

BAB II

KAJIAN PUSTAKA

A. Penelitian Pengembangan

Jenis penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah Penelitian dan Pengembangan atau *Research and Development* (R&D). Penelitian pengembangan merupakan metode yang digunakan untuk menghasilkan suatu produk tertentu sekaligus menguji kelayakan produk tersebut. Produk yang dihasilkan dalam bidang pendidikan dapat beraneka ragam, seperti media pembelajaran, bahan ajar, modul, alat praktikum, hingga sistem berbasis teknologi. Berbeda dengan penelitian deskriptif yang bertujuan memaparkan suatu keadaan, atau penelitian eksperimen yang menguji pengaruh suatu perlakuan, penelitian pengembangan berfokus pada penciptaan produk untuk membantu memecahkan permasalahan praktis.

Menurut *Borg dan Gall*, penelitian dan pengembangan adalah suatu proses sistematis yang digunakan untuk mengembangkan dan memvalidasi produk pendidikan. Produk tersebut tidak dibuat secara instan, melainkan harus melalui serangkaian tahapan yang terstruktur, mulai dari pengumpulan informasi, perencanaan, pengembangan produk awal, uji coba, revisi, hingga penyempurnaan akhir. Pendekatan ini menekankan pentingnya proses pengembangan itu sendiri, sehingga produk yang dihasilkan benar-benar sesuai dengan kebutuhan pengguna dan dinyatakan layak guna¹.

Dalam konteks penelitian ini, permasalahan utama yang dikaji adalah perlunya ketersediaan media pembelajaran fisika yang mampu memfasilitasi pengguna dalam memahami

¹Agus Rustamana et al., “Penelitian Dan Pengembangan (Research & Development) Dalam Pendidikan,” *Jurnal Bima: Pusat Publikasi Ilmu Pendidikan Bahasa Dan Sastra* 2, no. 3 (June 27, 2024): 60–69, doi:10.61132/bima.v2i3.1014.

konsep pengukuran ketinggian air, cara kerja sensor, penetapan batas ukur, fungsi mikrokontroler, serta sistem monitoring secara lebih konkret dan interaktif.

Untuk menjawab permasalahan tersebut, produk yang dikembangkan dalam penelitian ini adalah media pembelajaran fisika berbasis simulasi Wokwi yang terintegrasi dengan website monitoring akuarium. Simulasi Wokwi bertugas untuk menampilkan sistem pemantauan ketinggian air secara virtual. Sementara itu, website monitoring berfungsi sebagai media pendukung yang menyajikan informasi tujuan pembelajaran, petunjuk penggunaan, tautan simulasi, dan tampilan antarmuka data ketinggian air. Kedua komponen ini terintegrasi dan saling mendukung agar media pembelajaran yang dihasilkan menjadi lebih sistematis, mudah dioperasikan, dan selaras dengan tujuan pembelajaran fisika.

B. Model Pengembangan 4D

Model pengembangan 4D merupakan model pengembangan yang dikemukakan oleh Thiagarajan, Semmel, dan Semmel. Model ini terdiri atas empat tahap utama, yaitu *Define*, *Design*, *Develop*, dan *Disseminate*. Model 4D pada awalnya dikembangkan sebagai model pengembangan perangkat pembelajaran. Namun, dalam perkembangannya, model ini banyak digunakan dalam penelitian pengembangan media pembelajaran karena memiliki tahapan yang sistematis, jelas, dan sesuai untuk menghasilkan produk pendidikan.

Menurut Thiagarajan, Semmel, dan Semmel, tahap pertama dalam model 4D adalah *Define* atau pendefinisian. Tahap ini bertujuan untuk menetapkan dan mendefinisikan kebutuhan dalam proses pengembangan. Pada tahap ini dilakukan beberapa kegiatan, yaitu analisis awal-akhir, analisis pengguna, analisis tugas, analisis konsep, dan perumusan tujuan pembelajaran.

Analisis awal-akhir dilakukan untuk mengetahui permasalahan dasar yang menjadi alasan perlunya pengembangan media. Analisis pengguna dilakukan untuk mengetahui karakteristik

pengguna media. Analisis tugas dilakukan untuk menentukan kegiatan atau kemampuan yang harus dilakukan pengguna. Analisis konsep dilakukan untuk menentukan konsep-konsep utama yang akan dimasukkan ke dalam media. Selanjutnya, perumusan tujuan dilakukan untuk menentukan tujuan yang ingin dicapai melalui media yang dikembangkan.

Dalam penelitian ini, tahap *Define* dilakukan untuk menganalisis kebutuhan media fisika yang berfokus pada pemantauan ketinggian air akuarium. Pada tahap ini, peneliti mengidentifikasi permasalahan bahwa pengguna memerlukan media yang dapat membantu memahami konsep pengukuran ketinggian air, cara kerja sensor, batas kategori air, dan sistem monitoring secara sederhana. Selain itu, tahap ini juga digunakan untuk menentukan konsep fisika yang akan dimasukkan ke dalam media, yaitu pengukuran ketinggian air, jarak sensor ke permukaan air, volume air, persentase isi akuarium, serta kategori air rendah, air normal, dan air tinggi².

Tahap kedua dalam model 4D adalah *Design* atau perancangan. Menurut Thiagarajan, Semmel, dan Semmel, tahap perancangan bertujuan untuk menyiapkan rancangan awal produk yang akan dikembangkan. Tahap ini meliputi penyusunan tes atau instrumen penilaian, pemilihan media, pemilihan format, dan penyusunan rancangan awal. Penyusunan instrumen dilakukan untuk mengetahui kelayakan produk yang dikembangkan. Pemilihan media dilakukan untuk menentukan bentuk media yang sesuai dengan tujuan pengembangan.

Pemilihan format dilakukan untuk menentukan bentuk tampilan, susunan isi, dan sistematika media. Rancangan awal disusun sebagai gambaran awal produk sebelum dikembangkan secara utuh.

²Awalia Aji Setiowati and Riki Perdana, *Pengembangan Media Pembelajaran Fisika Berbantuan 3D Application Scratch Pada Materi Gerak Parabola Untuk Meningkatkan Hasil Belajar Peserta Didik*, *Jurnal Pembelajaran IPA Dan Aplikasinya (QUANTUM)*, vol. 4, 2024.

Dalam penelitian ini, tahap *Design* dilakukan dengan menyusun rancangan media fisika berbasis simulasi Wokwi dan website monitoring akuarium. Pada tahap ini, peneliti merancang simulasi Wokwi, rancangan website monitoring, batas sensor, alur kerja sistem, kategori ketinggian air, serta instrumen penilaian.

Simulasi Wokwi dirancang untuk menampilkan sistem pemantauan ketinggian air menggunakan sensor virtual, mikrokontroler, dan indikator. Website monitoring dirancang untuk memuat informasi media, materi, petunjuk penggunaan, tautan simulasi, tampilan data ketinggian air, dan kuis. Instrumen penilaian disusun berupa angket validasi ahli media, angket validasi ahli praktisi, dan angket respons pengguna.

Tahap ketiga dalam model 4D adalah *Develop* atau pengembangan. Menurut Thiagarajan, Semmel, dan Semmel, tahap pengembangan bertujuan untuk menghasilkan produk yang telah direvisi berdasarkan masukan dari ahli dan hasil uji coba. Tahap ini meliputi penilaian ahli atau expert appraisal dan uji coba pengembangan atau developmental testing. Penilaian ahli dilakukan untuk mengetahui kelayakan produk dari sudut pandang validator. Saran dan masukan dari validator digunakan sebagai dasar untuk memperbaiki produk. Setelah itu, produk dapat diuji kepada pengguna untuk mengetahui respons terhadap media yang dikembangkan.

Dalam penelitian ini, tahap *Develop* dilakukan dengan membuat produk berupa simulasi Wokwi dan website monitoring akuarium sesuai rancangan yang telah disusun. Produk yang telah dibuat kemudian divalidasi oleh ahli media dan ahli praktisi. Ahli media memberikan penilaian terhadap tampilan, keterbacaan, navigasi, keterpaduan fitur, kemudahan penggunaan, dan kesesuaian media. Ahli praktisi memberikan penilaian terhadap kesesuaian fungsi media dengan

kebutuhan pemantauan ketinggian air akuarium. Saran dari validator digunakan untuk melakukan revisi agar media menjadi lebih layak, komunikatif, dan mudah digunakan.

Tahap keempat dalam model 4D adalah *Disseminate* atau penyebaran. Menurut Thiagarajan, Semmel, dan Semmel, tahap penyebaran bertujuan untuk menyebarluaskan produk yang telah dikembangkan agar dapat digunakan oleh pengguna.

Tahap ini meliputi uji validasi, pengemasan produk, serta penyebaran dan penggunaan produk. Dalam penelitian pengembangan, tahap penyebaran dapat dilakukan secara luas maupun terbatas, bergantung pada tujuan, waktu, dan ruang lingkup penelitian.

Dalam penelitian ini, tahap *Disseminate* dilakukan secara terbatas kepada pengguna yang telah ditentukan. Media yang telah direvisi berdasarkan masukan validator kemudian disebarluaskan kepada pengguna untuk memperoleh respons. Pengguna diminta mengakses website monitoring, mengamati simulasi Wokwi, memahami petunjuk penggunaan, dan memberikan penilaian melalui angket respons.

Penyebaran secara terbatas dipilih karena penelitian ini berfokus pada pengembangan dan kelayakan media, bukan pada produksi massal atau pengujian efektivitas dalam skala luas.

Model 4D dipilih dalam penelitian ini karena sesuai dengan tujuan penelitian, yaitu menghasilkan media fisika berbasis simulasi Wokwi dan website monitoring serta mengetahui kelayakannya. Model ini memiliki tahapan yang runtut, dimulai dari analisis kebutuhan, perancangan media, pengembangan produk, validasi ahli, revisi, hingga penyebaran kepada pengguna. Tahapan tersebut sesuai dengan karakteristik produk yang dikembangkan, karena

media berbasis simulasi dan website memerlukan perencanaan isi, rancangan tampilan, pengujian fungsi, penilaian ahli, serta respons pengguna sebelum dinyatakan layak digunakan³.

Selain itu, model 4D dipilih karena lebih sederhana dan sesuai dengan ruang lingkup penelitian ini. Penelitian ini tidak bertujuan untuk menguji efektivitas media secara luas, tetapi berfokus pada proses pengembangan dan kelayakan media. Oleh karena itu, model 4D dianggap tepat karena mampu mengarahkan proses pengembangan produk secara sistematis, mulai dari pendefinisian kebutuhan sampai penyebaran media secara terbatas.

Dengan menggunakan model 4D, media fisika berbasis simulasi Wokwi untuk memahami sistem monitoring ketinggian air akuarium diharapkan dapat dikembangkan secara terarah, layak, dan sesuai dengan kebutuhan pengguna⁴.

C. Media Pembelajaran Fisika

Media pembelajaran merupakan salah satu komponen penting dalam proses pembelajaran karena berfungsi sebagai perantara dalam menyampaikan pesan atau materi dari pendidik kepada peserta didik. Dalam pembelajaran fisika, media memiliki peran yang sangat penting karena banyak konsep fisika yang bersifat abstrak, membutuhkan visualisasi, serta memerlukan contoh penerapan dalam kehidupan sehari-hari. Oleh karena itu, penggunaan media pembelajaran dapat membantu peserta didik memahami konsep fisika secara lebih konkret, menarik, dan mudah dipahami.

Menurut Arsyad, media pembelajaran memiliki beberapa karakteristik, yaitu mampu memperjelas penyajian pesan, mengatasi keterbatasan ruang dan waktu, meningkatkan perhatian

³Yessy Umi Salma and Riki Perdana, "Pengembangan Media Pembelajaran Fisika Berbantuan Scratch Pada Topik Konversi Suhu Untuk Meningkatkan Hasil Belajar Siswa," *JURNAL Pendidikan Dan Ilmu Fisika* 4, no. 2 (December 31, 2024): 97–110, doi:10.52434/jpif.v4i2.3439.

⁴Sivasailam Thiagarajan, Dorothy S. Semmel, dan Melvyn I. Semmel, *Instructional Development for Training Teachers of Exceptional Children: A Sourcebook* (Bloomington: Indiana University, 1974), 5–9.

peserta didik, serta memberikan pengalaman belajar yang lebih bermakna. Media pembelajaran yang baik tidak hanya menampilkan informasi, tetapi juga harus sesuai dengan tujuan pembelajaran, mudah digunakan, menarik, komunikatif, dan mampu membantu peserta didik memahami materi. Dengan demikian, media pembelajaran harus dirancang sesuai dengan kebutuhan pengguna dan karakteristik materi yang disampaikan⁵.

Heinich menjelaskan bahwa media pembelajaran berfungsi sebagai alat penyalur informasi yang dapat membantu proses komunikasi dalam pembelajaran. Media dapat digunakan untuk menyampaikan pesan pembelajaran, memperjelas materi, menarik perhatian peserta didik, dan membantu peserta didik memperoleh pengalaman belajar. Dalam hal ini, media tidak hanya berperan sebagai alat bantu, tetapi juga sebagai bagian dari sistem pembelajaran yang dapat mendukung tercapainya tujuan pembelajaran⁶.

Selain itu, Dale melalui teori *Cone of Experience* atau kerucut pengalaman menjelaskan bahwa pengalaman belajar peserta didik dapat diperoleh melalui berbagai tingkatan, mulai dari pengalaman langsung, pengalaman tiruan, demonstrasi, gambar, simbol visual, hingga simbol verbal. Semakin konkret pengalaman belajar yang diberikan, maka semakin mudah peserta didik memahami materi.

Berdasarkan teori tersebut, penggunaan media berbasis simulasi dapat memberikan pengalaman belajar yang lebih konkret dibandingkan hanya membaca teks atau mendengarkan penjelasan. Simulasi memungkinkan peserta didik mengamati proses kerja suatu sistem secara visual, sehingga konsep yang dipelajari menjadi lebih mudah dipahami⁷.

⁵Azhar Arsyad, *Media Pembelajaran* (Jakarta: Rajawali Pers, 2019), 15–17.

⁶Robert Heinich, Michael Molenda, James D. Russell, dan Sharon E. Smaldino, *Instructional Media and Technologies for Learning* (New Jersey: Prentice Hall, 2002), 9–10.

⁷Edgar Dale, *Audio-Visual Methods in Teaching* (New York: Dryden Press, 1969), 107–128.

Dalam pembelajaran fisika, media pembelajaran dapat berupa gambar, alat praktikum, video, animasi, simulasi, website, atau aplikasi digital. Media tersebut dapat digunakan untuk membantu menjelaskan konsep-konsep fisika seperti pengukuran, jarak, ketinggian, volume, sensor, mikrokontroler, dan sistem monitoring. Konsep-konsep tersebut akan lebih mudah dipahami apabila ditampilkan melalui media yang interaktif dan kontekstual. Hal ini karena peserta didik tidak hanya menerima penjelasan secara verbal, tetapi juga dapat melihat hubungan antara konsep fisika dan penerapannya dalam teknologi sederhana.

Dalam penelitian ini, media pembelajaran fisika diwujudkan dalam bentuk simulasi Wokwi dan website monitoring akuarium. Simulasi Wokwi digunakan untuk menampilkan cara kerja sistem pemantauan ketinggian air akuarium secara virtual. Melalui simulasi tersebut, pengguna dapat mengamati bagaimana sensor membaca jarak permukaan air, bagaimana mikrokontroler memproses data, serta bagaimana indikator seperti LED, buzzer, atau pompa menampilkan kondisi air. Sementara itu, website monitoring digunakan untuk menyajikan informasi, materi, petunjuk penggunaan, tautan simulasi, tampilan data ketinggian air, dan kuis⁸.

Media fisika berbasis simulasi Wokwi dan website monitoring ini sesuai dengan karakteristik media pembelajaran karena dapat memperjelas konsep, menarik perhatian pengguna, mudah diakses, dan memberikan pengalaman belajar yang lebih interaktif. Media ini juga sesuai dengan fungsi media pembelajaran menurut Heinich karena digunakan sebagai sarana penyampai informasi dan alat bantu untuk memahami materi. Selain itu, media ini sejalan dengan teori Dale karena memberikan pengalaman belajar melalui simulasi visual, sehingga pengguna dapat

⁸Al Fiyatoen Sevtia, Muhammad Taufik, and Aris Doyan, "Pengembangan Media Pembelajaran Fisika Berbasis Google Sites Untuk Meningkatkan Kemampuan Penguasaan Konsep Dan Berpikir Kritis Peserta Didik SMA," *Jurnal Ilmiah Profesi Pendidikan* 7, no. 3 (July 19, 2022): 1167–73, doi:10.29303/jipp.v7i3.743.

memahami konsep pengukuran ketinggian air tidak hanya secara teori, tetapi juga melalui pengamatan terhadap proses kerja sistem monitoring⁹.

Dengan demikian, media pembelajaran fisika dalam penelitian ini tidak hanya berfungsi sebagai alat bantu penyampaian materi, tetapi juga sebagai sarana edukasi yang menghubungkan konsep fisika dengan penerapan teknologi. Melalui media ini, pengguna dapat memahami hubungan antara pengukuran ketinggian air, pembacaan sensor, pengolahan data oleh mikrokontroler, dan tampilan kondisi air dalam sistem monitoring akuarium.

D. Simulasi Wokwi

Wokwi Laboratorium virtual atau virtual laboratory merupakan media pembelajaran berbasis teknologi yang memungkinkan pengguna melakukan pengamatan, percobaan, dan eksplorasi konsep melalui lingkungan simulasi digital. Laboratorium virtual dapat digunakan sebagai alternatif ketika kegiatan praktikum secara langsung mengalami keterbatasan, seperti keterbatasan alat, biaya, waktu, ruang laboratorium, atau risiko kerusakan komponen.

Dalam pembelajaran fisika, laboratorium virtual membantu peserta didik memahami konsep yang memerlukan pengamatan proses, hubungan antarvariabel, serta perubahan kondisi suatu sistem.

Virtual laboratory tidak hanya menampilkan materi dalam bentuk teks, tetapi memberikan kesempatan kepada pengguna untuk berinteraksi dengan objek atau sistem yang disimulasikan. Melalui laboratorium virtual, peserta didik dapat mengamati cara kerja suatu alat, melakukan perubahan nilai, melihat respons sistem, dan menarik kesimpulan dari hasil pengamatan. Hal ini penting dalam pembelajaran fisika karena banyak konsep fisika yang tidak cukup dipahami

⁹Jovan Adiyatma and Tsania Nur Diyana, *Pengembangan Media Pembelajaran Fisika Berbasis Articulate Storyline Dengan Topik Gerak Lurus*, vol. 3, 2024.

melalui penjelasan verbal, tetapi membutuhkan visualisasi dan pengalaman belajar yang lebih konkret¹⁰.

Simulasi interaktif atau *interactive simulation* merupakan salah satu bentuk laboratorium virtual yang memungkinkan pengguna terlibat langsung dalam proses pembelajaran. Simulasi interaktif dapat menampilkan suatu fenomena atau sistem secara visual, kemudian memberikan respons berdasarkan tindakan atau input yang diberikan pengguna. Dalam konteks pembelajaran fisika, simulasi interaktif membantu pengguna memahami hubungan antara konsep, data, dan hasil pengamatan. Pengguna tidak hanya melihat hasil akhir, tetapi juga dapat memahami proses yang terjadi di dalam sistem.

Pembelajaran berbasis simulasi juga berkaitan dengan konsep *learning by doing*, yaitu belajar melalui kegiatan langsung. Melalui *learning by doing*, peserta didik memperoleh pemahaman bukan hanya dari membaca atau mendengarkan penjelasan, tetapi juga dari melakukan, mencoba, mengamati, dan mengevaluasi hasil¹¹.

Dalam pembelajaran fisika, pendekatan ini sesuai karena fisika berkaitan dengan proses pengukuran, percobaan, pengamatan, dan analisis data. Dengan melakukan simulasi, pengguna dapat belajar melalui pengalaman meskipun tidak menggunakan alat fisik secara langsung¹².

Selain itu, pembelajaran berbasis simulasi juga sejalan dengan teori *experiential learning*. Teori ini menekankan bahwa pengetahuan diperoleh melalui pengalaman. Proses belajar terjadi ketika seseorang mengalami suatu kegiatan, mengamati hasilnya, memahami maknanya, kemudian menerapkan kembali konsep tersebut dalam situasi lain. Dalam penelitian ini,

¹⁰Tatli, Z., & Ayas, A., "Virtual Laboratory Applications in Chemistry Education," *Procedia Social and Behavioral Sciences* 9 (2010): 938–942.

¹¹Ton de Jong dan Wouter R. van Joolingen, "Scientific Discovery Learning with Computer Simulations of Conceptual Domains," *Review of Educational Research* 68, no. 2 (1998): 179–201.

¹²Syaiful Sagala, *Konsep dan Makna Pembelajaran* (Bandung: Alfabeta, 2013), 87.

pengalaman belajar diperoleh ketika pengguna mengamati perubahan ketinggian air, memahami pembacaan sensor, melihat pengolahan data oleh mikrokontroler, dan mengetahui respons indikator terhadap kondisi air rendah, normal, atau tinggi.

Berdasarkan uraian tersebut, simulasi dapat digunakan sebagai media pembelajaran fisika karena mampu memberikan pengalaman belajar yang lebih konkret, interaktif, dan kontekstual. Simulasi membantu pengguna memahami konsep fisika yang berhubungan dengan pengukuran, sensor, mikrokontroler, dan sistem monitoring.

Melalui simulasi, pengguna dapat melihat hubungan antara data sensor sebagai input, mikrokontroler sebagai proses, dan indikator sebagai output. Hubungan tersebut akan lebih mudah dipahami apabila ditampilkan secara visual dan interaktif.

Dalam penelitian ini, platform yang digunakan untuk membuat simulasi adalah Wokwi. Wokwi merupakan platform simulasi elektronika berbasis daring yang dapat digunakan untuk merancang dan menjalankan rangkaian mikrokontroler secara virtual¹³.

Wokwi memungkinkan pengguna membuat rangkaian, memasukkan kode program, menjalankan simulasi, dan mengamati hasil kerja sistem tanpa harus menggunakan perangkat keras secara langsung. Dengan demikian, Wokwi dapat berfungsi sebagai laboratorium virtual dalam pembelajaran fisika berbasis teknologi.

Wokwi dipilih dalam penelitian ini karena sesuai dengan kebutuhan pengembangan media fisika yang berfokus pada sistem monitoring ketinggian air akuarium. Melalui Wokwi, sistem pemantauan ketinggian air dapat divisualisasikan secara virtual dengan melibatkan sensor, mikrokontroler, dan perangkat keluaran. Pengguna dapat melihat bagaimana sensor membaca

¹³David A. Kolb, *Experiential Learning: Experience as the Source of Learning and Development* (New Jersey: Prentice Hall, 1984), 21–38.

jarak permukaan air, bagaimana data diproses oleh mikrokontroler, serta bagaimana sistem menampilkan kondisi air melalui indikator.

Dalam penelitian ini, simulasi Wokwi digunakan untuk menampilkan sistem monitoring ketinggian air akuarium. Simulasi tersebut menggunakan sensor ultrasonik virtual sebagai komponen input, mikrokontroler ESP32 sebagai pengolah data, serta LED dan motor atau pompa virtual sebagai perangkat keluaran. Sensor ultrasonik berfungsi membaca jarak antara sensor dengan permukaan air. Data jarak tersebut kemudian diolah oleh mikrokontroler untuk menentukan tinggi air, persentase isi akuarium, dan kategori kondisi air.

Kategori kondisi air dalam simulasi dibagi menjadi tiga, yaitu air rendah, air normal, dan air tinggi. Ketika air berada pada kategori rendah, sistem menampilkan indikator bahwa air perlu ditambah. Ketika air berada pada kategori normal, sistem menunjukkan bahwa ketinggian air berada pada batas aman. Ketika air berada pada kategori tinggi, sistem memberikan tanda bahwa air perlu diwaspadai agar tidak meluap. Dengan demikian, simulasi Wokwi tidak hanya menampilkan rangkaian elektronika, tetapi juga membantu pengguna memahami hubungan antara konsep fisika, data sensor, dan respons sistem.

Simulasi Wokwi dalam penelitian ini juga didukung oleh website monitoring akuarium. Website digunakan untuk menyajikan informasi, materi, petunjuk penggunaan, tautan simulasi, dan tampilan data ketinggian air. Integrasi antara Wokwi dan website membuat media lebih terarah karena pengguna tidak hanya menjalankan simulasi, tetapi juga memahami konsep dasar yang mendasari sistem monitoring. Dengan adanya website dan simulasi Wokwi, pengguna dapat memperoleh pengalaman belajar yang lebih lengkap, mulai dari membaca konsep, memahami rumus, mengamati simulasi, hingga menilai kondisi air.

Kelebihan penggunaan Wokwi dalam penelitian ini adalah dapat digunakan sebagai media laboratorium virtual yang mudah diakses secara daring, tidak membutuhkan alat fisik, dapat digunakan untuk belajar secara mandiri, serta mampu memvisualisasikan cara kerja sistem monitoring.¹⁴

Namun, Wokwi juga memiliki keterbatasan karena data yang ditampilkan masih bersifat simulasi. Artinya, pembacaan sensor dalam Wokwi belum berasal dari kondisi air nyata pada akuarium fisik. Oleh karena itu, media ini digunakan sebagai sarana edukasi untuk memberikan gambaran awal mengenai sistem monitoring ketinggian air, bukan sebagai alat monitoring akuarium nyata.

Dengan demikian, Wokwi dalam penelitian ini diposisikan sebagai media simulasi interaktif berbasis laboratorium virtual. Pengguna dapat belajar melalui pengamatan dan praktik virtual sehingga konsep fisika tentang pengukuran ketinggian air, sensor, mikrokontroler, dan sistem monitoring dapat dipahami secara lebih konkret. Penggunaan Wokwi juga mendukung pendekatan *learning by doing* karena pengguna dapat mengamati secara langsung hubungan antara perubahan data sensor dan respons sistem dalam simulasi.

E. *Web-Based Learning dan Web Learning Environment*

Web-based learning merupakan bentuk pembelajaran yang memanfaatkan teknologi website sebagai media untuk menyampaikan informasi, materi, aktivitas belajar, dan sumber belajar kepada pengguna. Pembelajaran berbasis web memungkinkan materi disajikan secara daring sehingga dapat diakses melalui perangkat digital seperti komputer, laptop, tablet, atau telepon pintar yang terhubung dengan internet.

¹⁴Edy Sabara, *DESAIN DAN IMPLEMENTASI MEDIA PEMBELAJARAN MIKROKONTROLER BERBASIS HYBRID LEARNING MENGGUNAKAN WOKWI SIMULATION*, vol. 19, n.d.

Dalam konteks pendidikan, *web-based learning* dapat digunakan untuk mendukung proses pembelajaran yang lebih fleksibel karena pengguna tidak terbatas pada ruang dan waktu tertentu.

Web-based learning tidak hanya berfungsi sebagai tempat menyimpan materi, tetapi juga sebagai sarana untuk mengatur alur pembelajaran. Melalui website, materi dapat disusun secara sistematis mulai dari pengenalan konsep, petunjuk penggunaan, latihan, simulasi, hingga evaluasi. Penyusunan informasi yang terstruktur dapat membantu pengguna memahami materi secara bertahap. Oleh karena itu, website dalam pembelajaran harus dirancang dengan memperhatikan kejelasan isi, kemudahan navigasi, keterbacaan teks, tampilan visual, serta kesesuaian dengan tujuan pembelajaran¹⁵.

Selain *web-based learning*, terdapat istilah *web learning environment* atau lingkungan belajar berbasis web. *Web learning environment* merupakan lingkungan belajar digital yang menyediakan berbagai komponen pembelajaran dalam satu sistem berbasis web.

Komponen tersebut dapat berupa materi, media visual, petunjuk kegiatan, simulasi, latihan, tautan sumber belajar, dan instrumen evaluasi. Lingkungan belajar berbasis web dirancang agar pengguna dapat berinteraksi dengan materi secara mandiri maupun terbimbing.

Web learning environment memiliki peran penting dalam membantu pengguna membangun pemahaman melalui pengalaman belajar yang lebih terarah. Lingkungan belajar berbasis web yang baik tidak hanya menampilkan informasi, tetapi juga menyediakan aktivitas yang memungkinkan pengguna mengamati, mencoba, menghitung, membandingkan, dan menyimpulkan suatu konsep.

¹⁵Fitria Herliana, Elisa, and Muhammad Syukri, "Use of Google Sites as A Web-Based Learning Media in Physics Learning for High School Teachers in Langsa City," *Sarwahita* 21, no. 02 (August 30, 2024): 192–201, doi:10.21009/sarwahita.212.7.

Dengan demikian, web learning environment dapat mendukung pembelajaran aktif karena pengguna tidak hanya membaca materi, tetapi juga terlibat dalam proses belajar.

Dalam pembelajaran fisika, *web-based learning* dan *web learning environment* dapat digunakan untuk membantu menjelaskan konsep yang membutuhkan visualisasi dan penerapan. Konsep fisika seperti pengukuran, ketinggian, volume, sensor, mikrokontroler, dan sistem monitoring akan lebih mudah dipahami apabila disajikan melalui lingkungan belajar yang memadukan materi, simulasi, dan latihan. Website dapat membantu pengguna memahami konsep dasar terlebih dahulu sebelum mengamati simulasi atau melakukan aktivitas perhitungan¹⁶.

Pembelajaran berbasis web juga sesuai dengan kebutuhan pembelajaran abad ke-21 yang menuntut pemanfaatan teknologi digital. Melalui website, pengguna dapat memperoleh informasi secara mandiri, mengakses media pembelajaran kapan saja, serta mengulang materi sesuai kebutuhan. Hal ini menjadikan *web-based learning* sebagai salah satu alternatif media pembelajaran yang fleksibel, komunikatif, dan mudah dikembangkan.

Dalam penelitian ini, teori *web-based learning* dan *web learning environment* digunakan sebagai dasar dalam pengembangan website pendukung media fisika berbasis simulasi Wokwi. Website tidak hanya diposisikan sebagai halaman informasi, tetapi sebagai lingkungan belajar yang memuat materi, petunjuk penggunaan, tautan simulasi, tampilan data, dan kuis. Dengan demikian, website berfungsi untuk mengarahkan pengguna agar dapat memahami konsep pengukuran ketinggian air akuarium sebelum dan sesudah mengamati simulasi Wokwi.

¹⁶Pengembangan Media et al., *Development Of Web Google Sites-Based Physics Learning Media Google Sites With A Multirepresentation Approach To Measure The Ability To Master Physics Concepts*, n.d., <http://journal.al-matani.com/index.php/jkip/index>.

Website dalam penelitian ini mendukung simulasi Wokwi karena membantu menghubungkan konsep fisika dengan aktivitas belajar berbasis simulasi. Pengguna dapat membaca materi mengenai ketinggian air, memahami rumus, melihat kategori kondisi air, menjalankan simulasi, dan memberikan respons terhadap media.

Oleh karena itu, web-based learning dalam penelitian ini berperan sebagai sarana untuk menyusun pengalaman belajar yang lebih sistematis, sedangkan Wokwi berperan sebagai simulasi interaktif untuk memvisualisasikan cara kerja sistem monitoring ketinggian air akuarium.

Dengan demikian, penggunaan website dalam penelitian ini didasarkan pada konsep *web-based learning* dan *web learning environment*. Website digunakan untuk menciptakan lingkungan belajar berbasis web yang mampu menyajikan materi, menghubungkan pengguna dengan simulasi, serta membantu pengguna memahami konsep fisika secara lebih terarah. Pemanfaatan website sebagai pendukung simulasi Wokwi diharapkan dapat membuat media pembelajaran lebih mudah diakses, komunikatif, interaktif, dan sesuai dengan kebutuhan pengguna.

F. Sensor Ketinggian Air

Sensor ketinggian air atau water level sensor merupakan komponen yang digunakan untuk mendeteksi tinggi permukaan air pada suatu wadah, tangki, kolam, maupun akuarium. Sensor ini berfungsi sebagai perangkat masukan atau input dalam sistem monitoring. Data yang diperoleh dari sensor kemudian dikirimkan ke mikrokontroler untuk diproses menjadi informasi tertentu, misalnya tinggi air, persentase isi air, atau status kondisi air. Dalam sistem monitoring, sensor ketinggian air memiliki peran penting karena menjadi sumber utama data yang menentukan respons sistem.

Secara umum, sensor ketinggian air dapat bekerja dengan beberapa prinsip, di antaranya prinsip resistif dan prinsip ultrasonik. Sensor level air dengan prinsip resistif bekerja berdasarkan

perubahan hambatan listrik akibat kontak antara air dan bagian konduktif sensor. Ketika permukaan air menyentuh bagian tertentu pada sensor, nilai hambatan atau tegangan yang terbaca akan berubah. Perubahan nilai tersebut kemudian digunakan untuk memperkirakan tinggi air. Sensor resistif biasanya memiliki jalur konduktor yang akan memberikan keluaran berbeda sesuai bagian sensor yang terkena air. Semakin banyak bagian sensor yang terkena air, semakin besar perubahan nilai yang terbaca¹⁷.

Sensor resistif memiliki kelebihan karena bentuknya sederhana, mudah digunakan, dan dapat membaca ketinggian air secara langsung melalui kontak dengan air. Namun, sensor ini juga memiliki keterbatasan karena harus bersentuhan langsung dengan air. Dalam penggunaan jangka panjang, bagian konduktif sensor dapat mengalami korosi atau gangguan pembacaan akibat kotoran, mineral, atau perubahan sifat air. Oleh karena itu, sensor resistif lebih sesuai digunakan untuk pengukuran sederhana yang tidak memerlukan jarak pembacaan tanpa kontak.

Selain prinsip resistif, pengukuran ketinggian air juga dapat dilakukan menggunakan sensor ultrasonik. Sensor ultrasonik bekerja berdasarkan pemancaran gelombang bunyi berfrekuensi tinggi. Sensor mengirimkan gelombang ultrasonik ke arah permukaan air, kemudian gelombang tersebut dipantulkan kembali ke sensor. Waktu yang dibutuhkan gelombang untuk pergi menuju permukaan air dan kembali ke sensor digunakan untuk menghitung jarak antara sensor dan permukaan air. Dengan demikian, sensor ultrasonik tidak mengukur tinggi air secara langsung, tetapi mengukur jarak sensor terhadap permukaan air.

Prinsip kerja sensor ultrasonik menggunakan dua bagian utama, yaitu trigger dan echo. Trigger berfungsi mengirimkan sinyal untuk memancarkan gelombang ultrasonik, sedangkan

¹⁷Wahyu Eka Febri Anggara et al., *RANCANG BANGUN ALAT MONITOR KETINGGIAN AIR BERBASIS INTERNET OF THINGS (IoT) MENGGUNAKAN ESP32 DAN FRAMEWORK BLYNK*, *Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika*, vol. 7, 2023.

echo berfungsi menerima pantulan gelombang dari permukaan objek atau air. Semakin dekat permukaan air dengan sensor, semakin singkat waktu pantulan yang diterima. Sebaliknya, semakin jauh permukaan air dari sensor, semakin lama waktu pantulan yang diterima. Data waktu tersebut kemudian diolah oleh mikrokontroler menjadi nilai jarak.

Dalam konteks pengukuran ketinggian air akuarium, sensor ultrasonik biasanya diletakkan pada bagian atas akuarium. Oleh karena itu, nilai yang dibaca oleh sensor adalah jarak dari sensor ke permukaan air. Untuk mengetahui tinggi air sebenarnya, nilai jarak tersebut harus dikurangkan dari tinggi akuarium. Rumus yang digunakan adalah:

$$\text{Tinggi Air} = \text{Tinggi Akuarium} - \text{Jarak Sensor ke Permukaan Air}$$

Rumus tersebut menunjukkan bahwa hubungan antara jarak sensor dan tinggi air bersifat berlawanan. Jika jarak sensor ke permukaan air kecil, maka tinggi air di dalam akuarium besar. Sebaliknya, jika jarak sensor ke permukaan air besar, maka tinggi air di dalam akuarium kecil. Konsep ini sesuai dengan sistem yang digunakan dalam media penelitian ini, karena website monitoring menampilkan perhitungan tinggi air berdasarkan selisih antara tinggi akuarium dan jarak sensor ke permukaan air.

Dalam penelitian ini, jenis sensor yang digunakan adalah sensor ultrasonik virtual pada platform Wokwi. Sensor ultrasonik dipilih karena sesuai dengan konsep pengukuran jarak tanpa kontak langsung dengan air. Sensor ini digunakan untuk memberikan gambaran kepada pengguna mengenai cara kerja sistem monitoring ketinggian air akuarium. Pada simulasi Wokwi, sensor ultrasonik membaca jarak sensor ke permukaan air, kemudian data jarak tersebut diproses oleh mikrokontroler virtual untuk menentukan tinggi air, volume air, persentase isi air, dan status kondisi air.

Sensor ultrasonik pada simulasi Wokwi menggunakan pin TRIG dan ECHO. Pin TRIG berfungsi untuk mengirimkan sinyal ultrasonik, sedangkan pin ECHO berfungsi untuk membaca pantulan sinyal. Pada media yang dikembangkan, pin TRIG terhubung pada pin 26 dan pin ECHO terhubung pada pin 25. Data durasi pantulan kemudian diolah menjadi jarak sensor ke permukaan air. Setelah itu, mikrokontroler menghitung tinggi air berdasarkan tinggi akuarium yang telah ditentukan.

Media ini menggunakan ukuran akuarium dengan panjang 60 cm, lebar 30 cm, dan tinggi 40 cm. Dengan tinggi akuarium 40 cm, apabila sensor membaca jarak 10 cm dari sensor ke permukaan air, maka tinggi air yang diperoleh adalah:

$$\text{Tinggi Air} = 40 \text{ cm} - 10 \text{ cm} = 30 \text{ cm}$$

Hasil perhitungan tersebut kemudian digunakan untuk menentukan volume air, persentase isi akuarium, dan kategori kondisi air. Dalam simulasi, kategori kondisi air dibagi menjadi tiga, yaitu air rendah, air normal, dan air tinggi. Air rendah menunjukkan bahwa ketinggian air berada di bawah batas minimum. Air normal menunjukkan bahwa air berada pada batas aman. Air tinggi menunjukkan bahwa air berada di atas batas maksimum sehingga perlu diwaspadai agar tidak meluap.

Dengan demikian, sensor ketinggian air dalam penelitian ini dipahami sebagai komponen input yang berfungsi membaca kondisi permukaan air. Secara teori, sensor level air dapat bekerja menggunakan prinsip resistif maupun ultrasonik. Namun, media yang dikembangkan

menggunakan prinsip ultrasonik karena sensor membaca jarak tanpa kontak langsung dengan air. Penggunaan sensor ultrasonik virtual pada Wokwi membantu pengguna memahami hubungan antara jarak sensor, tinggi air, volume air, persentase isi, dan status kondisi air dalam sistem monitoring ketinggian air akuarium¹⁸.

G. Batas Sensor dan Fungsi Sistem

Batas sensor merupakan nilai acuan atau threshold yang digunakan dalam sistem monitoring untuk menentukan status suatu kondisi berdasarkan data hasil pembacaan sensor. Dalam sistem berbasis sensor, data yang diperoleh tidak hanya ditampilkan dalam bentuk angka, tetapi perlu diolah menjadi informasi yang lebih mudah dipahami oleh pengguna. Oleh karena itu, diperlukan batas nilai tertentu agar sistem dapat membedakan kondisi aman dan tidak aman. Dalam konteks media ini, batas sensor digunakan untuk menentukan kategori ketinggian air akuarium, yaitu air rendah, air normal, dan air tinggi.

Secara teknis, penggunaan batas sensor diperlukan karena sensor ultrasonik menghasilkan data berupa jarak antara sensor dan permukaan air. Data jarak tersebut kemudian dikonversi menjadi tinggi air menggunakan rumus:

$$\text{Tinggi Air} = \text{Tinggi Akuarium} - \text{Jarak Sensor ke Permukaan Air}$$

Setelah tinggi air diperoleh, sistem menghitung persentase ketinggian air terhadap tinggi maksimum akuarium. Persentase tersebut digunakan sebagai dasar untuk menentukan kategori kondisi air. Dengan demikian, batas sensor dalam media ini tidak hanya berfungsi sebagai angka pembandingan, tetapi juga sebagai dasar pengambilan keputusan sistem.

¹⁸Nazmi Inayah, Nazmi Inayah, and Agus Wagya, "IMPLEMENTASI SISTEM MONITORING KETINGGIAN AIR SUMUR BERBASIS INTERNET OF THINGS (IOT)," *Jurnal Informatika Dan Teknik Elektro Terapan* 12, no. 3S1 (October 12, 2024), doi:10.23960/jitet.v12i3s1.5375.

Penentuan kategori ketinggian air dalam media ini didasarkan pada hasil analisis kebutuhan pengembangan media, yaitu agar pengguna dapat memahami perbedaan kondisi air secara sederhana, jelas, dan mudah diamati melalui simulasi. Media ini tidak ditujukan sebagai standar baku ketinggian air akuarium nyata, melainkan sebagai media edukasi untuk memperkenalkan prinsip kerja sistem monitoring berbasis sensor. Oleh karena itu, batas kategori air dibuat dalam tiga kondisi utama agar pengguna dapat melihat hubungan antara nilai sensor, tinggi air, dan respons sistem. Ukuran akuarium yang digunakan dalam media adalah panjang 60 cm, lebar 30 cm, dan tinggi 40 cm. Berdasarkan tinggi maksimum akuarium 40 cm, batas kategori ditentukan menggunakan persentase ketinggian air sebagai berikut¹⁹.

1. Air rendah

Air rendah adalah kondisi ketika ketinggian air berada di bawah 35% dari tinggi maksimum akuarium. Pada media ini, tinggi maksimum akuarium adalah 40 cm, sehingga 35% dari 40 cm adalah 14 cm. Dengan demikian, air dikategorikan rendah apabila ketinggian air kurang dari 14 cm.

Kondisi air rendah menunjukkan bahwa air berada di bawah batas minimum yang ditentukan dalam simulasi. Pada kondisi ini, sistem memberikan informasi bahwa air perlu ditambah.

Dalam simulasi Wokwi, kondisi air rendah ditandai dengan indikator LED rendah dan motor atau pompa aktif sebagai tanda tindakan penambahan air.

2. Air normal

¹⁹Anita Fira Waluyo and Taufik Rizki Putra, "Peringatan Dini Banjir Berbasis Internet Of Things (IOT) Dan Telegram," *Infotek: Jurnal Informatika Dan Teknologi* 7, no. 1 (January 20, 2024): 142–50, doi:10.29408/jit.v7i1.24109.

Air normal adalah kondisi ketika ketinggian air berada pada rentang 35% sampai 85% dari tinggi maksimum akuarium. Dengan tinggi akuarium 40 cm, rentang 35% sampai 85% setara dengan 14 cm sampai 34 cm. Kondisi ini menunjukkan bahwa ketinggian air berada pada batas aman dalam rancangan simulasi.

Pada kondisi air normal, sistem menampilkan informasi bahwa air berada dalam keadaan aman. Dalam simulasi, indikator LED normal menyala, sedangkan motor atau pompa berada dalam keadaan mati. Kondisi ini menunjukkan bahwa tidak diperlukan tindakan penambahan atau pengurangan air.

3. Air tinggi

Air tinggi adalah kondisi ketika ketinggian air berada di atas 85% dari tinggi maksimum akuarium. Dengan tinggi akuarium 40 cm, 85% dari 40 cm adalah 34 cm. Dengan demikian, air dikategorikan tinggi apabila ketinggian air lebih dari 34 cm.

Kondisi air tinggi menunjukkan bahwa permukaan air berada mendekati batas maksimum akuarium. Pada kondisi ini, sistem memberikan peringatan bahwa air perlu diwaspadai agar tidak meluap.

Dalam simulasi Wokwi, kondisi air tinggi ditandai dengan indikator LED tinggi, sedangkan motor atau pompa dalam keadaan mati.

Berdasarkan batas tersebut, kategori ketinggian air pada media dapat diringkas sebagai berikut.

Tabel 2. 1 Kategori Air

Kategori Air	Persentase Ketinggian Air	Tinggi Air pada Akuarium 40 cm	Fungsi Sistem
Air rendah	< 35%	< 14 cm	Memberi peringatan bahwa air perlu ditambah
Air normal	35%–85%	14–34 cm	Memberi informasi bahwa air berada pada batas aman
Air tinggi	> 85%	> 34 cm	Memberi peringatan bahwa air perlu diwaspadai agar tidak meluap

Fungsi sistem dalam media ini adalah membaca data sensor, menghitung tinggi air, menghitung persentase ketinggian air, membandingkan hasil perhitungan dengan batas yang telah ditentukan, kemudian menampilkan status kondisi air. Apabila persentase ketinggian air berada di bawah 35%, maka sistem menampilkan status air rendah. Apabila persentase berada pada rentang 35% sampai 85%, maka sistem menampilkan status air normal. Apabila persentase berada di atas 85%, maka sistem menampilkan status air tinggi²⁰.

Dengan demikian, batas sensor dalam penelitian ini merupakan batas operasional yang disusun berdasarkan kebutuhan pengembangan media. Batas tersebut digunakan untuk mempermudah pengguna memahami cara kerja sistem monitoring ketinggian air akuarium. Melalui batas kategori air rendah, air normal, dan air tinggi, pengguna dapat memahami bahwa data sensor perlu diolah menjadi informasi yang bermakna agar dapat digunakan sebagai dasar pengambilan keputusan dalam sistem monitoring.

H. Ketinggian Air di Akuarium dalam Konsep Fisika

Ketinggian air di akuarium merupakan salah satu contoh penerapan konsep fisika yang berkaitan dengan besaran, satuan, pengukuran, dan volume fluida. Dalam fisika, besaran adalah sesuatu yang dapat diukur dan dinyatakan dengan angka serta satuan. Ketinggian air termasuk ke dalam besaran panjang karena menunjukkan ukuran tinggi permukaan air dari suatu titik acuan tertentu. Satuan yang digunakan untuk menyatakan ketinggian air dapat berupa meter (m), sentimeter (cm), atau milimeter (mm). Dalam konteks akuarium, satuan sentimeter lebih sering digunakan karena ukuran akuarium relatif kecil dan mudah diamati.

²⁰Arsyad Cahya Subrata et al., "Pond Water Quality Monitoring in Consumption Fish Farming Industry Based on Internet of Things," *Rekayasa* 17, no. 3 (December 29, 2024): 361–71, doi:10.21107/rekayasa.v17i3.25428.

Pengukuran merupakan proses membandingkan suatu besaran dengan satuan tertentu yang dijadikan acuan. Dalam pengukuran ketinggian air akuarium, titik acuan dapat ditentukan dari dasar akuarium sampai permukaan air. Nilai ketinggian air menunjukkan posisi permukaan air terhadap dasar akuarium. Semakin tinggi permukaan air dari dasar akuarium, semakin besar nilai ketinggian air yang diperoleh. Sebaliknya, semakin rendah permukaan air, semakin kecil nilai ketinggian air tersebut²¹.

Dalam sistem monitoring berbasis sensor ultrasonik, pengukuran ketinggian air tidak dilakukan secara langsung dari dasar akuarium, tetapi melalui pengukuran jarak antara sensor dan permukaan air. Sensor diletakkan pada bagian atas akuarium, kemudian membaca jarak sensor ke permukaan air. Hasil pembacaan jarak tersebut digunakan untuk menentukan ketinggian air dengan rumus:

$$\text{Tinggi Air} = \text{Tinggi Akuarium} - \text{Jarak Sensor ke Permukaan Air}$$

Rumus tersebut menunjukkan bahwa ketinggian air berhubungan terbalik dengan jarak sensor ke permukaan air. Apabila jarak sensor ke permukaan air semakin kecil, maka ketinggian air semakin besar. Sebaliknya, apabila jarak sensor ke permukaan air semakin besar, maka ketinggian air semakin kecil. Konsep ini penting dalam pembelajaran fisika karena menunjukkan bahwa hasil pengukuran dapat diolah menjadi informasi baru yang lebih bermakna.

Selain berkaitan dengan besaran panjang, ketinggian air juga berkaitan dengan konsep volume fluida. Fluida adalah zat yang dapat mengalir, misalnya zat cair dan gas. Air termasuk zat cair sehingga dapat dikategorikan sebagai fluida.

²¹Afiyah Rahdina and Mita Anggaryani, "Penerapan Media Quizizz Materi Fluida Statis Untuk Meningkatkan Hasil Belajar Fisika Kelas XI," *IPF: Inovasi Pendidikan Fisika* 11, no. 2 (July 2, 2022): 1–10, doi:10.26740/ipf.v11n2.p1-10.

Volume fluida menunjukkan banyaknya ruang yang ditempati oleh air dalam suatu wadah. Pada akuarium berbentuk balok atau persegi panjang, volume air dapat dihitung berdasarkan panjang, lebar, dan tinggi air. Rumus volume air dalam akuarium adalah:

$$\text{Volume Air} = \text{Panjang} \times \text{Lebar} \times \text{Tinggi Air}$$

Berdasarkan rumus tersebut, tinggi air memiliki pengaruh langsung terhadap volume air. Jika panjang dan lebar akuarium tetap, maka perubahan volume air hanya dipengaruhi oleh perubahan tinggi air. Semakin tinggi permukaan air, semakin besar volume air dalam akuarium. Sebaliknya, semakin rendah permukaan air, semakin kecil volume air dalam akuarium. Hubungan ini menunjukkan bahwa tinggi air dan volume air memiliki hubungan berbanding lurus.

Dalam media yang dikembangkan, ukuran akuarium menggunakan panjang 60 cm, lebar 30 cm, dan tinggi 40 cm. Jika tinggi air dalam akuarium adalah 30 cm, maka volume air dapat dihitung sebagai berikut:

$$\text{Volume Air} = 60 \text{ cm} \times 30 \text{ cm} \times 30 \text{ cm}$$

$$\text{Volume Air} = 54.000 \text{ cm}^3$$

Karena 1 liter sama dengan 1.000 cm^3 , maka volume air tersebut dapat dikonversi menjadi:

$$\text{Volume Air} = 54.000 \text{ cm}^3 \div 1.000 = 54 \text{ liter}$$

Perhitungan tersebut menunjukkan bahwa konsep ketinggian air tidak hanya berkaitan dengan ukuran panjang, tetapi juga dapat digunakan untuk menentukan volume air. Dengan demikian, pengguna dapat memahami bahwa perubahan tinggi air akan memengaruhi banyaknya volume air dalam akuarium.

Dalam kegiatan pengukuran, ketelitian juga menjadi aspek penting. Ketelitian adalah kemampuan alat ukur atau sistem pengukuran dalam memberikan hasil yang mendekati nilai sebenarnya. Pada pengukuran manual, ketelitian dipengaruhi oleh alat ukur yang digunakan, cara

membaca skala, dan posisi pengamat. Pada sistem berbasis sensor, ketelitian dipengaruhi oleh kemampuan sensor membaca jarak, posisi sensor, kestabilan permukaan air, dan proses pengolahan data oleh mikrokontroler. Oleh karena itu, hasil pengukuran ketinggian air perlu dipahami sebagai nilai yang diperoleh berdasarkan cara kerja alat atau sistem yang digunakan.

Dalam simulasi Wokwi, sensor ultrasonik digunakan untuk memberikan gambaran cara kerja pengukuran jarak secara virtual. Sensor membaca jarak dari sensor ke permukaan air, kemudian data tersebut diolah untuk menentukan tinggi air, volume air, persentase isi akuarium, dan status kondisi air. Walaupun data yang ditampilkan masih berupa simulasi, media ini dapat membantu pengguna memahami prinsip dasar pengukuran berbasis sensor.

Persentase isi akuarium juga dapat dihitung berdasarkan perbandingan antara tinggi air dan tinggi maksimum akuarium. Rumus yang digunakan adalah:

$$\text{Persentase Isi Air} = \text{Tinggi Air} \div \text{Tinggi Akuarium} \times 100\%$$

Misalnya tinggi akuarium adalah 40 cm dan tinggi air adalah 30 cm, maka persentase isi air adalah:

$$\text{Persentase Isi Air} = 30 \div 40 \times 100\% = 75\%$$

Hasil persentase tersebut dapat digunakan untuk menentukan kategori kondisi air. Dalam media ini, kondisi air dibagi menjadi air rendah, air normal, dan air tinggi. Dengan demikian, hasil pengukuran tidak hanya berhenti pada angka, tetapi digunakan sebagai dasar pengambilan keputusan dalam sistem monitoring.

Dalam pembelajaran fisika, konsep ketinggian air akuarium dapat digunakan untuk menunjukkan penerapan pengukuran dalam kehidupan sehari-hari. Pengguna tidak hanya memahami bahwa ketinggian air dapat diukur, tetapi juga memahami hubungan antara besaran panjang, satuan, ketelitian pengukuran, volume fluida, dan pengambilan keputusan berdasarkan

data. Hal ini menjadikan pembelajaran fisika lebih kontekstual karena konsep yang dipelajari dapat dikaitkan dengan sistem monitoring sederhana yang dekat dengan kehidupan sehari-hari²².

Dengan demikian, ketinggian air di akuarium dalam penelitian ini bukan hanya dipandang sebagai kondisi tinggi atau rendahnya air, tetapi sebagai konsep fisika yang melibatkan pengukuran, satuan, ketelitian, volume fluida, hubungan tinggi dan volume, serta interpretasi data. Melalui media fisika berbasis simulasi Wokwi dan website monitoring, pengguna dapat memahami bahwa data pengukuran dapat diproses menjadi informasi yang bermanfaat untuk menentukan kondisi air dalam akuarium.

I. Sistem Monitoring Berbasis Sensor

Sistem monitoring merupakan suatu sistem yang digunakan untuk mengamati, mencatat, dan menampilkan kondisi suatu objek atau lingkungan secara berkelanjutan. Monitoring dilakukan agar perubahan suatu kondisi dapat diketahui, dianalisis, dan digunakan sebagai dasar pengambilan keputusan. Dalam sistem berbasis teknologi, monitoring umumnya dilakukan dengan bantuan sensor, mikrokontroler, dan perangkat keluaran. Sensor berfungsi membaca kondisi lingkungan, mikrokontroler berfungsi mengolah data, sedangkan perangkat keluaran berfungsi menampilkan informasi hasil pemantauan.

Secara umum, sistem monitoring berbasis sensor bekerja dengan prinsip pengambilan data dari lingkungan. Sensor digunakan untuk mendeteksi suatu besaran fisik, seperti suhu, jarak, tekanan, kelembapan, cahaya, atau ketinggian air. Data yang diperoleh sensor kemudian dikirimkan ke unit pemroses. Unit pemroses dapat berupa mikrokontroler atau komputer kecil yang bertugas mengolah data sensor menjadi informasi yang lebih mudah dipahami.

²²Nazifa Mumtaza et al., "Alat Peraga Venturimeter Tanpa Manometer," *Al Kawnu : Science and Local Wisdom Journal* 3, no. 2 (May 30, 2024): 17–25, doi:10.18592/ak.v3i2.8561.

Setelah diproses, informasi tersebut ditampilkan melalui perangkat keluaran seperti layar, lampu indikator, buzzer, motor, website, atau aplikasi digital²³.

Sistem monitoring dapat dijelaskan melalui konsep *Input-Process-Output* atau IPO. Konsep IPO merupakan model dasar sistem yang menjelaskan bahwa suatu sistem menerima masukan, mengolah masukan tersebut, kemudian menghasilkan keluaran. Pada sistem monitoring, input berasal dari sensor yang membaca kondisi tertentu. Process dilakukan oleh mikrokontroler yang mengolah data sensor berdasarkan program atau logika yang telah ditentukan. Output berupa informasi atau respons sistem yang ditampilkan kepada pengguna. Dengan konsep ini, sistem monitoring dapat dipahami sebagai rangkaian kerja yang terstruktur antara sensor, pemroses data, dan perangkat keluaran.

Konsep input dalam sistem monitoring berkaitan dengan data awal yang diperoleh dari lingkungan. Data tersebut dapat berupa nilai numerik hasil pembacaan sensor. Pada tahap ini, sensor berperan sebagai alat pengubah besaran fisik menjadi sinyal atau data yang dapat dibaca oleh sistem. Misalnya, sensor ultrasonik membaca jarak antara sensor dan permukaan air. Data jarak tersebut belum menjadi informasi yang lengkap sebelum diolah oleh sistem.

Konsep process berkaitan dengan pengolahan data yang dilakukan oleh mikrokontroler. Pada tahap ini, data dari sensor diolah menggunakan program tertentu. Proses pengolahan dapat berupa perhitungan, perbandingan dengan batas tertentu, konversi satuan, atau penentuan kategori kondisi.

Dalam sistem monitoring, tahap proses sangat penting karena menentukan makna dari data yang diperoleh sensor. Data sensor yang awalnya hanya berupa angka dapat diubah menjadi

²³Chiung Hsing Chen et al., "IoT-Based Fish Farm Water Quality Monitoring System," *Sensors* 22, no. 17 (September 1, 2022), doi:10.3390/s22176700.

informasi, misalnya kondisi rendah, normal, atau tinggi. Konsep output berkaitan dengan hasil akhir yang diberikan sistem kepada pengguna. Output dapat berupa tampilan angka, status kondisi, bunyi peringatan, lampu indikator, gerakan aktuator, atau tampilan pada website. Output berfungsi agar pengguna dapat memahami kondisi yang sedang dipantau tanpa harus menafsirkan data mentah secara langsung. Oleh karena itu, output harus disajikan secara jelas, sederhana, dan mudah dipahami.

Sistem monitoring berbasis sensor juga berkaitan dengan konsep Internet of Things atau IoT. IoT merupakan konsep yang menghubungkan perangkat fisik dengan jaringan internet sehingga perangkat tersebut dapat mengirim, menerima, dan menampilkan data secara daring. Dalam sistem IoT, sensor berfungsi mengumpulkan data dari lingkungan, mikrokontroler atau perangkat pengolah data berfungsi memproses data, jaringan internet berfungsi mengirimkan data, sedangkan platform digital seperti website atau aplikasi berfungsi menampilkan informasi kepada pengguna.

Konsep IoT banyak digunakan dalam sistem pemantauan lingkungan karena memungkinkan data dipantau secara lebih praktis dan fleksibel. Melalui IoT, pengguna dapat melihat kondisi suatu objek tanpa harus berada langsung di lokasi. Contoh penerapan IoT dapat ditemukan pada sistem monitoring suhu ruangan, kelembapan tanah, kualitas udara, ketinggian air, kualitas air, dan sistem keamanan.

Dalam konteks pendidikan, konsep IoT dapat digunakan sebagai contoh penerapan fisika dan teknologi karena melibatkan sensor, pengukuran, pengolahan data, dan komunikasi informasi.

Dalam sistem monitoring air, sensor digunakan untuk membaca kondisi air, sedangkan mikrokontroler mengolah data sensor menjadi informasi yang dapat digunakan untuk menentukan status air. Sistem ini membantu pengguna mengetahui apakah kondisi air berada pada batas aman

atau perlu mendapat perhatian. Oleh karena itu, sistem monitoring berbasis sensor tidak hanya menampilkan data, tetapi juga membantu proses pengambilan keputusan berdasarkan data hasil pengukuran.

Dalam pembelajaran fisika, sistem monitoring berbasis sensor dapat digunakan sebagai contoh penerapan konsep pengukuran dalam kehidupan sehari-hari. Konsep fisika yang terlibat di dalamnya meliputi besaran dan satuan, pengukuran, jarak, ketinggian, volume, perubahan data, serta hubungan antara input, proses, dan output. Melalui sistem monitoring, pengguna dapat memahami bahwa hasil pengukuran tidak hanya berupa angka, tetapi dapat diproses menjadi informasi yang memiliki makna²⁴.

Berdasarkan landasan teori tersebut, sistem monitoring berbasis sensor dalam penelitian ini dipahami sebagai sistem yang bekerja melalui hubungan antara input, process, dan output. Input berasal dari sensor yang membaca kondisi air, process dilakukan oleh mikrokontroler melalui pengolahan data, dan output ditampilkan melalui indikator atau tampilan digital.

Konsep ini menjadi dasar pengembangan media fisika berbasis simulasi Wokwi dan website monitoring ketinggian air akuarium. Dengan demikian, media yang dikembangkan tidak hanya menampilkan simulasi, tetapi juga memperkenalkan prinsip dasar sistem monitoring, konsep IoT, dan alur kerja input-process-output dalam penerapan teknologi sederhana.

²⁴ Muhamad Febrian Soambaton, Djuniadi Djuniadi, and Abdurrahman Hamid Al-Azhari, "MONITORING KOLAM IKAN NILA BERBASIS IoT DENGAN SENSOR AMONIA, SUHU, KETINGGIAN, DAN PH," *Jurnal Informatika Dan Teknik Elektro Terapan* 12, no. 2 (April 2, 2024), doi:10.23960/jitet.v12i2.4021.

J. Kerangka Berpikir

Pembelajaran fisika tidak hanya berkaitan dengan pemahaman rumus, tetapi juga berkaitan dengan kemampuan memahami konsep, pengukuran, data, dan penerapannya dalam kehidupan sehari-hari. Salah satu konsep fisika yang dekat dengan kehidupan sehari-hari adalah pengukuran ketinggian air. Ketinggian air termasuk besaran panjang yang dapat diukur menggunakan satuan tertentu, seperti sentimeter atau meter. Dalam konteks akuarium, ketinggian air juga berkaitan dengan volume air, persentase isi akuarium, dan kondisi aman atau tidaknya air dalam wadah.

Permasalahan yang menjadi dasar penelitian ini adalah masih terbatasnya media fisika yang mampu menghubungkan konsep pengukuran ketinggian air dengan penerapan teknologi sensor dan sistem monitoring secara sederhana. Pembelajaran yang hanya menggunakan penjelasan teori, gambar, atau rumus belum sepenuhnya mampu membantu pengguna memahami bagaimana data pengukuran diperoleh, diproses, dan ditampilkan menjadi informasi. Padahal, konsep pengukuran dalam fisika dapat dikaitkan dengan sistem berbasis sensor, mikrokontroler, dan perangkat keluaran.

Ketinggian air akuarium dapat dijadikan konteks pembelajaran fisika karena mudah diamati dan dekat dengan kehidupan sehari-hari. Dalam sistem monitoring, ketinggian air tidak hanya dipahami sebagai angka hasil pengukuran, tetapi juga dapat digunakan untuk menentukan status kondisi air, seperti air rendah, air normal, dan air tinggi. Dengan demikian, pengguna dapat memahami bahwa hasil pengukuran dapat dijadikan dasar pengambilan keputusan dalam suatu sistem.

Berdasarkan kebutuhan tersebut, diperlukan media pembelajaran fisika yang mampu memberikan pengalaman belajar secara konkret, visual, interaktif, dan mudah diakses. Media

yang dikembangkan dalam penelitian ini berupa simulasi Wokwi yang didukung oleh website monitoring akuarium. Simulasi Wokwi digunakan sebagai laboratorium virtual untuk menampilkan cara kerja sistem monitoring ketinggian air secara virtual. Website monitoring digunakan sebagai lingkungan belajar berbasis web yang menyajikan informasi, materi, petunjuk penggunaan, tautan simulasi, tampilan data, dan kuis.

Media fisika berbasis simulasi Wokwi dan website monitoring ini dikembangkan untuk membantu pengguna memahami hubungan antara konsep fisika dan penerapan teknologi. Konsep fisika yang digunakan meliputi besaran dan satuan, pengukuran jarak, ketinggian air, volume fluida, persentase isi akuarium, serta hubungan tinggi dan volume air. Sensor ultrasonik virtual digunakan untuk membaca jarak sensor ke permukaan air. Data jarak tersebut kemudian diolah oleh mikrokontroler virtual untuk menentukan tinggi air, volume air, persentase isi akuarium, dan status kondisi air.

Sistem monitoring dalam media ini bekerja melalui konsep input-process-output. Input berasal dari sensor ultrasonik yang membaca jarak antara sensor dan permukaan air. Process dilakukan oleh mikrokontroler yang mengolah data sensor menjadi tinggi air, volume air, persentase isi, dan kategori kondisi air. Output ditampilkan melalui indikator seperti LED, motor atau pompa virtual, serta tampilan informasi pada website. Dengan alur tersebut, pengguna dapat memahami bahwa sistem monitoring tidak hanya menampilkan angka, tetapi juga mengubah data hasil pengukuran menjadi informasi yang bermakna. Bagian teori sistem monitoring dalam teori diatas sudah menekankan hubungan input, process, dan output sebagai dasar pengembangan media.

Pengembangan media dilakukan menggunakan model 4D yang terdiri atas tahap *Define*, *Design*, *Develop*, dan *Disseminate*. Pada tahap *Define*, dilakukan analisis kebutuhan,

permasalahan, karakteristik pengguna, konsep fisika, dan tujuan pengembangan. Pada tahap *Design*, dilakukan perancangan simulasi Wokwi, website monitoring, alur kerja sistem, batas kategori air, dan instrumen penilaian. Pada tahap *Develop*, produk dikembangkan kemudian divalidasi oleh ahli media dan ahli praktisi. Saran dari validator digunakan untuk memperbaiki produk agar lebih layak dan mudah digunakan. Pada tahap *Disseminate*, media yang telah direvisi diimplementasikan secara terbatas kepada pengguna untuk mengetahui respons terhadap media²⁵.

Media yang telah dikembangkan kemudian dinilai berdasarkan kelayakan ahli media, kelayakan ahli praktisi, dan respons pengguna. Ahli media menilai aspek tampilan, keterbacaan, navigasi, keterpaduan fitur, kemudahan penggunaan, dan kesesuaian media. Ahli praktisi menilai kesesuaian fungsi media dengan kebutuhan pemantauan ketinggian air akuarium. Pengguna memberikan respons terhadap kemenarikan tampilan, kemudahan akses, kejelasan informasi, manfaat media, dan kepraktisan penggunaan.

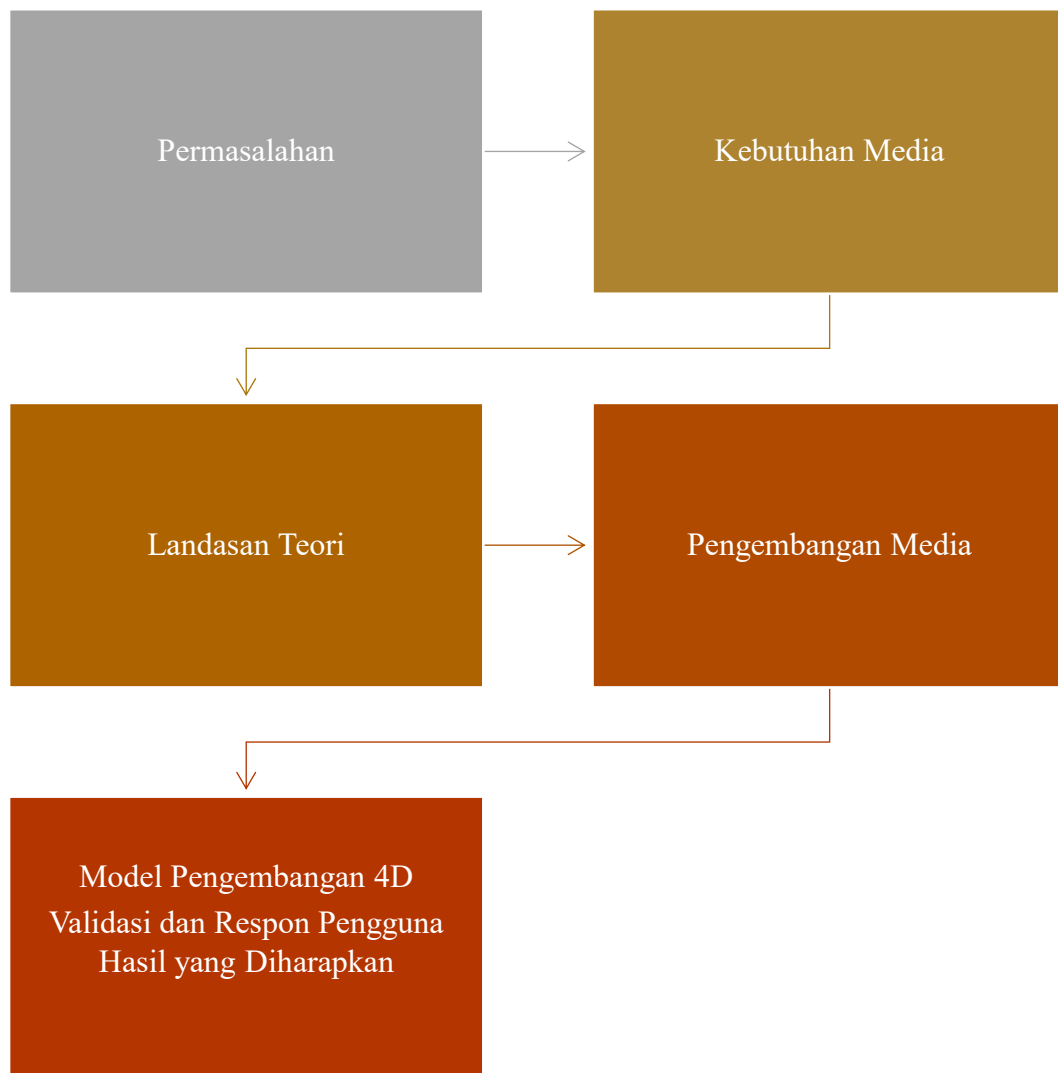
Dengan demikian, kerangka berpikir dalam penelitian ini diawali dari adanya kebutuhan media fisika yang mampu menjelaskan konsep pengukuran ketinggian air akuarium secara lebih konkret dan interaktif. Kebutuhan tersebut dijawab melalui pengembangan media fisika berbasis simulasi Wokwi dan website monitoring. Media dikembangkan menggunakan model 4D, kemudian divalidasi oleh ahli media dan ahli praktisi serta diimplementasikan kepada pengguna.

²⁵Kerangka Berfikir et al., *Tarbiyah: Jurnal Ilmu Pendidikan Dan Pengajaran*, 2023, <https://jurnal.diklinko.id/index.php/tarbiyah>/<https://jurnal.diklinko.id/index.php/tarbiyah/>.

Hasil akhir yang diharapkan adalah media fisika berbasis simulasi Wokwi dan website monitoring yang layak, mudah digunakan, komunikatif, serta dapat membantu pengguna memahami sistem monitoring ketinggian air akuarium.

Bagan kerangka berpikir penelitian dapat digambarkan sebagai berikut:

Gambar 2. 1 Bagan Kerangka Berpikir



Penjelasan Gambar Bagan 2.1 dalam kerangka berpikir adalah sebagai berikut:

1. Permasalahan

Pembelajaran fisika masih sering bersifat teoritis dan belum banyak menghubungkan konsep pengukuran dengan penerapan teknologi sensor dan sistem monitoring.

2. Kebutuhan Media

Diperlukan media fisika yang mampu menjelaskan konsep pengukuran ketinggian air, sensor ultrasonik, mikrokontroler, batas kategori air, dan sistem monitoring secara visual, interaktif, dan mudah diakses.

3. Landasan Teori

Media pembelajaran fisika, virtual laboratory, simulasi interaktif, web-based learning, sensor ketinggian air, batas sensor, konsep ketinggian air, volume fluida, sistem monitoring, IoT, dan input-process-output.

4. Pengembangan Media

Media dikembangkan dalam bentuk simulasi Wokwi dan website monitoring akuarium. Simulasi Wokwi menampilkan sensor ultrasonik virtual, mikrokontroler, LED, dan motor atau pompa. Website monitoring menampilkan materi, rumus, kalkulator, konversi, simulasi, tautan Wokwi, dan kuis.

5. Model Pengembangan 4D

Define adalah analisis kebutuhan dan konsep.

Design adalah perancangan media, simulasi, website, batas sensor, dan instrumen.

Develop adalah pembuatan produk, validasi ahli, dan revisi.

Disseminate adalah implementasi terbatas kepada pengguna.

6. Validasi dan Respon Pengguna

Media divalidasi oleh ahli media dan ahli praktisi, kemudian diuji responsnya kepada pengguna untuk mengetahui kelayakan, kemudahan penggunaan, kejelasan informasi, dan manfaat media.

7. Hasil yang Diharapkan

Media fisika berbasis simulasi Wokwi dan website monitoring ketinggian air akuarium yang layak, komunikatif, mudah digunakan, serta bermanfaat sebagai sarana edukasi untuk memahami konsep pengukuran dan sistem monitoring sederhana²⁶.

²⁶Mostafa Hamadi and Jamal El-Den, *A Conceptual Research Framework for Sustainable Digital Learning in Higher Education, Technology Enhanced Learning*, vol. 19, 2024.