Vol. 11, No. 4, 2026, pp. 201-216
DOI: https://doi.org/10.29210/027300jpgi0005

Contents lists available at Journal IICET

JPGI (Jurnal Penelitian Guru Indonesia)
ISSN: 2541-3163(Print) ISSN: 2541-3317 (Electronic)

Journal homepage: https://jurnal.iicet.org/index.php/jpgi

Pengembangan media pembelajaran berbasis website dengan 3D modeling interaktif pada materi sistem pernapasan manusia kelas VIII SMP

Luvi Andica Mohammad, Nofri Hendri*), Rosmaria, Khairul Alfahani
Departemen Kurikulum dan Teknologi Pendidikan, Fakultas Ilmu Pendidikan, Universitas Negeri Padang

Article Info

Article history:

Received Aug 22th, 2026
Revised Oct 25th, 2026
Accepted Nov 18th, 2026

Keyword:

Media pembelajaran Website,
3D modeling interaktif Sketchfab,
Sistem pernapasan manusia

ABSTRACT

Materi sistem pernapasan menuntut peserta didik membayangkan struktur dan proses yang tidak dapat diamati secara langsung, sedangkan pembelajaran di sekolah sasaran masih didominasi metode ceramah dan lembar kerja cetak sehingga dibutuhkan representasi visual yang dapat dimanipulasi. Penelitian ini bertujuan mengembangkan media pembelajaran berbasis website bernama Respira yang mengintegrasikan model tiga dimensi (3D) interaktif dari Sketchfab untuk membantu peserta didik memahami materi sistem pernapasan manusia. Penelitian menggunakan metode Research and Development (R&D) dengan model pengembangan 4D, yaitu Define, Design, Develop, dan Disseminate. Validitas produk dinilai oleh ahli materi dan ahli media, sedangkan kepraktisan diuji pada satu kelas utuh yang dipilih melalui teknik purposive sampling sebagai uji coba terbatas. Data dianalisis secara deskriptif kualitatif dan statistik deskriptif persentase. Subjek penelitian terdiri atas 32 peserta didik kelas VIII.5 dan satu guru IPA di SMP Negeri 12 Padang. Hasil penelitian menunjukkan bahwa media Respira memperoleh tingkat kepraktisan sebesar 84,64%, dengan kategori sangat layak berdasarkan kriteria persentase 81–100% pada skala Likert empat poin. Aspek video dan model 3D memperoleh skor 87,30%, kemudahan penggunaan dan navigasi 84,38%, manfaat dan daya tarik 83,85%, serta materi dan informasi 82,81%. Fitur pembesaran objek memperoleh skor tertinggi, yaitu 90,63%, sedangkan kemudahan memahami bahasa dan penjelasan memperoleh skor terendah, yaitu 77,34%. Instrumen penelitian memiliki nilai Cronbach's Alpha sebesar 0,796. Berdasarkan hasil tersebut, guru dan peserta didik menilai media Respira praktis digunakan dalam pembelajaran sistem pernapasan manusia pada lingkup uji coba terbatas. Namun, penilaian kepraktisan belum dapat membuktikan efektivitas media dalam meningkatkan hasil belajar kognitif. Oleh karena itu, diperlukan penelitian lanjutan melalui pengujian eksperimental untuk mengetahui pengaruhnya terhadap hasil belajar peserta didik.

© 2026 The Authors. Published by IICET.
This is an open access article under the CC BY-NC-SA license
(https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0)

Corresponding Author:

Nofri Hendri
Departemen Kurikulum dan Teknologi Pendidikan, Fakultas Ilmu Pendidikan, Universitas Negeri Padang
Email: nofrihendri@fip.unp.ac.id

Pendahuluan

Pembelajaran Ilmu Pengetahuan Alam di tingkat Sekolah Menengah Pertama tidak hanya menuntut peserta didik menguasai teori, tetapi juga memahami berbagai proses alam yang tidak dapat diamati secara langsung.

Tantangan tersebut terlihat jelas dalam pembelajaran biologi, terutama ketika peserta didik mempelajari struktur anatomi dan mekanisme kerja organ manusia. Salah satu materi yang membutuhkan pemahaman mendalam adalah sistem pernapasan. Dalam materi ini, peserta didik tidak cukup hanya menghafal nama organ, seperti trakea, bronkus, bronkiolus, dan alveolus. Mereka juga harus memahami bagaimana udara bergerak melalui saluran pernapasan, bagaimana pertukaran gas berlangsung di alveolus, serta bagaimana diafragma dan otot antartulang rusuk berperan dalam proses inspirasi dan ekspirasi. Berbagai proses tersebut berlangsung di dalam tubuh dan sebagian melibatkan struktur berukuran mikroskopis. Akibatnya, peserta didik dapat mengalami kesulitan membangun gambaran yang utuh apabila pembelajaran hanya mengandalkan penjelasan lisan dan bahan bacaan. Treagust dan Tsui (2013) menegaskan bahwa pemahaman konsep biologi menuntut peserta didik menghubungkan berbagai representasi eksternal pada tingkat organisasi kehidupan yang berbeda. Selain itu, meta-analisis Höffler (2010) menunjukkan bahwa kemampuan spasial turut memengaruhi seberapa besar manfaat yang diperoleh peserta didik dari pembelajaran berbantuan visualisasi.

Kesulitan memahami materi tersebut juga tercermin dalam penelitian Rooshadiya, Widiyatmoko, dan Ellianawati (2025). Penelitian tersebut melaporkan bahwa peserta didik di SMP Negeri 31 Semarang masih mengalami hambatan dalam menghubungkan konsep sistem pernapasan dengan fenomena yang dijumpai dalam kehidupan sehari hari. Kondisi ini terlihat dari capaian nilai rata rata peserta didik yang masih berada di bawah kriteria ketuntasan minimal. Temuan tersebut memperlihatkan bahwa penyampaian materi secara teoritis belum tentu cukup untuk membantu peserta didik memahami hubungan antara struktur organ dan proses fisiologis yang berlangsung di dalam tubuh.

Permasalahan pembelajaran serupa ditemukan di SMP Negeri 12 Padang. Berdasarkan observasi awal dan wawancara informal dengan guru IPA, pembelajaran sistem pernapasan masih banyak mengandalkan metode ceramah serta lembar kerja siswa berbentuk cetak. Kedua metode tersebut memang dapat digunakan untuk menyampaikan informasi dasar, tetapi memiliki keterbatasan ketika peserta didik harus memahami bentuk organ, hubungan antarbagiannya, dan mekanisme kerja sistem pernapasan secara menyeluruh. Gambar dua dimensi yang bersifat statis belum sepenuhnya memberikan kesempatan kepada peserta didik untuk mengamati objek dari berbagai sudut pandang. Dengan demikian, mereka masih harus membayangkan sendiri bentuk dan hubungan spasial antarorgan berdasarkan informasi yang tersedia.

Keterbatasan media visual tersebut perlu diperhatikan karena berkaitan dengan cara manusia memproses informasi. Sweller (1988) melalui Cognitive Load Theory menjelaskan bahwa memori kerja memiliki kapasitas terbatas dalam mengolah informasi baru. Ketika peserta didik menerima materi yang abstrak dan tidak disajikan secara terstruktur, beban kognitif ekstrinsik dapat meningkat. Situasi ini semakin menantang apabila peserta didik harus membentuk gambaran tiga dimensi organ tubuh hanya berdasarkan teks dan ilustrasi dua dimensi. Mereka perlu menghubungkan berbagai informasi sekaligus membayangkan bentuk, posisi, dan hubungan antarbagian organ. Akibatnya, sebagian kapasitas memori kerja dapat tersita untuk memahami bentuk objek, sehingga kesempatan untuk mengolah konsep secara lebih mendalam menjadi berkurang. Oleh karena itu, diperlukan media pembelajaran yang mampu menyajikan struktur organ secara lebih konkret, terorganisasi, dan dapat dieksplorasi secara langsung. Perkembangan teori ini menegaskan bahwa besarnya beban kognitif dipengaruhi oleh interaktivitas elemen dalam materi dan cara materi tersebut disajikan (Sweller, van Merriënboer, & Paas, 2019). Sweller (2020) juga menekankan bahwa teknologi pendidikan hanya memberikan manfaat apabila rancangannya sesuai dengan arsitektur kognitif manusia.

Pengembangan media berbasis teknologi tiga dimensi menjadi salah satu pendekatan yang telah digunakan untuk menjawab kebutuhan tersebut. Iqbal (2025), misalnya, mengembangkan aplikasi BodyLearn dengan menggabungkan model tiga dimensi, animasi edukatif, dan kuis interaktif. Penelitian tersebut melaporkan bahwa peserta didik dan guru merasakan penyajian struktur serta fungsi organ tubuh menjadi lebih jelas dibandingkan dengan pembelajaran konvensional. Sementara itu, Ivanova, Shoilekova, Atanasova, dan Rusev (2024) mengkaji pemanfaatan visualisasi tiga dimensi interaktif berbasis Virtual Reality dan Augmented Reality. Hasil kajian mereka menunjukkan bahwa teknologi tersebut dapat melibatkan lebih banyak fungsi sensorik, meningkatkan realisme penyajian materi dan daya ingat, serta mendorong motivasi belajar peserta didik. Meskipun demikian, pengembangan media semacam ini umumnya melibatkan pembuatan model tiga dimensi dari awal atau penggunaan aplikasi tersendiri yang memerlukan instalasi perangkat lunak tambahan.

Dukungan terhadap penggunaan representasi tiga dimensi dalam pembelajaran anatomi juga ditemukan dalam penelitian Salazar, Thompson, Rosen, dan Zuniga (2022). Melalui tinjauan sistematis dan meta analisis, mereka melaporkan bahwa model anatomi hasil cetak tiga dimensi dapat membantu pemahaman terhadap struktur anatomi yang kompleks. Akan tetapi, penelitian tersebut berfokus pada penggunaan model fisik dalam konteks mahasiswa sarjana serta pendidikan kedokteran dan profesi kesehatan. Hal ini berbeda dengan media Respira yang dikembangkan dalam bentuk model tiga dimensi interaktif berbasis website untuk peserta didik

tingkat SMP. Oleh sebab itu, penelitian tersebut memberikan dukungan konseptual mengenai potensi visualisasi tiga dimensi, tetapi tidak dapat dijadikan bukti langsung atas efektivitas media Respira.

Bukti mengenai visualisasi tiga dimensi dalam pembelajaran anatomi terus berkembang. Meta-analisis Yammine dan Violato (2015) terhadap 36 studi menunjukkan bahwa teknologi visualisasi tiga dimensi menghasilkan pengetahuan faktual dan spasial yang lebih baik dibandingkan metode pembelajaran lain. Tinjauan Triepels et al. (2020) juga menemukan bahwa 12 dari 21 artikel yang dikaji melaporkan visualisasi tiga dimensi lebih efektif secara signifikan daripada metode dua dimensi. Kecenderungan positif serupa dilaporkan oleh Hackett dan Proctor (2016) serta Peterson dan Mlynarczyk (2016). Namun, hasilnya tidak selalu konsisten. Moro, Štromberga, Raikos, dan Stirling (2017) tidak menemukan perbedaan hasil belajar yang signifikan antara pembelajaran menggunakan realitas virtual, realitas tertambah, dan aplikasi tablet. Niu et al. (2025) melaporkan bahwa integrasi model anatomi tiga dimensi meningkatkan kepuasan dan efisiensi belajar mahasiswa, tetapi tidak menghasilkan perbedaan pada nilai ujian akhir. Selain itu, sebagian besar bukti tersebut berasal dari pendidikan kedokteran dan pendidikan tinggi, bukan dari pembelajaran IPA di SMP.

Penelitian Khomenko, Matviienko, Kashuba, dan Saliuk (2025) turut memperlihatkan potensi penggunaan Sketchfab dalam kegiatan pembelajaran. Dalam penelitian tersebut, sebanyak 85 persen peserta didik menyatakan bahwa Sketchfab membantu meningkatkan pemahaman terhadap materi disiplin ilmu yang kompleks. Selain itu, 90 persen peserta didik mengakui bahwa platform tersebut mendukung pengembangan kemampuan penalaran spasial. Temuan ini menunjukkan bahwa model tiga dimensi interaktif dapat memberikan pengalaman visual yang membantu peserta didik memahami objek dari sudut pandang yang lebih beragam.

Dalam pendidikan sains yang lebih luas, sejumlah meta-analisis melaporkan pengaruh positif realitas tertambah terhadap perolehan belajar peserta didik (Garzón & Acevedo, 2019; Garzón, Pavón, & Baldiris, 2019; Chang et al., 2022). Keunggulan realitas virtual imersif dibandingkan media yang kurang imersif juga dilaporkan, tetapi besarnya bervariasi antarstudi (Wu, Yu, & Gu, 2020; Hamilton, McKechnie, Edgerton, & Wilson, 2021). Kajian sistematis lain mencatat tantangan penerapan, seperti kesulitan penggunaan dan kendala teknis (Akçayır & Akçayır, 2017), memetakan karakteristik penerapan realitas tertambah dalam pembelajaran STEM (Ibáñez & Delgado-Kloos, 2018), serta menemukan bahwa teori belajar masih jarang dijadikan landasan perancangan aplikasi realitas virtual (Radianti, Majchrzak, Fromm, & Wohlgenannt, 2020). Pada materi sistem pernapasan, penelitian di Indonesia telah mengembangkan buku suplemen berbasis realitas tertambah untuk peserta didik SMP (Nugroho, Munzil, & Hamimi, 2021) dan media realitas tertambah berbasis Android untuk sekolah dasar (Rosyid & Setyasto, 2024). Model dari Sketchfab juga telah dimanfaatkan dalam pengembangan media realitas tertambah pada materi sistem pencernaan (Kasan & Suratmi, 2025). Media-media tersebut umumnya memerlukan aplikasi khusus pada perangkat atau penanda cetak agar objek tiga dimensi dapat ditampilkan.

Namun, penggunaan teknologi tiga dimensi tidak serta merta menjamin peningkatan pemahaman. Vandenbossche et al. (2026) menemukan bahwa tidak terdapat perbedaan signifikan dalam perolehan pengetahuan anatomi antara kelompok yang menggunakan model dengan geometri terperinci dan tekstur realistis dengan kelompok yang menggunakan model bergeometri serta shading sederhana. Hasil tersebut menunjukkan bahwa kerumitan tampilan visual bukan satu satunya faktor yang menentukan kualitas pembelajaran. Cara informasi disusun, kejelasan penjelasan, serta kemudahan peserta didik dalam mengeksplorasi objek juga perlu menjadi pertimbangan dalam merancang media pembelajaran. Sejalan dengan hal tersebut, Mayer (2021) menjelaskan bahwa pembelajaran multimedia perlu mengintegrasikan kata kata dan gambar secara tepat agar keduanya dapat saling melengkapi dalam menyampaikan informasi. Dengan demikian, penggunaan teks, video, dan model tiga dimensi pada media Respira perlu diarahkan untuk mendukung pemahaman materi, bukan sekadar memperbanyak unsur visual.

Berangkat dari kebutuhan tersebut, penelitian ini mengembangkan media pembelajaran melalui pendekatan yang berbeda dari pengembangan aplikasi khusus. Model organ pernapasan diperoleh dari repositori Sketchfab, yaitu platform yang menyediakan model tiga dimensi siap pakai dengan lisensi yang dapat diperiksa. Model tersebut kemudian disematkan secara langsung ke dalam website pembelajaran. Melalui pendekatan ini, peserta didik dapat mengamati dan mengeksplorasi model organ tanpa harus mencari objek tiga dimensi secara mandiri di internet. Cara tersebut juga membantu mengurangi risiko penggunaan sumber visual yang tidak sesuai dengan kurikulum atau kurang tepat dari segi anatomi. Selain itu, integrasi melalui website memungkinkan peserta didik mengakses media tanpa perlu memasang aplikasi pembelajaran tambahan.

Pemilihan website sebagai media utama juga mempertimbangkan fleksibilitas penggunaannya dalam kegiatan belajar. Peserta didik dapat mengakses materi melalui peramban yang tersedia pada perangkat, selama perangkat dan jaringan internet mendukung penggunaan model tiga dimensi. Pendekatan ini sejalan dengan

penelitian Rooshadiya, Widiyatmoko, dan Ellianawati (2025), yang menunjukkan bahwa media pembelajaran berbasis website memberikan fleksibilitas penggunaan di laboratorium komputer sekolah tanpa hambatan instalasi perangkat lunak tambahan.

Berdasarkan kajian tersebut, kebaruan penelitian ini terletak pada tiga aspek. Pertama, media dikembangkan sebagai website yang menyematkan model tiga dimensi siap pakai dari repositori terbuka sehingga dapat diakses melalui peramban tanpa pemasangan aplikasi atau penggunaan penanda cetak, berbeda dari media realitas tertambah berbasis aplikasi yang dominan pada penelitian sebelumnya. Kedua, rancangan media dikaitkan secara eksplisit dengan teori beban kognitif dan teori pembelajaran multimedia, sehingga merespons temuan bahwa pengembangan media tiga dimensi dan imersif masih jarang berlandaskan teori belajar (Radianti et al., 2020). Ketiga, evaluasi kepraktisan tidak hanya dilaporkan dalam bentuk persentase, tetapi juga disertai pemeriksaan kualitas butir instrumen sehingga keterbatasan pengukuran dapat diidentifikasi secara terbuka. Dengan demikian, penelitian ini bertujuan mengembangkan website Respira serta menguji validitas dan kepraktisannya pada pembelajaran sistem pernapasan manusia di kelas VIII SMP.

Metode

Penelitian ini menggunakan metode penelitian dan pengembangan atau Research and Development (R&D). Metode tersebut diterapkan untuk menghasilkan suatu produk pembelajaran sekaligus menilai kelayakannya sebelum digunakan dalam kegiatan pendidikan. Nieveen (1999) menjelaskan bahwa kualitas produk hasil penelitian pengembangan dapat dinilai secara bertahap melalui tiga kriteria, yaitu validitas, kepraktisan, dan efektivitas. Penelitian ini membatasi penilaian pada dua kriteria pertama, yaitu validitas dan kepraktisan. Dalam penelitian ini, penerapan metode R&D berfokus pada perancangan dan pengembangan media pembelajaran digital berupa website yang mengintegrasikan model tiga dimensi interaktif pada materi sistem pernapasan manusia.

Pengolahan data dilakukan dengan memadukan pendekatan kualitatif dan kuantitatif. Pendekatan kualitatif digunakan untuk mengkaji masukan yang diperoleh selama proses pengembangan, terutama berupa kritik, saran, dan catatan penyempurnaan dari para validator, serta tanggapan terbuka yang diberikan oleh guru dan peserta didik. Sementara itu, pendekatan kuantitatif digunakan untuk mengolah skor hasil validasi ahli dan penilaian kepraktisan pengguna. Data numerik tersebut dianalisis menggunakan statistik deskriptif dalam bentuk persentase sehingga tingkat kelayakan produk dapat diketahui secara terukur. Kedua jenis data dianalisis secara terpisah, kemudian dipadukan pada tahap interpretasi. Skor kuantitatif digunakan untuk menentukan tingkat kelayakan, sedangkan masukan kualitatif digunakan untuk menjelaskan bagian produk yang perlu direvisi. Dengan demikian, data kualitatif berfungsi melengkapi data kuantitatif dalam pengambilan keputusan revisi produk.

Proses pengembangan media pembelajaran mengacu pada model 4D yang diperkenalkan oleh Thiagarajan, Semmel, dan Semmel (1974). Model ini dipilih karena menyediakan tahapan pengembangan perangkat dan media pembelajaran yang tersusun secara sistematis. Pemilihan model juga mempertimbangkan ruang lingkup penelitian. Model ADDIE (Branch, 2009) menempatkan implementasi dan evaluasi sebagai tahapan yang dilaksanakan secara penuh, sedangkan model Borg dan Gall, sebagaimana digunakan Rosyid dan Setyasto (2024), mencakup uji lapangan dan pengujian hasil belajar. Model 4D lebih sesuai karena penelitian ini berfokus pada validitas dan kepraktisan produk dengan penyebaran terbatas. Setiap tahap memiliki fungsi yang saling berkaitan, mulai dari mengidentifikasi kebutuhan pembelajaran hingga menghasilkan produk yang telah melalui proses penilaian dan penyempurnaan. Model 4D mencakup empat tahapan, yaitu Define, Design, Develop, dan Disseminate.

Tahap pertama adalah Define atau pendefinisian. Pada tahap ini, kebutuhan pengembangan media diidentifikasi melalui lima bentuk analisis. Analisis ujung depan dilakukan untuk mengetahui perbedaan antara kondisi pembelajaran IPA yang diharapkan dengan pelaksanaan pembelajaran yang berlangsung di sekolah. Analisis peserta didik diarahkan pada pengenalan karakteristik siswa kelas VIII yang berusia sekitar 13 sampai 15 tahun. Pada rentang usia tersebut, peserta didik berada dalam masa peralihan menuju tahap operasional formal dan telah terbiasa berinteraksi dengan teknologi digital. Karakteristik ini menjadi salah satu pertimbangan dalam memilih media yang menyajikan materi melalui visualisasi tiga dimensi secara interaktif.

Selanjutnya, analisis konsep dilakukan dengan menguraikan materi sistem pernapasan manusia ke dalam pokok bahasan yang lebih terperinci, terutama struktur anatomi organ dan mekanisme fisiologis pernapasan. Analisis tugas berfungsi mengidentifikasi kemampuan yang perlu dikuasai peserta didik ketika menggunakan media, seperti memutar objek tiga dimensi, mengatur ukuran tampilan melalui fitur pembesaran dan pengecilan, serta memahami keterangan yang ditampilkan pada bagian organ. Hasil dari seluruh analisis tersebut kemudian

digunakan dalam perumusan tujuan pembelajaran. Tujuan ini menjadi dasar untuk menentukan indikator pencapaian yang akan digunakan dalam penyusunan materi dan instrumen evaluasi.

Tahap kedua adalah Design atau perancangan. Kegiatan pada tahap ini diawali dengan penyusunan storyboard sebagai gambaran awal mengenai susunan dan alur tampilan website. Perancangan tersebut mencakup penempatan elemen antarmuka, pengaturan tombol navigasi, pemilihan warna, serta urutan penyajian animasi. Selain menentukan rancangan visual, penelitian ini juga menetapkan perangkat lunak yang digunakan dalam proses pengembangan. Sketchfab dimanfaatkan sebagai platform penyedia model tiga dimensi, sedangkan Hostinger digunakan untuk kebutuhan penyimpanan dan publikasi website. Seluruh komponen yang telah disiapkan kemudian disusun menjadi purwarupa awal atau Alpha Version. Versi pertama ini memuat materi berbentuk teks, aset model tiga dimensi, tombol navigasi, serta fitur penyematan objek melalui kode iframe.

Tahap ketiga adalah Develop atau pengembangan. Pada tahap ini, rancangan yang telah disusun diwujudkan menjadi produk pembelajaran yang selanjutnya diperiksa melalui proses validasi oleh para ahli. Penilaian dilakukan berdasarkan dua aspek utama. Ahli materi yang berasal dari dosen bidang biologi memberikan penilaian terhadap ketepatan informasi anatomi, kesesuaian materi dengan kompetensi dasar, serta kebenaran penjelasan mengenai mekanisme pernapasan. Adapun 2 ahli media yang berasal dari dosen Teknologi Pendidikan yang meninjau kualitas antarmuka pengguna, pengalaman penggunaan media, kejelasan sistem navigasi, dan efisiensi akses website. Berdasarkan validasi ahli tersebut, Respira mendapatkan 180 poin dengan 15 indikator atau setara dengan persentase 100% dengan kategori penilaian sangat layak.

Hasil penilaian tersebut tidak hanya digunakan untuk menentukan tingkat kelayakan produk, tetapi juga menjadi dasar dalam melakukan perbaikan. Setiap kritik dan rekomendasi dari validator ditelaah untuk mengetahui bagian yang masih memerlukan penyempurnaan. Revisi tahap pertama dilakukan sebelum media digunakan dalam uji coba kepada pengguna. Dengan demikian, produk yang diuji telah melalui proses peninjauan berdasarkan aspek materi maupun tampilan dan fungsi media.

Tahap keempat adalah Disseminate atau penyebaran. Dalam penelitian ini, penyebaran produk dilaksanakan secara terbatas dengan membagikan website yang telah direvisi kepada guru mata pelajaran IPA untuk digunakan sebagai media pendukung pembelajaran. Pelaksanaan tahap ini belum mencakup penerapan secara luas di berbagai sekolah. Keterbatasan waktu dan biaya penelitian pada jenjang strata satu menjadi faktor yang membatasi jangkauan distribusi produk. Oleh karena itu, penyebaran dalam penelitian ini lebih diarahkan pada pengenalan dan pemanfaatan awal media di lingkungan pembelajaran yang menjadi lokasi penelitian. Alur pelaksanaan pengembangan media pembelajaran dijelaskan pada Gambar 1.



Gambar 1. Alur Pengembangan Media Pembelajaran Berbasis Website Model 3d "Respira 3D" dengan Model 4D

Subjek penelitian terdiri atas validator ahli dan pengguna media pembelajaran. Validator ahli melibatkan satu orang dosen atau guru yang memiliki kompetensi dalam bidang materi pembelajaran IPA serta satu orang dosen Teknologi Pendidikan yang bertugas menilai aspek media. Keterlibatan kedua validator tersebut bertujuan memperoleh penilaian dari sudut pandang yang berbeda, yaitu ketepatan isi pembelajaran dan kualitas rancangan media digital.

Pengujian kepraktisan melibatkan satu orang guru mata pelajaran IPA dan peserta didik kelas VIII.5 SMP Negeri 12 Padang sebanyak 32 orang. Penentuan kelas uji coba menggunakan teknik purposive sampling. Melalui teknik ini, kelas dipilih secara sengaja berdasarkan rekomendasi guru pamong dengan mempertimbangkan kesesuaiannya sebagai kelompok pengguna media pembelajaran digital. Guru dan peserta didik kemudian memberikan penilaian terhadap kemudahan penggunaan, tampilan, serta manfaat media dalam mendukung kegiatan pembelajaran. Penggunaan satu kelas utuh sesuai dengan sifat uji kepraktisan terbatas pada tahap pengembangan, yang bertujuan memperoleh umpan balik pengguna untuk penyempurnaan produk, bukan untuk generalisasi statistik (Nieveen, 1999). Oleh karena itu, jumlah responden tidak ditentukan melalui perhitungan kekuatan statistik.

Pengumpulan data dilakukan menggunakan kuesioner atau angket tertutup yang disusun berdasarkan skala Likert dengan empat pilihan jawaban. Setiap pilihan memiliki bobot penilaian yang berbeda. Jawaban Sangat Baik atau Sangat Setuju memperoleh skor 4, Baik atau Setuju memperoleh skor 3, Kurang Baik atau Kurang Setuju memperoleh skor 2, sedangkan Tidak Baik atau Tidak Setuju memperoleh skor 1. Penggunaan empat kategori tanpa pilihan netral dimaksudkan untuk mengurangi kecenderungan responden memilih jawaban tengah sehingga penilaian yang diberikan dapat menunjukkan kecenderungan respons secara lebih jelas.

Instrumen penelitian dibedakan menjadi tiga jenis sesuai dengan sumber data yang dibutuhkan. Pertama, lembar validasi ahli materi digunakan untuk menilai kelayakan isi, penyajian pembelajaran, serta penggunaan bahasa dan komunikasi. Kedua, lembar validasi ahli media digunakan untuk mengevaluasi tampilan visual, rekayasa perangkat lunak, kemudahan akses website, aksesibilitas, responsivitas, dan tingkat interaktivitas media. Ketiga, angket kepraktisan pengguna diberikan kepada guru dan peserta didik untuk memperoleh penilaian mengenai kemudahan penggunaan, daya tarik, efisiensi, serta manfaat media dalam kegiatan pembelajaran. Setiap lembar validasi dan angket kepraktisan terdiri atas 15 butir pernyataan dengan skala empat poin. Pengelompokan butir ke dalam aspek penilaian disajikan pada Tabel 1, Tabel 2, dan Tabel 4.

Data yang terkumpul dianalisis berdasarkan jenisnya. Data kualitatif yang berasal dari kritik, saran, dan rekomendasi validator diolah secara deskriptif naratif. Hasil analisis tersebut digunakan untuk mengidentifikasi kekurangan produk dan menentukan bagian yang perlu diperbaiki. Dengan cara ini, proses penyempurnaan media tidak hanya didasarkan pada skor penilaian, tetapi juga mempertimbangkan masukan yang menjelaskan alasan suatu komponen perlu diperbaiki.

Sementara itu, data kuantitatif yang diperoleh melalui angket validasi dan kepraktisan dianalisis menggunakan statistik deskriptif persentase. Perhitungan dilakukan dengan membandingkan jumlah skor yang diperoleh dengan jumlah skor maksimal, kemudian hasilnya dikalikan seratus persen. Secara matematis, persentase dihitung dengan rumus $P = (\Sigma \text{ skor yang diperoleh} \div \Sigma \text{ skor maksimal}) \times 100\%$. Rumus yang digunakan merupakan adaptasi dari Riduwan dalam Yuniati, Nulhakim, dan Biru (2024). Hasil perhitungan selanjutnya dicocokkan dengan kriteria penilaian untuk menentukan tingkat kevalidan dan kepraktisan media.

Produk dapat dinyatakan layak untuk melanjutkan ke tahap berikutnya apabila hasil penilaian dari ahli materi, ahli media, maupun pengguna sekurang-kurangnya mencapai kategori Valid dan Praktis, dengan batas persentase minimal sebesar 61 persen. Persentase 81–100 persen diinterpretasikan sebagai kategori Sangat Valid atau Sangat Layak, sedangkan persentase 61–80 persen diinterpretasikan sebagai kategori Valid atau Layak. Selain analisis persentase, penelitian ini juga mencakup pengujian kualitas instrumen dan karakteristik data. Uji validitas setiap butir dilakukan menggunakan korelasi Pearson antara skor butir dan skor total serta corrected item total correlation. Konsistensi internal instrumen diperiksa melalui uji reliabilitas Cronbach Alpha. Selanjutnya, distribusi data diperiksa menggunakan uji normalitas Shapiro Wilk, sedangkan pengujian terhadap rerata skor setiap responden dilakukan melalui uji satu sampel.

Hasil dan Pembahasan

Temuan utama penelitian ini adalah sebagai berikut. Produk memperoleh skor maksimum dari ahli materi dan ahli media (100%), serta tingkat kepraktisan 84,64% dengan kategori Sangat Layak. Aspek video dan model tiga dimensi memperoleh penilaian tertinggi, sedangkan butir kemudahan memahami bahasa dan penjelasan (P13) memperoleh penilaian terendah. Evaluasi terhadap website Respira menghasilkan temuan yang mencakup proses pengembangan produk, penilaian kelayakan oleh para ahli, serta tanggapan pengguna setelah media digunakan. Temuan tersebut dianalisis melalui data kualitatif dan kuantitatif. Data kualitatif memberikan gambaran mengenai karakteristik produk yang dikembangkan dan masukan yang menjadi dasar perbaikannya. Adapun data kuantitatif memperlihatkan tingkat kepraktisan berdasarkan penilaian guru dan peserta didik, sekaligus menyajikan hasil pemeriksaan terhadap instrumen yang digunakan. Dengan menggabungkan kedua jenis informasi tersebut, pembahasan tidak hanya berorientasi pada capaian persentase, tetapi juga mempertimbangkan proses yang melatarbelakangi hasil penilaian.

Pengembangan website Respira dilaksanakan melalui empat tahapan dalam model 4D. Setiap tahapan memiliki sasaran yang berbeda, mulai dari identifikasi kebutuhan pembelajaran hingga penyebaran produk dalam lingkup terbatas. Kebutuhan pengembangan media pertama kali terlihat dari hasil analisis kondisi pembelajaran di SMP Negeri 12 Padang. Kegiatan analisis ujung depan menunjukkan bahwa penyampaian materi sistem pernapasan masih didominasi metode ceramah dan penggunaan lembar kerja siswa berbentuk cetak. Kondisi tersebut memperlihatkan keterbatasan sarana visual dalam membantu peserta didik memahami struktur organ dan mekanisme pernapasan yang tidak dapat diamati secara langsung.

Pertimbangan berikutnya berkaitan dengan karakteristik peserta didik. Siswa kelas VIII yang berada pada rentang usia 13 sampai 15 tahun sedang mengalami peralihan menuju tahap operasional formal. Mereka juga telah akrab dengan perkembangan teknologi digital. Karakteristik tersebut menjadi dasar pertimbangan dalam memilih media yang memungkinkan peserta didik mengamati objek pembelajaran secara lebih interaktif melalui visualisasi tiga dimensi.

Dari hasil analisis konsep, materi sistem pernapasan manusia kemudian dipetakan ke dalam dua kelompok pembahasan. Kelompok pertama mencakup struktur anatomi yang terdiri atas rongga hidung, faring, laring, trakea, bronkus, bronkiolus, dan alveolus. Kelompok kedua berhubungan dengan mekanisme fisiologis, meliputi proses inspirasi, ekspirasi, pernapasan dada, dan pernapasan perut. Pemetaan tersebut digunakan untuk menentukan cakupan materi yang perlu disajikan dalam website.

Hasil identifikasi kebutuhan pada tahap sebelumnya menjadi acuan dalam menyusun rancangan website. Proses perancangan diawali dengan pembuatan storyboard untuk menentukan susunan antarmuka, posisi tombol navigasi, kombinasi warna, dan urutan penyajian animasi. Perencanaan tersebut dimaksudkan agar komponen media memiliki struktur yang jelas dan saling mendukung selama proses pembelajaran. Dari sisi teknis, Sketchfab digunakan sebagai platform penyedia model tiga dimensi, sedangkan Hostinger dimanfaatkan sebagai layanan hosting website. Setelah komponen dan kebutuhan teknis ditentukan, rancangan diwujudkan dalam purwarupa awal yang disebut Alpha Version. Versi awal tersebut mengintegrasikan materi berbentuk teks, aset visual tiga dimensi, tombol navigasi, serta penyematan model melalui kode iframe. Hasil tahap perancangan ini menjadi dasar bagi proses pengembangan dan penilaian produk berikutnya.

Setelah purwarupa terbentuk, kelayakan produk diperiksa melalui proses validasi yang melibatkan ahli materi dan dua ahli media. Ketiga validator memiliki fokus penilaian yang berbeda sesuai dengan bidang keahliannya. Ahli materi yang berasal dari dosen biologi menelaah ketepatan struktur anatomi, kesesuaian materi dengan kompetensi dasar, serta kebenaran penjelasan mengenai mekanisme pernapasan. Adapun ahli media dari bidang Teknologi Pendidikan memeriksa kualitas User Interface dan User Experience, kejelasan navigasi, serta efisiensi akses website.

Tahap terakhir dilaksanakan melalui distribusi website yang telah direvisi kepada guru IPA untuk dimanfaatkan sebagai media pendukung pembelajaran. Meskipun demikian, penyebaran produk belum dilakukan secara luas. Keterbatasan waktu dan biaya dalam pelaksanaan penelitian pada jenjang strata satu menyebabkan distribusi hanya dapat dilakukan dalam lingkup terbatas. Oleh sebab itu, penerapan produk secara masif di berbagai sekolah belum menjadi bagian dari cakupan penelitian ini.

Penilaian kelayakan produk melibatkan seorang ahli materi dan seorang ahli media. Pada validasi materi, pemeriksaan mencakup kesesuaian isi dengan kompetensi dasar, ketepatan konsep anatomi organ pernapasan, kebenaran urutan mekanisme pernapasan dada dan perut, serta kedalaman materi pendukung. Penilaian juga mencakup penyajian pembelajaran, terutama kejelasan tujuan, kesesuaian visualisasi tiga dimensi dalam membantu mengurangi miskonsepsi, dan interaktivitas materi.

Aspek kebahasaan turut menjadi bagian dari pemeriksaan ahli materi. Komponen yang diperhatikan meliputi penggunaan bahasa Indonesia baku, kejelasan kalimat pada label organ, serta keterbacaan informasi berdasarkan tingkat perkembangan kognitif peserta didik SMP. Pemeriksaan ini diperlukan agar ketepatan substansi materi tetap disertai penyampaian informasi yang dapat dipahami oleh sasaran pengguna.

Validasi media pembelajaran Respira melibatkan ahli materi dan ahli media untuk menilai kelayakan produk dari aspek substansi pembelajaran maupun kualitas penyajiannya. Indikator penilaian yang berjumlah 15 butir pada masing-masing validator dikelompokkan ke dalam beberapa aspek utama agar hasil validasi dapat disajikan secara lebih sistematis. Penilaian ahli materi mencakup empat aspek utama, yaitu kesesuaian kurikulum dan tujuan pembelajaran, ketepatan substansi ilmiah, kesesuaian penyajian materi, serta kualitas bahasa. Hasil pengelompokan indikator dan rekapitulasi penilaian disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Validasi Ahli Materi

Aspek Penilaian	Persentase	Kategori
Kesesuaian kurikulum dan tujuan pembelajaran	100 %	Sangat Sesuai
Ketepatan substansi ilmiah dan visualisasi anatomi	100 %	Sangat Tepat
Kesesuaian penyajian materi dan karakteristik siswa	100 %	Sangat Sesuai
Kualitas bahasa dan penyampaian informasi	100 %	Sangat Sesuai
Hasil keseluruhan ahli materi	**100%**	**Sangat Valid**

Berdasarkan hasil validasi, ahli materi memperoleh skor keseluruhan sebesar 100%. Hasil tersebut menunjukkan bahwa penilaian ahli materi mencapai skor maksimum pada skala yang digunakan. Aspek yang menjadi cakupan penilaian meliputi kesesuaian materi dengan Kompetensi Dasar IPA kelas VIII dan kurikulum, ketepatan konsep anatomi serta fisiologi sistem pernapasan manusia, kesesuaian kedalaman materi dengan kebutuhan siswa SMP, dan penggunaan bahasa yang sesuai dengan tingkat perkembangan kognitif peserta didik. Penilaian juga mencakup ketepatan animasi mekanisme pernapasan dada dan perut, penjelasan difusi gas di alveolus, serta pemanfaatan visualisasi tiga dimensi untuk membantu mengurangi miskonsepsi. Sementara itu hasil validasi ahli media juga menampakkan hasil yang sama yaitu dengan persentase 100% dengan beberapa aspek yang akan dijelaskan pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Validasi Ahli Media

Aspek Penilaian	Persentase	Kategori
Desain visual dan keterbacaan antarmuka	100%	Sangat Layak
Kualitas visualisasi dan interaktivitas model tiga dimensi	100%	Sangat Layak
Navigasi dan fungsionalitas website	100%	Sangat Layak
Hasil keseluruhan ahli media	**100%**	**Sangat Valid**

Hasil validasi ahli media menunjukkan perolehan skor keseluruhan 100%. Nilai tersebut menunjukkan bahwa hasil penilaian mencapai skor maksimum pada skala yang digunakan. Aspek desain visual dan keterbacaan mencakup tata letak informasi, pemilihan jenis dan ukuran huruf, kombinasi warna, kontras teks, serta kualitas ikon dan gambar pendukung. Selanjutnya, aspek visualisasi dan interaktivitas mencakup kejelasan bentuk serta detail model tiga dimensi organ pernapasan, ketepatan struktur anatomi yang ditampilkan, kemampuan pengguna memutar model dari berbagai sudut pandang, dan respons model ketika bagian organ dipilih. Adapun aspek navigasi dan fungsionalitas meliputi konsistensi antarmuka, kejelasan struktur menu, fungsi tombol dan tautan, ketersediaan petunjuk penggunaan, serta kemudahan pengguna untuk kembali ke halaman materi sebelumnya.

Tabel 3. Rekapitulasi Hasil Validasi Media Respira

Validator	Skor Diperoleh	Skor Maksimum	Persentase	Kategori
Ahli Materi	60	60	100%	Sangat Valid
Ahli Media	120	120	100%	Sangat Valid

Berdasarkan penilaian kedua validator, produk dinyatakan sangat valid dan layak untuk dilanjutkan ke tahap uji coba dengan memperhatikan catatan perbaikan yang telah diberikan. Interpretasi tingkat validitas mengacu pada kriteria kategori kevalidan media yang digunakan dalam penelitian. Persentase 61 sampai 80 persen diklasifikasikan sebagai Valid, sedangkan persentase 81 sampai 100 persen termasuk kategori Sangat Valid.

Penilaian kepraktisan dilakukan untuk memperoleh gambaran mengenai pengalaman pengguna ketika mengakses dan memanfaatkan website dalam pembelajaran. Uji coba melibatkan 32 peserta didik kelas VIII.5 SMP Negeri 12 Padang dan seorang guru IPA. Angket yang digunakan terdiri atas 15 pernyataan dengan empat pilihan jawaban. Seluruh butir dikelompokkan menjadi empat aspek, yaitu kemudahan penggunaan dan navigasi, video dan model tiga dimensi, materi dan informasi, serta manfaat dan daya tarik media.

Tabel 4. Persentase Penilaian Kepraktisan Website Respira

Aspek Penilaian	Persentase	Kategori
Video dan Model 3D	87,30%	Sangat Layak
Kemudahan Penggunaan dan Navigasi	84,38%	Sangat Layak
Manfaat dan Daya Tarik	83,85%	Sangat Layak
Materi dan Informasi	82,81%	Sangat Layak
Keseluruhan	**84,64%**	**Sangat Layak**

Secara keseluruhan, perolehan skor dari peserta didik mencapai 1.625 dari skor maksimal 1.920. Setelah dikonversi ke dalam bentuk persentase, hasil penilaian menunjukkan angka 84,64 persen dengan rata-rata skor sebesar 3,39 pada rentang skala 1 sampai 4. Berdasarkan kriteria interpretasi yang diterapkan, capaian tersebut berada dalam kategori Sangat Layak. Hasil ini menunjukkan bahwa website Respira memperoleh penerimaan positif dari peserta didik dalam aspek penggunaan dan karakteristik media yang dinilai melalui angket.

Distribusi jawaban memperlihatkan kecenderungan yang sama. Dari total 480 respons yang berasal dari 32 peserta didik terhadap 15 pernyataan, tidak ditemukan pilihan Sangat Tidak Setuju. Sebanyak 261 respons atau 54,4 persen berada pada kategori Setuju, sementara 202 respons atau 42,1 persen termasuk kategori Sangat Setuju. Sebanyak 17 respons lainnya atau 3,5 persen berada pada pilihan Kurang Setuju. Komposisi tersebut menunjukkan bahwa mayoritas peserta didik memberikan penilaian positif. Namun, keberadaan respons Kurang Setuju juga memperlihatkan bahwa tingkat penerimaan terhadap setiap komponen media tidak sepenuhnya seragam. Jika ditinjau berdasarkan masing-masing aspek, terdapat perbedaan capaian yang dapat memberikan gambaran mengenai bagian media yang paling diapresiasi maupun yang masih membutuhkan perhatian.

Kemudahan penggunaan dan navigasi

Aspek ini memperoleh persentase 84,38 persen dan termasuk kategori Sangat Layak. Penilaian mencakup kejelasan petunjuk penggunaan pada butir P1, kemudahan menemukan menu navigasi pada P2, kemudahan mengakses website melalui perangkat pada P3, serta tampilan dan susunan menu untuk berpindah antarbagian pada P4.

P2 dan P4 menjadi butir dengan capaian tertinggi dalam aspek ini, masing-masing sebesar 85,94 persen. Hasil tersebut mengindikasikan bahwa keberadaan menu Home, Capaian dan Tujuan, Model 3D, serta Komponen Anatomi relatif mudah ditemukan dan digunakan untuk berpindah halaman. P1 memperoleh 83,59 persen, sedangkan P3 mencatat 82,03 persen. Meskipun nilai P3 merupakan yang terendah dalam kelompok navigasi, hasilnya tetap berada dalam kategori Sangat Layak.

Video dan model tiga dimensi

Dibandingkan ketiga aspek lainnya, komponen ini mencatat persentase tertinggi, yaitu 87,30 persen. Penilaian meliputi fungsi video sebagai pengantar materi pada P5, kejelasan dan daya tarik model tiga dimensi pada P6, kemampuan mengubah sudut pandang objek pada P7, serta penggunaan fitur pembesaran dan pengecilan model pada P8.

Temuan paling menonjol terdapat pada P8 yang mencapai 90,63 persen. Capaian tersebut merupakan nilai tertinggi di antara seluruh 15 pernyataan dalam angket. Hal ini menunjukkan bahwa kemampuan memperbesar dan memperkecil model menjadi fitur yang paling diapresiasi peserta didik, khususnya ketika mereka ingin mengamati bagian organ secara lebih terperinci. P6 juga memperoleh nilai tinggi sebesar 89,84 persen, yang mencerminkan penilaian positif terhadap kejelasan dan daya tarik tampilan model. Selanjutnya, P7 mencapai 87,50 persen, menunjukkan bahwa kemampuan memutar objek dan mengamati model dari berbagai sudut juga mendapat respons baik. Adapun P5 memperoleh 81,25 persen. Meskipun menjadi nilai terendah dalam kelompok ini, hasilnya masih termasuk kategori Sangat Layak.

Materi dan informasi

Persentase pada aspek ini mencapai 82,81 persen dengan kategori Sangat Layak. Empat butir yang dinilai berkaitan dengan kegunaan informasi anatomi untuk memahami struktur dan fungsi organ pada P9, kejelasan penjelasan mengenai organ pernapasan pada P10, manfaat informasi mengenai fungsi organ dan gangguan sistem pernapasan pada P11, serta kegunaan bagian Capaian dan Tujuan untuk mengetahui kemampuan yang diharapkan pada P12.

Di antara keempat butir tersebut, P10 memperoleh hasil tertinggi sebesar 85,16 persen. Temuan ini menunjukkan bahwa penjelasan mengenai organ pernapasan, seperti hidung, rongga hidung, laring, trakea, bronkus, paru-paru, dan diafragma, dinilai cukup jelas oleh peserta didik. P12 mencatat 83,59 persen, sedangkan

P9 memperoleh 82,03 persen. Nilai terendah pada aspek ini terdapat pada P11 sebesar 80,47 persen. Walaupun demikian, capaian tersebut masih termasuk kategori Sangat Layak berdasarkan kriteria penelitian.

Manfaat dan daya tarik. Aspek ini memperoleh persentase sebesar 83,85 persen. Penilaiannya mencakup kemudahan memahami bahasa dan penjelasan materi pada P13, daya tarik pembelajaran sistem pernapasan melalui website pada P14, serta manfaat media untuk menunjang kegiatan belajar mandiri pada P15.

P14 mencatat persentase sebesar 88,28 persen. Hasil ini menunjukkan bahwa peserta didik memberikan penilaian positif terhadap daya tarik pembelajaran menggunakan website. P15 juga memperoleh nilai yang cukup tinggi, yaitu 85,94 persen, sehingga media dinilai memiliki manfaat untuk mendukung kegiatan belajar mandiri. Akan tetapi, P13 hanya mencapai 77,34 persen dan termasuk kategori Layak. Nilai tersebut merupakan persentase terendah dari seluruh butir angket. Selain itu, terdapat empat responden yang memilih Kurang Setuju pada pernyataan P13, jumlah terbanyak untuk satu butir. Temuan ini memperlihatkan bahwa kemudahan memahami bahasa dan penjelasan materi masih menjadi aspek yang perlu diperhatikan dalam penyempurnaan produk.

Selain menilai tanggapan pengguna, kualitas instrumen juga diperiksa agar hasil pengukuran dapat ditafsirkan secara lebih cermat. Pengujian validitas butir menggunakan korelasi Pearson antara skor setiap pernyataan dan skor total. Dengan jumlah responden sebanyak 32 orang dan nilai r tabel sekitar 0,349, diperoleh hasil bahwa 14 butir memenuhi kriteria, sedangkan P3 belum memenuhi batas tersebut karena hanya memiliki nilai r hitung sebesar 0,195.

Pemeriksaan menggunakan corrected item total correlation memberikan gambaran tambahan. Dalam pengujian ini, P2 memperoleh nilai 0,321, P3 sebesar 0,044, dan P12 sebesar 0,339. Ketiga nilai tersebut berada di bawah batas yang digunakan. Dengan demikian, apabila corrected item total correlation dijadikan dasar utama penentuan validitas butir, P2, P3, dan P12 perlu ditinjau lebih lanjut.

Hasil pada P3 memperlihatkan adanya perbedaan antara penilaian deskriptif dan hubungan statistiknya dengan skor keseluruhan. Secara deskriptif, butir tersebut memperoleh 82,03 persen dan termasuk kategori Sangat Layak. Akan tetapi, nilai korelasinya terhadap skor total hanya 0,195. Kedua hasil tersebut mengukur hal yang berbeda. Persentase menggambarkan kecenderungan tingkat persetujuan responden, sedangkan korelasi menunjukkan seberapa erat pola jawaban pada suatu butir berkaitan dengan skor keseluruhan. Oleh karena itu, persentase yang tinggi tidak serta-merta menjamin bahwa suatu butir memiliki korelasi yang memadai dengan total instrumen.

Kondisi tersebut menjadi alasan untuk meninjau kembali redaksi P3. Pernyataan mengenai kemudahan akses website mungkin masih memiliki cakupan makna yang terlalu luas. Akses dapat dipahami sebagai kemudahan membuka halaman, kestabilan tampilan, kesesuaian dengan perangkat, maupun kelancaran jaringan internet. Apabila beberapa aspek tersebut tercampur dalam satu pernyataan, responden mungkin memberikan jawaban berdasarkan pengalaman yang berbeda. Peninjauan redaksi diperlukan agar aspek yang diukur menjadi lebih spesifik.

Dari sisi konsistensi internal, instrumen memperoleh nilai Cronbach Alpha sebesar 0,796. Nilai ini berada dalam rentang 0,70 sampai 0,89 yang dikategorikan tinggi berdasarkan kriteria penelitian. Hasil tersebut menunjukkan bahwa secara keseluruhan butir angket memiliki konsistensi internal yang memadai dalam mengukur penilaian peserta didik terhadap website Respira. Meskipun demikian, nilai reliabilitas yang baik tidak menghilangkan kebutuhan untuk mengevaluasi butir yang memiliki korelasi rendah. Pemeriksaan terhadap validitas setiap pernyataan tetap diperlukan agar instrumen yang digunakan pada penelitian berikutnya memiliki kualitas pengukuran yang lebih baik. Hal ini sejalan dengan Taber (2018) yang mengingatkan bahwa nilai Cronbach's Alpha yang memadai tidak dengan sendirinya membuktikan validitas instrumen maupun kesatuan konstruk yang diukur.

Gambaran mengenai penilaian peserta didik juga dapat dilihat melalui distribusi skor total yang diperoleh. Skor berada pada rentang 44 hingga 59, dengan nilai rata-rata 50,78 dan median 50,50. Standar deviasi sebesar 4,16 menunjukkan adanya variasi penilaian antarpeserta didik, meskipun penyebaran skor tidak terlalu jauh dari nilai rata-ratanya. Berdasarkan pengelompokan kategori kelayakan, sebanyak 20 peserta didik atau 62,5 persen berada pada kategori Sangat Layak. Sementara itu, 12 peserta didik atau 37,5 persen termasuk kategori Layak. Tidak terdapat responden yang memperoleh kategori Cukup Layak, Kurang Layak, maupun Sangat Kurang Layak. Distribusi tersebut memperlihatkan bahwa seluruh peserta didik memberikan penilaian yang berada pada dua kategori tertinggi dalam klasifikasi yang digunakan.

Karakteristik distribusi skor turut diperiksa melalui nilai skewness dan kurtosis. Skewness sebesar 0,196 berada cukup dekat dengan nol, sehingga distribusi skor total tidak memperlihatkan kemencengan yang kuat. Sementara itu, kurtosis excess sebesar negatif 1,024 menunjukkan bahwa distribusi data cenderung lebih

mendatar dibandingkan distribusi normal. Pemeriksaan normalitas menggunakan Shapiro Wilk menghasilkan nilai statistik sebesar 0,9592 dengan signifikansi 0,2617. Nilai signifikansi tersebut lebih besar daripada batas 0,05. Dengan demikian, tidak ditemukan bukti statistik yang cukup untuk menyatakan bahwa distribusi skor total berbeda secara signifikan dari distribusi normal. Hasil ini menunjukkan bahwa asumsi normalitas tidak ditolak berdasarkan pengujian yang dilakukan.

Analisis berikutnya menggunakan uji satu sampel terhadap rata-rata skor per responden. Pengujian dilakukan dengan membandingkan nilai rata-rata sebesar 3,385 dengan titik tengah skala penilaian, yaitu 2,5. Hasil analisis menghasilkan nilai t sebesar 18,04 dengan derajat kebebasan 31 dan nilai p kurang dari 0,001. Ukuran efek Cohen d tercatat sebesar 3,19. Hasil tersebut menunjukkan bahwa rata-rata penilaian peserta didik secara statistik lebih tinggi dibandingkan titik tengah skala.

Meskipun hasil pengujian menunjukkan perbedaan yang signifikan, interpretasinya perlu ditempatkan sesuai dengan tujuan analisis. Titik tengah skala hanya berfungsi sebagai nilai pembanding dalam uji satu sampel, bukan sebagai kelompok kontrol ataupun ukuran kemampuan belajar. Oleh sebab itu, hasil pengujian tersebut memperkuat temuan bahwa respons pengguna cenderung positif, tetapi tidak dapat dijadikan dasar untuk menyatakan bahwa website Respira terbukti meningkatkan hasil belajar kognitif peserta didik.

Secara umum, hasil pengujian memperlihatkan bahwa website Respira memperoleh penilaian kepraktisan yang tinggi dari peserta didik. Persentase keseluruhan sebesar 84,64 persen menempatkan produk pada kategori Sangat Layak berdasarkan kriteria yang digunakan. Namun, capaian tersebut harus dipahami sesuai dengan ruang lingkup pengukuran. Penelitian ini menilai persepsi pengguna terhadap karakteristik dan kemudahan penggunaan media, bukan mengukur peningkatan kemampuan kognitif secara langsung. Tidak adanya pengukuran sebelum dan sesudah pembelajaran maupun kelompok pembanding membuat hasil penelitian belum dapat digunakan untuk menyimpulkan efektivitas media terhadap hasil belajar. Dalam kerangka kualitas produk menurut Nieveen (1999), hasil ini menunjukkan terpenuhinya kriteria kepraktisan, sedangkan kriteria efektivitas belum diuji.

Salah satu temuan yang menonjol adalah tingginya penilaian terhadap fitur video dan model tiga dimensi. Persentase aspek tersebut mencapai 87,30 persen, dengan fitur pembesaran dan pengecilan objek sebagai butir yang memperoleh nilai tertinggi, yaitu 90,63 persen. Hasil ini menunjukkan bahwa kemampuan mengeksplorasi objek dari jarak dan sudut pandang berbeda menjadi karakteristik media yang paling diapresiasi peserta didik.

Temuan tersebut memiliki keterkaitan dengan penelitian Iqbal (2025) yang mengembangkan aplikasi BodyLearn melalui penggabungan model tiga dimensi, animasi edukatif, dan kuis interaktif. Penelitian tersebut melaporkan bahwa peserta didik dan guru merasakan penyajian struktur serta fungsi organ tubuh menjadi lebih jelas dibandingkan pembelajaran konvensional. Kesesuaian juga terlihat dengan hasil penelitian Rooshadiya, Widiyatmoko, dan Ellianawati (2025), yang melaporkan bahwa penggunaan media tiga dimensi berbasis website meningkatkan motivasi belajar dengan nilai n-gain kategori tinggi sebesar 0,7 serta kemampuan berpikir kritis dengan nilai n-gain kategori sedang sebesar 0,5.

Pola penilaian kepraktisan yang tinggi juga ditemukan dalam penelitian pengembangan media sistem pernapasan lainnya. Rosyid dan Setyasto (2024) melaporkan bahwa media realitas tertambah berbasis Android pada materi sistem pernapasan di sekolah dasar memperoleh respons kepraktisan rata-rata 88 persen, sedangkan Nugroho, Munzil, dan Hamimi (2021) menyatakan bahwa buku suplemen berbasis realitas tertambah layak digunakan sebagai bahan ajar sistem pernapasan di SMP. Capaian kepraktisan Respira berada pada kategori yang sama. Perbedaannya, Rosyid dan Setyasto (2024) juga mengukur hasil belajar dan melaporkan nilai N-gain sebesar 0,73, sedangkan penelitian ini belum mencakup pengukuran tersebut. Oleh karena itu, kesamaan tingkat kepraktisan belum dapat diartikan sebagai kesamaan efektivitas.

Dalam literatur internasional, penilaian positif terhadap media tiga dimensi juga tidak selalu diikuti oleh peningkatan hasil belajar yang setara. Niu et al. (2025) melaporkan bahwa integrasi model anatomi tiga dimensi meningkatkan kepuasan mahasiswa, tetapi tidak menghasilkan perbedaan signifikan pada nilai ujian tengah semester dan ujian akhir. Moro et al. (2017) juga tidak menemukan perbedaan hasil tes yang signifikan antara mode realitas virtual, realitas tertambah, dan aplikasi tablet. Sebaliknya, Yammine dan Violato (2015) serta Triepels et al. (2020) menunjukkan keunggulan visualisasi tiga dimensi dibandingkan metode lain pada sebagian besar studi yang dikaji. Variasi temuan tersebut menunjukkan bahwa respons positif terhadap fitur visual, seperti yang diperoleh Respira, merupakan prasyarat penggunaan media, tetapi efektivitasnya tetap perlu dibuktikan melalui pengujian hasil belajar.

Dalam konteks website Respira, respons paling tinggi pada fitur zoom menunjukkan bahwa keleluasaan mengamati objek secara terperinci merupakan bagian yang penting bagi pengalaman pengguna. Kemampuan memutar model juga memperoleh respons positif, meskipun nilainya berada di bawah fitur pembesaran.

Temuan tersebut memberikan pertimbangan bagi pengembangan selanjutnya untuk mempertahankan fungsi manipulasi objek tiga dimensi dan memastikan bahwa video yang disajikan memiliki keterkaitan yang jelas dengan materi serta model yang sedang dipelajari.

Dari perspektif pembelajaran multimedia, penyajian informasi melalui kata dan gambar dapat dirancang agar keduanya saling melengkapi. Mayer (2021) menjelaskan prinsip-prinsip desain multimedia berdasarkan kajian eksperimental mengenai pembelajaran yang melibatkan unsur verbal dan visual. Dalam website Respira, penggunaan teks, video, dan objek tiga dimensi berpotensi memberikan representasi materi melalui beberapa bentuk penyajian. Akan tetapi, keberadaan berbagai unsur multimedia tidak secara otomatis menghasilkan pembelajaran yang lebih efektif. Manfaatnya tetap bergantung pada ketepatan informasi, susunan penyajian, dan hubungan antara setiap komponen media.

Pentingnya desain visual yang terarah juga dapat dipahami melalui temuan Vandenbossche et al. (2026). Penelitian tersebut tidak menemukan perbedaan signifikan dalam perolehan pengetahuan anatomi antara kelompok yang menggunakan model dengan geometri terperinci dan tekstur realistis dibandingkan kelompok yang menggunakan model dengan geometri serta shading sederhana. Hasil tersebut mengindikasikan bahwa kerumitan tampilan visual bukan satu-satunya faktor yang menentukan kualitas pembelajaran. Pengorganisasian informasi dan struktur eksplorasi justru perlu menjadi perhatian agar visualisasi benar-benar mendukung pemahaman materi.

Dukungan terhadap penggunaan representasi tiga dimensi juga ditemukan dalam kajian Salazar, Thompson, Rosen, dan Zuniga (2022). Melalui tinjauan sistematis dan meta-analisis, penelitian tersebut melaporkan bahwa model anatomi hasil cetak tiga dimensi dapat mendukung pemahaman terhadap struktur anatomi yang kompleks pada mahasiswa sarjana serta pendidikan kedokteran atau profesional. Meskipun demikian, karakteristik media yang dikaji berbeda dari website Respira. Penelitian tersebut membahas model fisik hasil cetak tiga dimensi, sedangkan Respira memanfaatkan objek tiga dimensi interaktif berbasis website dengan sasaran peserta didik SMP. Oleh karena itu, hasil kajian tersebut lebih tepat digunakan sebagai landasan konseptual mengenai potensi representasi tiga dimensi, bukan sebagai bukti langsung mengenai efektivitas produk yang dikembangkan dalam penelitian ini.

Dari sudut pandang teori, tingginya penilaian terhadap fitur pembesaran dan rotasi dapat dipahami melalui teori beban kognitif dan teori pembelajaran multimedia. Sweller, van Merriënboer, dan Paas (2019) menjelaskan bahwa rancangan pembelajaran perlu menekan beban kognitif ekstrinsik agar kapasitas memori kerja dapat digunakan untuk memproses materi. Dalam konteks ini, kemampuan memanipulasi model dapat ditafsirkan sebagai cara mengurangi kebutuhan peserta didik untuk merotasi objek secara mental. Mayer (2024) menegaskan bahwa pembelajaran bermakna menuntut peserta didik memilih, mengorganisasi, dan mengintegrasikan informasi verbal dan visual. Rendahnya penilaian pada P13 mengindikasikan bahwa integrasi antara penjelasan verbal dan model visual pada Respira masih perlu diperkuat. Ainsworth (2006) menjelaskan bahwa representasi ganda hanya bermanfaat apabila peserta didik mampu menghubungkan representasi tersebut, sedangkan tanpa dukungan yang memadai representasi ganda justru dapat menambah tuntutan belajar. Selain itu, Höffler (2010) menunjukkan bahwa kemampuan spasial memengaruhi manfaat visualisasi, sehingga variasi penilaian antarpeserta didik dapat berkaitan dengan perbedaan kemampuan tersebut. Konsep agensi dalam Cognitive Affective Model of Immersive Learning (Makransky & Petersen, 2021) juga relevan karena kebebasan pengguna mengendalikan objek tiga dimensi dapat memengaruhi faktor afektif dan kognitif dalam belajar, meskipun model tersebut dirumuskan untuk realitas virtual imersif. Karena penelitian ini tidak mengukur beban kognitif, kemampuan spasial, maupun agensi, penjelasan tersebut bersifat interpretatif dan perlu diuji pada penelitian lanjutan.

Apabila dibandingkan dengan penilaian terhadap fitur visual, aspek materi dan informasi memperoleh persentase yang relatif lebih rendah, yaitu 82,81 persen. Nilai tersebut tetap termasuk kategori Sangat Layak, sehingga tidak menunjukkan bahwa materi yang disajikan tidak memenuhi kriteria kelayakan. Namun, perbedaan capaian antaraspek mengindikasikan bahwa peserta didik memberikan apresiasi lebih tinggi terhadap tampilan visual dan kemudahan navigasi dibandingkan penyajian materi.

Hasil ini dapat menjadi dasar untuk memperbaiki hubungan antara visualisasi dan penjelasan tertulis. Materi dapat disusun dengan mengikuti urutan jalannya udara, disertai keterangan yang menjelaskan hubungan antara struktur dan fungsi setiap organ. Informasi mengenai gangguan pada sistem pernapasan juga dapat dihubungkan dengan bagian organ yang relevan. Pengembangan tersebut perlu memperhatikan ketepatan konsep agar penyederhanaan penyajian tidak mengurangi substansi ilmiah materi.

Perhatian khusus juga perlu diberikan terhadap P13 yang memperoleh nilai 77,34 persen dan termasuk kategori Layak. Butir tersebut mengukur kemudahan peserta didik dalam memahami bahasa serta penjelasan materi. Meskipun aspek manfaat dan daya tarik secara keseluruhan mencapai 83,85 persen, capaian P13

memperlihatkan bahwa ketertarikan terhadap media belum tentu diikuti oleh tingkat kemudahan pemahaman yang sama. Empat responden yang memilih Kurang Setuju pada pernyataan tersebut semakin memperkuat perlunya evaluasi terhadap penyajian bahasa.

Perbaikan pada bagian ini dapat diarahkan pada penyederhanaan kalimat, pemberian penjelasan terhadap istilah anatomi, pembagian uraian panjang menjadi beberapa bagian yang lebih singkat, serta penyelarasan istilah dalam teks dengan keterangan pada model tiga dimensi. Langkah tersebut perlu melibatkan penelaahan ahli materi agar bahasa yang digunakan lebih mudah dipahami tanpa mengubah ketepatan konsep IPA. Dengan demikian, penyempurnaan tidak hanya diarahkan pada tampilan media, tetapi juga pada kualitas komunikasi materi kepada peserta didik.

Aspek instrumen penelitian juga memberikan temuan yang perlu dipertimbangkan. Hasil pengujian menunjukkan bahwa P3 memiliki nilai korelasi Pearson butir-total sebesar 0,195, sehingga belum memenuhi batas r tabel sekitar 0,349. Meskipun secara deskriptif butir tersebut memperoleh persentase 82,03 persen, hubungan jawaban P3 dengan skor keseluruhan tergolong rendah. Jika penilaian menggunakan corrected item total correlation, P2 dan P12 juga perlu diperiksa karena masing-masing memperoleh nilai 0,321 dan 0,339, sedangkan P3 memperoleh 0,044.

Perbedaan antara persentase dan korelasi tersebut menunjukkan pentingnya membedakan tingkat persetujuan responden dari kualitas hubungan suatu butir dengan konstruk yang diukur oleh instrumen. Butir yang memperoleh persentase tinggi belum tentu memiliki daya pembeda atau konsistensi hubungan yang memadai terhadap skor total. Oleh sebab itu, evaluasi redaksi dan cakupan makna pernyataan perlu dilakukan sebelum instrumen digunakan kembali. Khusus pada P3, kejelasan mengenai aspek akses website yang dimaksud perlu ditingkatkan agar responden memberikan penilaian berdasarkan indikator yang sama.

Sejumlah keterbatasan perlu diperhitungkan ketika menafsirkan hasil penelitian ini. Pertama, jumlah responden hanya mencakup 32 peserta didik dari satu kelas, yaitu kelas VIII.5 SMP Negeri 12 Padang. Dengan cakupan tersebut, temuan belum dapat digeneralisasikan untuk seluruh peserta didik kelas VIII maupun sekolah dengan karakteristik yang berbeda. Kedua, instrumen penelitian berfokus pada persepsi dan tanggapan pengguna terhadap media. Penelitian ini belum menyajikan pengukuran kemampuan kognitif secara langsung, sehingga penilaian kepraktisan tidak dapat diperlakukan sebagai bukti peningkatan hasil belajar.

Ketiga, tidak terdapat data pretest dan posttest maupun kelompok pembanding yang memungkinkan peneliti mengidentifikasi perubahan kemampuan setelah penggunaan media. Keempat, hasil pengujian validitas butir menunjukkan bahwa beberapa pernyataan masih perlu ditinjau, terutama P3 berdasarkan korelasi Pearson butir-total. Apabila menggunakan corrected item total correlation, P2 dan P12 juga perlu diperiksa. Kelima, penyebaran produk masih terbatas akibat kendala waktu dan biaya penelitian. Kondisi tersebut membuat penerapan website secara luas dan pengamatan terhadap penggunaannya dalam berbagai lingkungan sekolah belum dapat dilakukan. Keenam, penilaian kepraktisan bersifat laporan diri sehingga berpotensi dipengaruhi efek kebaruan dan kecenderungan responden memberikan penilaian positif. Kondisi ini membatasi validitas internal temuan kepraktisan.

Di luar keterbatasan cakupan penelitian, penggunaan Sketchfab juga berkaitan dengan sejumlah kendala teknis dan infrastruktur. Khomenko, Matviienko, Kashuba, dan Saliuk (2025) menjelaskan bahwa akses terhadap model tiga dimensi melalui Sketchfab memerlukan koneksi internet. Ketergantungan tersebut dapat menjadi hambatan bagi peserta didik yang berada di wilayah dengan jaringan terbatas atau memiliki keterbatasan kuota data. Selain itu, model tiga dimensi hanya dapat diakses melalui peramban yang mendukung WebGL, seperti Chrome, Firefox, dan Edge. Perangkat dengan spesifikasi rendah maupun peramban versi lama berpotensi mengalami kendala ketika menampilkan objek tiga dimensi.

Keberlanjutan penggunaan model dari platform eksternal juga perlu diperhatikan. Ketergantungan terhadap Sketchfab membuat akses media berkaitan dengan ketersediaan layanan dan kebijakan platform tersebut. Sejak diakuisisi oleh Epic Games pada tahun 2021, Sketchfab menjalani proses integrasi ke dalam marketplace terpadu bernama Fab. Perubahan kebijakan dan lisensi model gratis yang berlangsung sepanjang 2024 sampai 2026 berpotensi memengaruhi aksesibilitas maupun keberlanjutan aset tiga dimensi yang digunakan. Oleh karena itu, pengelolaan aset dan pemeriksaan terhadap ketentuan lisensi menjadi bagian penting dalam pemeliharaan media. Naskah sumber juga mengusulkan pengarsipan salinan lokal model yang digunakan sebagai langkah mitigasi terhadap risiko perubahan akses platform.

Berdasarkan berbagai temuan dan keterbatasan tersebut, penelitian lanjutan perlu diarahkan pada pengujian dengan cakupan responden yang lebih luas dan karakteristik sekolah yang beragam. Instrumen penilaian juga perlu diperbaiki, khususnya pada butir yang belum memenuhi kriteria validitas. Selain itu, pengujian

aksesibilitas dan kompatibilitas perangkat perlu dilakukan untuk mengetahui sejauh mana website dapat digunakan dalam kondisi infrastruktur yang berbeda.

Apabila penelitian berikutnya diarahkan untuk mengukur efektivitas pembelajaran, diperlukan rancangan yang melibatkan pengukuran hasil belajar, misalnya melalui pretest dan posttest, serta kelompok pembanding yang sesuai. Kebutuhan tersebut sejalan dengan penelitian Ajijatitesih, Sari, dan Rahmawati (2026) pada materi sistem pernapasan di jenjang sekolah dasar. Penelitian tersebut menggunakan pendekatan eksperimental dan melaporkan peningkatan rata-rata nilai hasil belajar sebesar 27,67 poin, dengan nilai Z sebesar negatif 4,350 dan Asymp Sig sebesar 0,000 atau p kurang dari 0,05. Temuan tersebut dapat menjadi pembanding mengenai pentingnya pengujian hasil belajar secara langsung, meskipun perbedaan jenjang pendidikan dan karakteristik penelitian tetap perlu diperhatikan.

Simpulan

Penelitian ini menghasilkan media pembelajaran Respira berbasis website yang mengintegrasikan model tiga dimensi interaktif dari Sketchfab untuk mendukung pembelajaran materi sistem pernapasan manusia pada siswa kelas VIII SMP. Pengembangan produk dilaksanakan menggunakan model 4D yang meliputi tahap Define, Design, Develop, dan Disseminate. Setiap tahap diarahkan untuk menghasilkan media yang sesuai dengan kebutuhan pembelajaran, baik dari segi substansi materi maupun penyajian teknologi. Produk yang dikembangkan memadukan uraian materi, visualisasi organ pernapasan dalam bentuk tiga dimensi, serta fitur interaksi yang memungkinkan pengguna mengamati objek dari berbagai sudut pandang dan mengakses informasi pada bagian organ tertentu. Produk dinyatakan sangat valid oleh ahli materi dan ahli media serta memperoleh kategori Sangat Layak pada uji kepraktisan oleh guru dan peserta didik. Dengan demikian, tujuan penelitian untuk menghasilkan media berbasis website dengan model tiga dimensi interaktif yang valid dan praktis telah tercapai dalam lingkup uji coba terbatas. Fitur manipulasi model tiga dimensi memperoleh respons paling positif, sedangkan kejelasan bahasa dan penjelasan materi memperoleh respons terendah. Temuan ini mengimplikasikan bahwa nilai media tiga dimensi bagi peserta didik terletak pada kesempatan mengeksplorasi struktur organ secara spasial, tetapi manfaat tersebut bergantung pada keterpaduan antara model visual dan penjelasan verbal. Secara teoretis, temuan ini sejalan dengan pandangan teori pembelajaran multimedia dan teori beban kognitif bahwa interaktivitas visual perlu disertai penjelasan verbal yang terintegrasi. Secara praktis, penelitian ini menunjukkan bahwa model tiga dimensi dari repositori terbuka dapat disematkan ke dalam website pembelajaran yang diakses tanpa pemasangan aplikasi, sehingga dapat menjadi alternatif bagi guru IPA yang memiliki keterbatasan sumber daya pengembangan media. Kontribusi tersebut masih bersifat formatif karena didasarkan pada validasi ahli dan persepsi pengguna, bukan pada pengukuran pemahaman konsep. Secara keseluruhan, hasil penelitian menunjukkan bahwa Respira memiliki kelayakan dari aspek materi dan media serta memperoleh respons kepraktisan yang positif dari pengguna dalam lingkup pengujian yang dilakukan. Namun, temuan tersebut perlu dipahami sesuai dengan ruang lingkup penelitian. Pengujian yang dilaksanakan berfokus pada validitas dan kepraktisan produk, bukan pada pengukuran efektivitas pembelajaran. Penelitian ini tidak melibatkan pengukuran kemampuan awal dan akhir siswa melalui pretest dan posttest, maupun kelompok pembanding. Oleh sebab itu, belum dapat ditarik kesimpulan mengenai peningkatan hasil belajar kognitif siswa setelah menggunakan media Respira. Selain itu, pengujian masih terbatas pada 32 siswa dalam satu kelas di satu sekolah, sehingga hasilnya belum dapat digeneralisasikan secara luas. Ketergantungan pada koneksi internet, kompatibilitas peramban, serta dukungan teknologi untuk menjalankan model tiga dimensi juga menjadi aspek yang perlu diperhatikan dalam pemanfaatan produk. Penelitian selanjutnya disarankan untuk melibatkan peserta didik dari sekolah dengan karakteristik yang lebih beragam, menyempurnakan instrumen penilaian, serta menguji efektivitas media melalui desain penelitian yang melibatkan pengukuran pretest dan posttest maupun kelompok pembanding. Dengan pengembangan dan pengujian lanjutan tersebut, potensi Respira sebagai media pembelajaran digital dapat dikaji secara lebih menyeluruh, baik dari segi kelayakan penggunaan maupun kontribusinya terhadap pencapaian hasil belajar. Penelitian lanjutan juga disarankan menggunakan desain kuasi-eksperimen dengan kelompok pembanding yang menggunakan media konvensional, serta mengukur beban kognitif dan kemampuan spasial peserta didik untuk menguji penjelasan teoretis yang diajukan dalam penelitian ini.

Ucapan Terimakasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada dosen pembimbing yang telah meluangkan waktu tenaga dan pikiran untuk memberikan arahan serta masukan yang sangat berharga. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada seluruh Bapak dan Ibu Dosen Jurusan Teknologi Pendidikan Universitas Negeri Padang yang telah memberikan bekal ilmu pengetahuan selama penulis menempuh studi serta kepada guru dan peserta didik SMP Negeri 12 Padang yang telah berpartisipasi dalam penelitian ini.

Referensi

Ainsworth, S. (2006). DeFT: A conceptual framework for considering learning with multiple representations. *Learning and Instruction*, *16*(3), 183–198. https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2006.03.001

Ajijatitesih, G. S., Sari, G. A., & Rahmawati, I. D. (2026). Pengaruh penggunaan media Sketchfab terhadap hasil belajar sistem pernapasan kelas V SDN 2 Kapuan. *YASIN*, *6*(3), 3795–3809. https://doi.org/10.58578/yasin.v6i3.10596

Akçayır, M., & Akçayır, G. (2017). Advantages and challenges associated with augmented reality for education: A systematic review of the literature. *Educational Research Review*, *20*, 1–11. https://doi.org/10.1016/j.edurev.2016.11.002

Branch, R. M. (2009). *Instructional design: The ADDIE approach*. Springer. https://doi.org/10.1007/978-0-387-09506-6

Chang, H.-Y., Binali, T., Liang, J.-C., Chiou, G.-L., Cheng, K.-H., Lee, S. W.-Y., & Tsai, C.-C. (2022). Ten years of augmented reality in education: A meta-analysis of (quasi-) experimental studies to investigate the impact. *Computers & Education*, *191*, 104641. https://doi.org/10.1016/j.compedu.2022.104641

Garzón, J., & Acevedo, J. (2019). Meta-analysis of the impact of augmented reality on students' learning gains. *Educational Research Review*, *27*, 244–260. https://doi.org/10.1016/j.edurev.2019.04.001

Garzón, J., Pavón, J., & Baldiris, S. (2019). Systematic review and meta-analysis of augmented reality in educational settings. *Virtual Reality*, *23*(4), 447–459. https://doi.org/10.1007/s10055-019-00379-9

Hackett, M., & Proctor, M. (2016). Three-dimensional display technologies for anatomical education: A literature review. *Journal of Science Education and Technology*, *25*(4), 641–654. https://doi.org/10.1007/s10956-016-9619-3

Hamilton, D., McKechnie, J., Edgerton, E., & Wilson, C. (2021). Immersive virtual reality as a pedagogical tool in education: A systematic literature review of quantitative learning outcomes and experimental design. *Journal of Computers in Education*, *8*(1), 1–32. https://doi.org/10.1007/s40692-020-00169-2

Höffler, T. N. (2010). Spatial ability: Its influence on learning with visualizations—a meta-analytic review. *Educational Psychology Review*, *22*(3), 245–269. https://doi.org/10.1007/s10648-010-9126-7

Ibáñez, M.-B., & Delgado-Kloos, C. (2018). Augmented reality for STEM learning: A systematic review. *Computers & Education*, *123*, 109–123. https://doi.org/10.1016/j.compedu.2018.05.002

Iqbal, M. (2025). Perancangan media pembelajaran interaktif 3D "BodyLearn" untuk materi sistem pencernaan dan pernapasan SMP. *In Laboratory Journal*, *3*(2), 99–105. https://doi.org/10.24114/ilj.v3i2.69486

Ivanova, B., Shoilekova, K., Atanasova, D., & Rusev, R. (2024). Application of zSpace technology in the disciplines of the STEM cycle. *Strategies for Policy in Science and Education*, *32*(5s), 161–171. https://doi.org/10.53656/str2024-5s-16-app

Kasan, T. F., & Suratmi. (2025). Pengembangan media pembelajaran 3D augmented reality menggunakan platform Sketchfab dan Assemblr Edu materi pencernaan manusia. *Pedagogik*, *13*(1), 162–172. https://doi.org/10.33558/pedagogik.v13i1.10827

Khomenko, L., Matviienko, L., Kashuba, S., & Saliuk, B. (2025). The potential of Sketchfab in visualizing technical processes in the educational environment. *Environment. Technology. Resources. Proceedings of the International Scientific and Practical Conference*, *3*, 169–175. https://doi.org/10.17770/etr2025vol3.8517

Makransky, G., & Petersen, G. B. (2021). The cognitive affective model of immersive learning (CAMIL): A theoretical research-based model of learning in immersive virtual reality. *Educational Psychology Review*, *33*(3), 937–958. https://doi.org/10.1007/s10648-020-09586-2

Mayer, R. E. (2021). *Multimedia learning* (3rd ed.). Cambridge University Press. https://doi.org/10.1017/9781316941355

Mayer, R. E. (2024). The past, present, and future of the cognitive theory of multimedia learning. *Educational Psychology Review*, *36*(1), Article 8. https://doi.org/10.1007/s10648-023-09842-1

Moro, C., Štromberga, Z., Raikos, A., & Stirling, A. (2017). The effectiveness of virtual and augmented reality in health sciences and medical anatomy. *Anatomical Sciences Education*, *10*(6), 549–559. https://doi.org/10.1002/ase.1696

Nieveen, N. (1999). Prototyping to reach product quality. In J. van den Akker, R. M. Branch, K. Gustafson, N. Nieveen, & T. Plomp (Eds.), *Design approaches and tools in education and training* (pp. 125–135). Springer. https://doi.org/10.1007/978-94-011-4255-7_10

Niu, S., Zhang, J., Lin, J., Wang, B., & Yan, J. (2025). Enhancing anatomy education with virtual reality: Integrating three-dimensional models for improved learning efficiency and student satisfaction. *Frontiers in Medicine*, *12*, 1555053. https://doi.org/10.3389/fmed.2025.1555053

Nugroho, A. S., Munzil, & Hamimi, E. (2021). Development of supplementary books for human respiratory system based augmented reality technology. *AIP Conference Proceedings*, *2330*, 060001. https://doi.org/10.1063/5.0043269

Peterson, D. C., & Mlynarczyk, G. S. A. (2016). Analysis of traditional versus three-dimensional augmented curriculum on anatomical learning outcome measures. *Anatomical Sciences Education*, *9*(6), 529–536. https://doi.org/10.1002/ase.1612

Radianti, J., Majchrzak, T. A., Fromm, J., & Wohlgenannt, I. (2020). A systematic review of immersive virtual reality applications for higher education: Design elements, lessons learned, and research agenda. *Computers & Education*, *147*, 103778. https://doi.org/10.1016/j.compedu.2019.103778

Rooshadiya, F. N., Widiyatmoko, A., & Ellianawati. (2025). Innovating 3D learning media through experiential learning: A strategy to improve students' motivation and critical thinking in science learning. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, *11*(7), 230–237. https://doi.org/10.29303/jppipa.v11i7.11335

Rosyid, Y. R. R., & Setyasto, N. (2024). Development of Android-based augmented reality learning media on the human respiratory system to improve student learning outcomes. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, *10*(5), 2503–2510. https://doi.org/10.29303/jppipa.v10i5.7024

Salazar, D., Thompson, M., Rosen, A., & Zuniga, J. (2022). Using 3D printing to improve student education of complex anatomy: A systematic review and meta-analysis. *Medical Science Educator*, *32*(5), 1209–1218. https://doi.org/10.1007/s40670-022-01595-w

Sweller, J. (1988). Cognitive load during problem solving: Effects on learning. *Cognitive Science*, *12*(2), 257–285. https://doi.org/10.1207/s15516709cog1202_4

Sweller, J. (2020). Cognitive load theory and educational technology. *Educational Technology Research and Development*, *68*(1), 1–16. https://doi.org/10.1007/s11423-019-09701-3

Sweller, J., van Merriënboer, J. J. G., & Paas, F. (2019). Cognitive architecture and instructional design: 20 years later. *Educational Psychology Review*, *31*(2), 261–292. https://doi.org/10.1007/s10648-019-09465-5

Taber, K. S. (2018). The use of Cronbach's alpha when developing and reporting research instruments in science education. *Research in Science Education*, *48*(6), 1273–1296. https://doi.org/10.1007/s11165-016-9602-2

Thiagarajan, S., Semmel, D. S., & Semmel, M. I. (1974). *Instructional development for training teachers of exceptional children: A sourcebook*. Center for Innovation in Teaching the Handicapped.

Treagust, D. F., & Tsui, C.-Y. (Eds.). (2013). *Multiple representations in biological education*. Springer. https://doi.org/10.1007/978-94-007-4192-8

Triepels, C. P. R., Smeets, C. F. A., Notten, K. J. B., Kruitwagen, R. F. P. M., Futterer, J. J., Vergeldt, T. F. M., & Van Kuijk, S. M. J. (2020). Does three-dimensional anatomy improve student understanding? *Clinical Anatomy*, *33*(1), 25–33. https://doi.org/10.1002/ca.23405

Vandenbossche, V., Valcke, M., Maldoy, M., Uyttebroek, L., Willaert, W., & Audenaert, E. (2026). Realism redefined: Is realism in virtual 3D visualizations overrated in anatomy learning? *Anatomical Sciences Education*, *19*(8), 1227–1237. https://doi.org/10.1002/ase.70244

Wu, B., Yu, X., & Gu, X. (2020). Effectiveness of immersive virtual reality using head-mounted displays on learning performance: A meta-analysis. *British Journal of Educational Technology*, *51*(6), 1991–2005. https://doi.org/10.1111/bjet.13023

Yammine, K., & Violato, C. (2015). A meta-analysis of the educational effectiveness of three-dimensional visualization technologies in teaching anatomy. *Anatomical Sciences Education*, *8*(6), 525–538. https://doi.org/10.1002/ase.1510

Yuniati, R., Nulhakim, L., & Biru, L. T. (2024). Pengembangan media pembelajaran e-komik pendekatan saintifik berbasis berpikir kritis siswa materi sistem pernapasan manusia kelas VIII SMP. *Jurnal Pendidikan MIPA*, *14*(4), 1031–1041.