



PENGEMBANGAN MEDIA PEMBELAJARAN CHATBOT TUTOR BIOLOGI PINTAR DALAM MENDUKUNG LITERASI SAINS SISWA SMA NEGERI 1 KABUPATEN HALMAHERA TENGAH

Oleh:

Ermin¹ Muhammad Hidayat²

¹Dosen Program Studi Pendidikan Biologi ISDIK Kie raha Maluku Utara

²Dosen Program Studi Pendidikan Biologi ISDIK Kie raha Maluku Utara

juanewin@gmail.com, mhidayat5@gamil.com

Abstrak: Pemanfaatan chatbot sebagai media pembelajaran biologi di sekolah masih sangat terbatas. Banyak guru belum familiar dalam menggunakan atau mengembangkan chatbot sebagai alat bantu pembelajaran. Selain itu, belum banyak penelitian yang mengembangkan chatbot tutor biologi yang secara khusus didesain untuk meningkatkan literasi sains siswa. Hal ini menandakan perlunya inovasi berupa pengembangan media pembelajaran berbasis chatbot yang tidak hanya menyajikan informasi, tetapi juga membimbing siswa melalui pertanyaan pemicu, pemecahan masalah, dan aktivitas ilmiah yang sesuai dengan indikator literasi sains. Tujuan penelitian ini adalah untuk menggunakan pengembangan media pembelajaran sebagai produk penelitian dan menguji keefektifan produk. Metode penelitian yang diterapkan adalah *Research and Development* (R&D). *Research* dan *Development* merupakan metode penelitian yang di gunakan untuk mengembangkan produk yang digunakan dalam pendidikan dan pembelajaran. Berdasarkan hasil penelitian maka yang menjadi simpulan adalah hasil akhir menunjukan bahwa nilai presentasi dari 3 ahli menunjukan nilai sebesar 8,43% maka media pembelajaran telah valid yaitu untuk mengukur kemampuan literasi sanis siswa terdapat pengaruh yang signifikan pengunaan media chatboat tutor pintar biologi berpengaruh terhadap kemampuan literasi sains siswa SMA Negeri 1 Kabupaten Halmahera Tengah dengan hasil uji anava dengan nilai signifikansi $0,000 \leq 0,005$.

Kata kunci : Media Pembelajaran Chatbot Tutor, Literasi sains,Siswa SMA

Pendahuluan

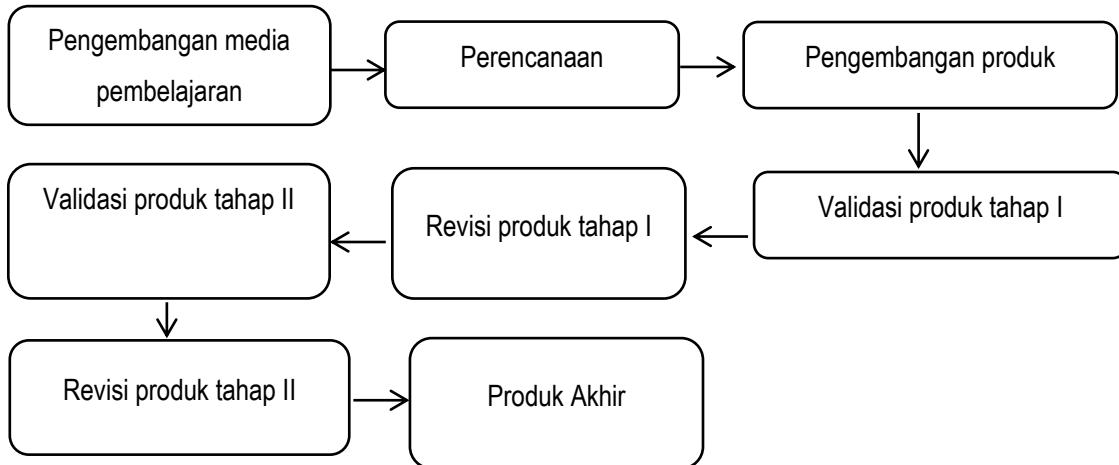
Perkembangan teknologi informasi dan komunikasi pada era revolusi industri 4.0 telah membawa perubahan signifikan dalam dunia Pendidikan Arsyad, A. (2019).. Pemanfaatan teknologi digital tidak hanya menjadi pelengkap, tetapi juga telah menjadi kebutuhan untuk meningkatkan kualitas proses pembelajaran Taufiq, M., & Wibowo, S. (2019).. Salah satu inovasi yang semakin berkembang dalam bidang pendidikan adalah penggunaan media pembelajaran berbasis kecerdasan buatan (Artificial Intelligence/AI), seperti *chatbot* atau *chat-based tutoring system*. Teknologi ini memungkinkan terwujudnya pembelajaran yang lebih interaktif, personal, dan adaptif sesuai kebutuhan siswa. Di sisi lain Branch, R. M. (2009)., Salah satu tantangan besar dalam pendidikan sains, termasuk biologi, adalah masih rendahnya literasi sains siswa. Literasi sains tidak hanya sebatas kemampuan mengingat konsep, tetapi meliputi kemampuan memahami fenomena ilmiah, menerapkan konsep dalam kehidupan sehari-hari, berpikir kritis, serta memecahkan masalah berdasarkan pendekatan ilmiah Woolf, B. P. (2010).. Hasil studi nasional maupun internasional seperti PISA menunjukkan bahwa kemampuan literasi sains siswa Indonesia masih berada di bawah rata-rata OECD. (2016).. Salah satu penyebabnya ialah proses pembelajaran yang masih dominan berpusat pada guru dan kurang mendorong aktivitas berpikir ilmiah siswa. Media pembelajaran yang inovatif, interaktif, dan kontekstual sangat dibutuhkan untuk menjembatani kesenjangan tersebut Rustaman, N. Y. (2016).

Chatbot sebagai tutor cerdas (*intelligent tutoring system*) memiliki potensi besar untuk mendukung peningkatan literasi sains Sadiman, A. S., dkk. (2014).. Chatbot dapat memberikan penjelasan, contoh, umpan balik langsung, latihan soal adaptif, hingga simulasi percakapan berbasis masalah ilmiah Mayer, R. E. (2020). Selain itu, chatbot mampu melayani siswa secara individual, kapan pun dan di mana pun, sehingga dapat meningkatkan kemandirian belajar serta minat siswa terhadap materi biologi. Namun demikian, pemanfaatan chatbot sebagai media pembelajaran biologi di sekolah masih sangat terbatas Setiawan, W. (2017). Banyak guru belum familiar dalam menggunakan atau mengembangkan chatbot sebagai alat bantu pembelajaran. Selain itu, belum banyak penelitian yang mengembangkan chatbot tutor biologi yang secara khusus didesain untuk meningkatkan literasi sains siswa Kerr, J., Murray, N., & Moore, S. (2020). Hal ini menandakan perlunya inovasi berupa pengembangan media pembelajaran berbasis chatbot yang tidak hanya menyajikan informasi, tetapi juga membimbing siswa melalui pertanyaan pemicu, pemecahan masalah, dan aktivitas ilmiah yang sesuai dengan indikator literasi sains.

Berdasarkan permasalahan tersebut, penelitian ini berfokus pada pengembangan media pembelajaran *Chatbot Tutor Biologi Pintar* sebagai salah satu alternatif inovasi yang diharapkan mampu meningkatkan literasi sains siswa. Pengembangan ini diharapkan menghasilkan media yang valid, praktis, dan efektif untuk digunakan dalam pembelajaran biologi, sekaligus menjadi kontribusi nyata dalam pemanfaatan teknologi AI sebagai bagian dari transformasi digital Pendidikan di SMA Negeri 1 kabupaten Halmahera tengah.

Metodologi penelitian

Metode penelitian yang diterapkan adalah *Research and Development* (R&D). Sugiyono (2009) menyatakan *Research and Development* merupakan metode penelitian yang digunakan untuk mengembangkan produk yang digunakan dalam pendidikan dan pembelajaran. Tujuan penelitian ini adalah untuk menggunakan pengembangan media pembelajaran sebagai produk penelitian dan menguji keefektifan produk tersebut. *Research and Development* memiliki 8 tahapan dalam penelitian. Pada rancangan penelitian terdapat modifikasi langkah-langkah penelitian tanpa mengurangi validitas proses. Langkah tersebut ditunjukkan pada skema berikut:



Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan mulai bulan Juni sampai September 2025 yang dilaksanakan di SMA Negeri 1 Kabupaten Halmahera Tengah.

Produser Penelitian

Pengembangan media pembelajaran chatbot tutor pintar pada mata pelajaran Biologi dengan tema pencemaran lingkungan dilakukan dengan mengadaptasi 5 langkah pengembangan yang dirumuskan oleh Borg And Gall dengan beberapa penyesuaian produser seperti pada tabel berikut:

No	Langkah-langkah R&D adaptasi dari Borg And Gall	Kegiatan
1	Pengembangan media dan informasi	Studi pustaka
2	Perencanaan	Pembentukan subjek penelitian dan langkah-langkah pengumpulan data
3	Membuat produk awal dan produk akhir	a. Merancang pengembangan media pembelajaran b. Membuat media pembelajaran c. Evaluasi media pembelajaran produk awal (ahli media)

Metode Pengumpulan Data

Penelitian ini menggunakan hasil penilaian tanggapan para ahli yang meliputi ahli bahasa, ahli media dan ahli materi tentang kevalidan media pembelajaran yang telah dibuat dan mengukur kemampuan literasi sains siswa dengan menggunakan tes uraian.

Instrumen Penilaian

1. Uji coba media pembelajaran

Instrument penilaian terdiri dari tiga para ahli yaitu ahli media, ahli materi dan ahli bahasa sehingga layak untuk digunakan. Tabulasi data dengan cara memasukan jawaban sesuai dengan skornya, kemudian di kuantifikasi mencari persentase aspek (N) dengan rumus sebagai berikut:

$$N = \frac{k}{NK} \times 100\%$$

Keterangan:

N: \sum Persentase Aspek

K : \sum Nilai dari aspek

NK: \sum Nilai yang harus dicapai

Berdasarkan rumus di atas, kriteria yang diperoleh untuk diterapkan dalam pengembangan media pembelajaran adalah:

Sangat layak : 0,77 – 1%

Layak : 0,51 – 76%

Cukup Layak : 0,26 – 0,50%

Tidak Layak : 1,00 – 0,25%

Angket tanggapan para ahli terhadap video pembelajaran. Hasil angket tanggapan para ahli dihitung dalam tabulasi data kemudian jawaban dimasukan sesuai skornya yaitu ("Ya") skor 1, ("tidak") skor 0. Hasil total dari masing-masing aspek kemudian dikuantifikasi mencari persentase aspek (N) dengan rumus sebagai berikut:

$$P\% = \frac{k}{Nk} \times 100\%$$

Keterangan :

P% : Persentase skor

N : Total skor

Nk : Total skor yang harus dicapai

Kriteria yang diperoleh untuk diterapkan dalam media pembelajaran adalah:

1. $0,44 < x \geq 1$: Sangat baik

2. $0,33 < x \geq 0,41$: Baik

3. $0,21 < x \geq 0,30$: Kurang baik

4. $0 < x \geq 0,20$: Tidak baik

2. Mengukur kemampuan literasi sains siswa

Analisis kemampuan literasi sains siswa dengan menguji hasil belajar siswa kelas X SMA Negeri 1 Kabupaten Halmahera Tengah dengan uji normalitas, uji homogenitas, dan uji Anova.

Hasil Penelitian

Berdasarkan hasil penelitian dilapangan dimana media pembelajaran yang telah disusun dengan konsep pencemaran lingkungan maka diperoleh hasil penilaian dari tiga orang ahli yang telah dinilai secara terpisah maka diperoleh hasil sebagai berikut:

1. Penilaian kualitas media pembelajaran oleh ahli media

Penelitian ini menggunakan ahli media dengan hasil respon terhadap media pembelajaran pada tahap validasi 1 dan 2 sebagai berikut:

Penilaian	Hasil Penilaian validasi 1	Hasil Penilaian validasi 2	Kualifikasi media
Kesederhana bahasa yang digunakan	3	4	Sangat Baik
Penggunaan kaidah bahasa Indonesia	3	4	
Penulisan narasi	3	4	
Kemenaraikan dalam pembelajaran	3	4	
Aplikasi dalam pemecahan masalah	3	4	
Media pembelajaran dapat digunakan dalam pembelajaran mandiri	3	4	
Pengembangan ilmu pengetahuan ilmu biologi	3	4	
Media pembelajaran sesuai dengan topik pencemaran lingkungan	3	4	
Pertanyaan sangat jelas	3	4	
Kemanarikan warna pada media pembelajaran	3	4	
Topik sesuai dengan masalah sampah	3	4	
Topik sudah sesuai dengan tingkat berfikir siswa SMA	3	4	
Aspek-aspek pencemaran lingkungan sangat jelas pada media yang dibuat	3	4	
Jumlah Skor	45	60	
Rata-rata skor	3.46	4.61	
Presentasi media	5,32	7,09	

2. Penilaian kualitas materi pembelajaran oleh ahli materi

Penelitian ini menggunakan ahli materi dengan hasil respon terhadap materi pada media pembelajaran tahap validasi 1 dan 2 sebagai berikut:

Penilaian	Hasil Penilaian validasi 1	Hasil Penilaian validasi 2	Kualifikasi media
Kesesuaian materi dengan alur tujuan pembelajaran konsep pencemaran lingkungan	4	4	Sangat Baik
Pertanyaan yang ada sudah sesuai dengan topik pembelajaran	3	4	
Kesesuaian dengan indikator pembelajaran	3	4	
Kejelasan materi dalam media pembelajaran	3	4	
Kemenaraikan materi yang ditampilkan dalam media pembelajaran	3	4	
Informasi yang disajikan dalam media pembelajaran sangat jelas.	3	4	

Keluasan dan kedalaman materi yang disajikan dalam media pembelajaran sudah tepat	3	4	
Jumlah Skor	22	28	
Rata-rata skor	3,14	4	
Presentasi media	8,97	11,42	

3. Penilaian kualitas media pembelajaran dari aspek bahasa oleh ahli bahasa Indonesia.

Penelitian ini menggunakan ahli bahasa Indonesia dengan hasil respon terhadap bahasa yang digunakan pada media pembelajaran pada tahap revisi 1 dan 2 sebagai berikut:

Penilaian	Hasil Penilaian validasi 1	Hasil Penilaian validasi 2	Kualifikasi media
Ketepatan struktur kalimat dalam media pembelajaran	3	4	Sangat Baik
Penggunaan bahasa sudah sesuai dengan ejaan bahasa Indonesia	3	4	
Bahasa yang digunakan mudah dimengerti.	3	4	
Bahasa sudah sesuai dengan narasi siswa SMA	3	4	
Bahasa yang digunakan sangat komunikatif	3	4	
Istilah yang digunakan sudah sesuai dengan Kamus bahasa Indonesia	3	4	
Penyampaian SPOK sangat jelas	3	4	
Jumlah Skor	21	28	
Rata-rata skor	3	4	
Presentasi media	8,57	5,33	

4. Hasil Validan Media Pembelajaran

Berdasarkan hasil penilaian kualitas media pembelajaran yang telah dilakukan penilaian oleh tiga ahli yaitu media, materi dan bahasa maka selanjutnya diperoleh kevalidan media pembelajaran sebagai berikut:

Ahli Media	Ahli Materi	Ahli Bahasa	Tabulasi	Keterangan
6,20	4,43	14,68	8,43	Sangat Layak

kemampuan literasi sains siswa

1. Uji Normalitas

Hasil uji normalitas menunjukkan bahwa pada populasi perlakuan signifikan ($\text{sig} \geq 0,05$). Hasil analisis ini menunjukkan data populasi berdistribusi normal. Hasil analisis normalitas berikut ini:

Kondisi	Perlakuan	Kolmogrov-Smirnov Z	Signifikansi	Keterangan
Pretest	chatboat	1,044	0,242	Normal
	kontrol	1,559	0,301	Normal
Posttest	chatboat	1,869	0,902	Normal
	kontrol	1,810	0,957	Normal

2. Uji Homogenitas

Hasil analisis homogenitas menunjukkan bahwa pada populasi perlakuan signifikan ($\text{sig} \geq 0,05$). Hasil analisis ini menunjukkan populasi perlakuan memiliki varians atau kovarians yang homogen atau sama. Hasil analisis homogenitas berikut ini:

Kondisi	F	Df1	Df2	Signifikansi	Keterangan
Pretest	2,061	7	17	0,828	Homogen
Posttest	1,784	4	17	0,578	Homogen

3. Uji Anava

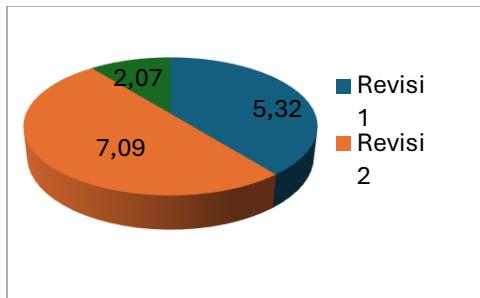
Hasil analisis menggunakan anava yaitu pendekatan jelajah alam sekitar dan kontrol. Hasil analisis pretest dengan menggunakan anava berikut ini:

SOURCE	Type III sum of Squares	Df	Mean Square	F	Sig
Corrected Model	3012.284 ^a	11	273.844	1.965	.102
Intercept	34600.838	1	34600.838	248.323	.000
Kelompok	3012.284	11	273.844	1.965	.102
Error	2368.750	17	139.338		
Total	57550.000	29			
Corrected Total	5381.034	28			

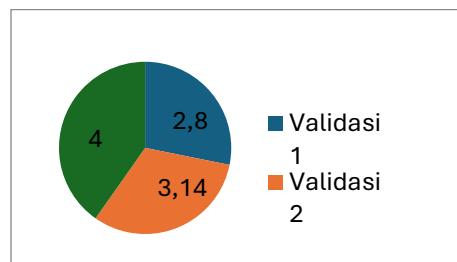
Pembahasan

Penelitian yang telah dilaksanakan peneliti mengembangkan media pembelajaran chatboat tutor pintar biologi berbasis masalah yang ditekankan pada pemanfaatan teknologi yang mengangkat permasalahan lingkungan lokal sebagai objek pembelajaran yang akan membantu guru dan siswa dalam memahami konsep-konsep berdasarkan lingkungan sekitarnya. Berdasarkan hasil penelitian pengembangan media pembelajaran di atas sudah mengikuti langkah-langkah penelitian Bord & Gold yang telah dilakukan dari tahap perencanaan untuk kajian literature sampai pada tahap revisi produk dalam penelitian ini revisi produk dilakukan sebanyak dua kali yang dinilai oleh masing-masing ahli baik itu ahli media, materi dan bahasa yang sudah sesuai dengan basik keilmuannya. Penilaian ahli media dengan menggunakan 13 indikator penilaian dapat diperoleh tingkat rata-rata dan persentasi yang berbeda-beda yaitu pada validasi produk revisi 1 diperoleh nilai rata-rata 3,14 dan revisi 2 diperoleh rata 4 sedangkan nilai

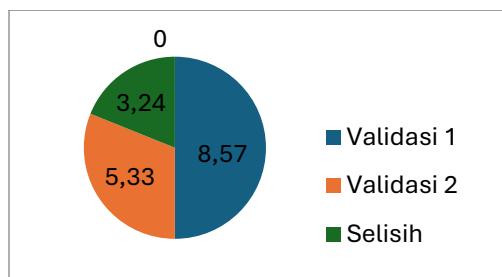
presentasi diperoleh nilai 5,32 % dan 7,09 % dengan selisih 2,07 % hasil ini menunjukan kualitas media yang dibuat sangat baik. Tingkat presentasi penilaian dapat dilihat pada diagram di bawah ini:



Gambar diagram diatas menunjukan bahwa hasil revisi produk media pembelajaran yang telah dinilai oleh ahli media dimana nilai perolehan dari revisi 2 lebih besar dari revisi 1 ini menunjukan bahwa peneliti telah melakukan revisi produk yang diminta oleh ahli media sesuai dengan masukan serta arahan dari ahli media walapun tingkat selisih antar revisi produk 1 dan 2 tidak terlalu besar. Penilaian ahli materi diperoleh menggunakan 7 indikator penilaian dapat diperoleh tingkat rata-rata dan presentasi yang berbeda-beda yaitu pada validasi produk revisi 1 diperoleh nilai rata-rata 3,14 dan revisi 2 diperoleh rata 4 sedangkan nilai presentasi diperoleh nilai 8,57 % dan 11,42 % dengan selisih 2,85 % hasil ini menunjukan kualitas media yang dibuat sangat baik. Tingkat presentasi penilaian dapat dilihat pada diagram di bawah ini:



Gambar diagram diatas menunjukan bahwa hasil revisi produk media pembelajaran yang telah dinilai oleh ahli media dimana nilai perolehan dari revisi 2 lebih besar dari revisi 1 ini menunjukan bahwa peneliti telah melakukan revisi produk yang diminta oleh ahli media sesuai dengan masukan serta arahan dari ahli media walapun tingkat selisih antar revisi produk 1 dan 2 tidak terlalu besar. Penilaian ahli materi diperoleh menggunakan 7 indikator penilaian dapat diperoleh tingkat rata-rata dan presentasi yang berbeda-beda yaitu pada validasi produk revisi 1 diperoleh nilai rata-rata 3,14 dan revisi 2 diperoleh rata 4 sedangkan nilai presentasi diperoleh nilai 8,57 % dan 11,42 % dengan selisih 2,85 % hasil ini menunjukan kualitas media yang dibuat sangat baik. Tingkat presentasi penilaian dapat dilihat pada diagram di bawah ini:



Gambar diagram di atas menunjukan bahwa hasil revisi produk media pembelajaran yang telah dinilai oleh ahli bahasa Indonesia dimana nilai perolehan dari revisi 1 lebih besar dari revisi 2 ini menunjukan bahwa peneliti tidak merevisi pada aspek bahasa yang digunakan dalam video pembelajaran karena sudah sesuai dengan ejaan dan

ketepatan bahasa Indonesia yang relevan. Selanjutnya berdasarkan hasil penilaian kualitas media pembelajaran yang dinilai oleh ahli media pembelajaran yang dibuat menunjukkan sudah memenuhi syarat sangat layak untuk digunakan dalam pembelajaran biologi yang selanjutnya dapat digunakan ini berdasarkan tabulasi nilai dari 3 ahli yaitu media, materi dan bahasa yang digambarkan pada diagram berikut ini:

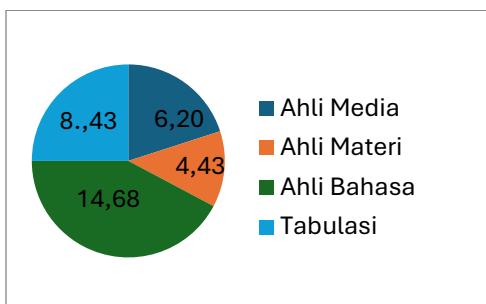


Diagram diatas menunjukkan bahwa perubahan produk paling banyak dilakukan perubahan terdapat pada ahli media dengan tingkat presentasi terkecil yang 6,20% sedangkan pada ahli materi dan bahasa tidak terlalu banyak perubahan pada media yang telah dibuat hasil akhir menunjukkan bahwa nilai presentasi dari 3 ahli menunjukkan nilai sebesar 8,43% maka media pembelajaran telah valid untuk digunakan pada tahap selanjutnya yaitu untuk mengukur kemampuan literasi sanis diperoleh terdapat pengaruh yang signifikan pengunaan media chatboat tutor pintar biologi terhadapa kemampuan literasi sains siswa SMA Negeri 1 Kabupaten Halmahera Tengah dengan hasil uji anava dengan nilai signifikansi $\leq 0,005$. Hasil pengukuran literasi sains melalui tes sebelum dan sesudah penggunaan chatbot menunjukkan adanya peningkatan skor yang signifikan. Peningkatan terlihat pada tiga kompetensi utama literasi sains, yaitu:

1. Menjelaskan Fenomena Ilmiah

Siswa menjadi lebih mampu menjelaskan proses biologis dengan menggunakan konsep ilmiah yang benar. Percakapan chatbot yang memicu siswa memberikan alasan ilmiah membuat mereka terbiasa menyusun argumen berbasis konsep.

2. Mengevaluasi dan Merancang Penyelidikan Ilmiah

Pertanyaan chatbot yang berkaitan dengan identifikasi variabel, prediksi hasil percobaan, dan perancangan penyelidikan membantu siswa memahami bagaimana proses penelitian dilakukan. Hal ini sangat penting dalam pembelajaran biologi yang membutuhkan keterampilan proses sains.

3. Menafsirkan Data dan Bukti Ilmiah

Chatbot menyediakan data sederhana seperti tabel, grafik, atau deskripsi hasil pengamatan. Siswa dilatih untuk membaca data dan menyimpulkan hasilnya. Peningkatan ini menunjukkan bahwa chatbot efektif melatih kemampuan interpretasi bukti ilmiah, salah satu indikator utama literasi sains

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian maka yang menjadi simpulan adalah hasil akhir menunjukkan bahwa nilai presentasi dari 3 ahli menunjukkan nilai sebesar 8,43% maka media pembelajaran telah valid yaitu untuk mengukur kemampuan literasi sanis siswa terdapat pengaruh yang signifikan pengunaan media chatboat tutor pintar biologi berpengaruh terhadap kemampuan literasi sains siswa SMA Negeri 1 Kabupaten Halmahera Tengah dengan hasil uji anava dengan nilai signifikansi $0,000 \leq 0,005$.

Daftar Pustaka

- Arsyad, A. (2019). *Media Pembelajaran*. Jakarta: RajaGrafindo Persada.
- Branch, R. M. (2009). *Instructional Design: The ADDIE Approach*. New York: Springer.
- Dewi, I. P., & Pramesti, A. (2020). Pengaruh penggunaan media digital terhadap literasi sains siswa. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, 9(3), 389–398
- Kerr, J., Murray, N., & Moore, S. (2020). Chatbots in education: A systematic review of applications and outcomes. *Journal of Computer Assisted Learning*, 36(4), 340–355.
- Lin, X., & Chen, J. (2020). Intelligent tutoring systems and student learning outcomes: A meta-analysis. *Educational Technology Research and Development*, 68(5), 2053–2078.
- Mayer, R. E. (2020). *Multimedia Learning* (3rd ed.). Cambridge: Cambridge University Press.
- Nurcahyani, R., & Kurniawati, N. (2018). Pembelajaran biologi abad 21: Tantangan dan peluang. *Jurnal Pendidikan Biologi*, 10(2), 101–110.
- OECD. (2016). *PISA 2015 Assessment and Analytical Framework: Science, Reading, Mathematic and Financial Literacy*. Paris: OECD Publishing.
- Rustaman, N. Y. (2016). *Pembelajaran Sains: Konteks dan Tantangan*. Bandung: UPI Press.
- Sadiman, A. S., dkk. (2014). *Media Pendidikan: Pengertian, Pengembangan, dan Pemanfaatannya*. Jakarta: Rajawali Pers.
- Suparno, P. (2019). *Filsafat Konstruktivisme dalam Pendidikan*. Yogyakarta: Kanisius.
- Setiawan, W. (2017). Literasi Sains dalam Pembelajaran. *Jurnal Pendidikan Sains*, 5(2), 123–132.
- Sari, D. P., & Astuti, Y. (2021). Pengembangan chatbot sebagai media pembelajaran interaktif. *Jurnal Teknologi Pendidikan*, 9(1), 45–56.
- Tan, P. J. B. (2021). Educational chatbot for teaching and learning: A review. *International Journal of Emerging Technologies in Learning*, 16(24), 50–65.
- Taufiq, M., & Wibowo, S. (2019). Pengembangan media pembelajaran berbasis teknologi untuk meningkatkan literasi sains. *Jurnal Inovasi Pendidikan Sains*, 6(1), 12–20.
- Woolf, B. P. (2010). *Building Intelligent Interactive Tutors: Student-centered Strategies for Revolutionizing E-learning*. San Francisco: Morgan Kaufmann.