestari, I. (2022). Efektivitas scaffolding dalam virtual laboratory terhadap pemahaman konsep abstrak siswa pada materi sains. *Jurnal Pendidikan Sains Indonesia*, 10(3), 512-526.
- Sasmito, A. P., & Sekarsari, P. (2022). Enhancing Students' Understanding and Motivation During Covid-19 Pandemic via Development of Virtual Laboratory. *Journal of Turkish Science Education*, 19(1), 180–193. <https://doi.org/10.36681/tused.2022.117>
- Sholihah, M., & Pertiwi, F. N. (2021). Efektivitas Model Inkuiri Terbimbing Berbantuan Lembar Kerja Siswa (LKS) Penemuan Konsep terhadap Kemampuan Menyimpulkan Sub Materi Sistem Ekskresi. *Jurnal Tadris IPA Indonesia*, 1(2), 159–170.
- Siahaan, K. W. A., Lumbangaol, S. T. P., Marbun, J., Nainggolan, A. D., Ritonga, J. M., & Barus, D. P. (2021). Pengaruh Model Pembelajaran Inkuiri Terbimbing dengan Multi Representasi terhadap Keterampilan Proses Sains dan Penguasaan Konsep IPA. *Jurnal Basicedu*, 5(5), 3(2), 524–532. <https://journal.uui.ac.id/ajie/article/view/971>
- Sixtriani A. Julmida, Ndukang, S., & Sepe, F. Y. (2023). Pengaruh Penerapan Model Problem Based Learning Terhadap Hasil Belajar Siswa Kelas VII Pada Materi Pokok Klasifikasi Makhluk Hidup Di Smp Negeri 10 Kupang. *JBIODRA: Jurnal Pendidikan Biologi*, 01(01), 25–30.
- Suantara, I. K. T., Hartono, & Susilaningsih, E. (2022). The Effectiveness of Guided Inquiry Learning Model Using TPS Approach of Science Process Skills and Conceptual Understanding. *International Journal of Elementary Education*, 6(3), 403–411.
- Subkhi, N., Karlina, Rahman, D. F., & Ratnasari, A. (2023). Pengukuran Keterampilan Proses Sains Siswa Melalui Aplikasi Quizizz Pada Materi Sistem Ekskresi di SMPN Satu Atap 2 Losarang. *Jurnal Pendidikan Dan Pembelajaran Biologi*, 01(01), 45–51.
- Sugiyono, D. (2013). Metode penelitian kuantitatif kualitatif dan R&D. In *Penerbit Alfabeta*.
- Sulisworo, D., Kusumaningtyas, D. A., & Handayani, T. (2023). Aksesibilitas dan efektivitas pembelajaran sains jarak jauh melalui simulasi virtual pada sekolah dengan keterbatasan alat laboratorium. *Jurnal Teknologi Pendidikan Indonesia*, 11(2), 156-170.
- Sumartini, T. S. (2022). Pengaruh Habit of Mind terhadap Kemampuan Berpikir Kreatif Matematis melalui Metode Pembelajaran Improve. *Mosharafa: Jurnal Pendidikan Matematika*, 11(1), 167–178. <https://doi.org/10.31980/mosharafa.v11i1.696>
- Susanti, D. (2021). Pemanfaatan Laboratorium Maya Versi Android Untuk Meningkatkan Pemahaman Siswa Tentang Konsep Jaringan Tumbuhan. *Jurnal Teknodik*, 25, 169–181. <https://doi.org/10.32550/teknodik.v25i2.777>
- Susanti, N. K. E., Asrin, & Khair, B. N. (2021). Analisis Tingkat Pemahaman Konsep IPA Siswa Kelas V SDN Gugus V Kecamatan Cakranegara. *Jurnal Ilmiah Profesi Pendidikan*,

- 6(4), 686–690. <https://doi.org/10.29303/jipp.v6i4.317>
- Susilawati, D. (2022). Upaya Meningkatkan Aktivitas Dan Hasil Belajar Siswa SMP Pasca Daring Pada Mata Pelajaran IPA Melalui Pendekatan Saintifik. *JUPE : Jurnal Pendidikan Mandala*, 7(2). <https://doi.org/10.58258/jupe.v7i2.3559>
- Syukri, M., Rahmi, M., Saminan, S., Artika, W., & Subramaniam, T. S. (2022). Virtual Lab Based on STEM Approach: Is It Effective to Enhance Students Concept of Temperature and Heat? *Jurnal Ilmiah Pendidikan Fisika Al-Biruni*, 11(2), 151–164. <https://doi.org/10.24042/jipfalbiruni.v11i2.12545>
- Tunisa, A. L., & Astriani, D. (2023). Lab Virtual: Upaya Meningkatkan Keterampilan Proses Sains Siswa pada Materi Getaran dan Gelombang. *Pensa E-Jurnal : Pendidikan Sains*, 11(3), 267–272.
- Usman, A. (2023). Pengaruh Penggunaan Metode Pembelajaran Penemuan Terbimbing Terhadap Motivasi Belajar Fisika dan Keterampilan Proses Sains Peserta Didik SMA Negeri 3 *KUANTUM : Jurnal Pembelajaran Dan Sain Fisika*, 4(1), 1–16.
- Utami, L., & Adilla, R. (2022). Analisis Keterampilan Proses Sains Siswa Menggunakan Virtual Laboratory Physics Education Technology (PhET) Pada Materi Indikator Asam Basa. *Journal of Research and Education Chemistry*, 4(1), 50.
- Wati, A. (2021). Penggunaan Media Virtual Laboratory Untuk Meningkatkan Penguasaan Konsep Materi Dan Kemandirian Siswa Melakukan Praktikum. *Jurnal Guru Dikmen Dan Diksus*, 4(2), 256–270.
- Wulandari, A. P., Salsabila, A. A., Cahyani, K., Nurazizah, T. S., & Ulfiah, Z. (2023). Pentingnya Media Pembelajaran dalam Proses Belajar Mengajar. *Journal on Education*, 5(2), 3928–3936. <https://doi.org/10.31004/joe.v5i2.1074>
- Yildirim, F. S. (2020). The Effect of Virtual Laboratory Applications on 8th Grade Students' Achievement in Science Lesson. *Journal of Education in Science, Environment and Health*. <https://doi.org/10.21891/jeseh.837243>
- Yunita, N., & Nurita, T. (2021). Analisis Keterampilan Proses Sains Siswa pada Pembelajaran Daring. *Pensa E-Jurnal : Pendidikan Sains*, 9(3), 378–385.
- Zulkifli, M., Syukri, M., & Musdar, M. (2022). The impact of virtual laboratories on students' science process skills: A meta-analysis. *Journal of Physics: Conference Series*, 2312(1), 012045.