

MEDIA GATHOT BERBASIS STEM DAN AUGMENTED REALITY PADA MATERI PENGENALAN SEL UNTUK MENINGKATKAN HASIL BELAJAR SISWA KELAS VIII

Ipung Kandri Kaswari*

SMPN 2 Gedangsari, Gunungkidul, DIY, Indonesia

Abstrak

Rapor Pendidikan SMP Negeri 2 Gedangsari menunjukkan perlunya transformasi pembelajaran agar lebih efektif, menyenangkan (*joyful learning*), dan bermakna (*meaningful learning*). Penelitian ini bertujuan mengembangkan dan menerapkan media GATHOT (*game* Temukan, Hubungan Objek, dan Tunjukkan) berbasis pendekatan *Science, Technology, engineering, and Mathematics* (STEM) dan *augmented reality* (AR) pada materi pengenalan sel di kelas VIII. Pengembangan media menggunakan model ADDIE yang meliputi tahap analisis, desain, pengembangan, implementasi, dan evaluasi. GATHOT terdiri atas tiga komponen utama yaitu (1) *smart board game* interaktif berbasis sirkuit listrik yang menyediakan umpan balik langsung dan terintegrasi dengan AR; (2) gim edukatif Android berjenis *role-playing game* (RPG) yang memuat kearifan lokal; dan (3) proyek pembuatan model sel tiga dimensi berbasis STEM dari bahan limbah untuk melatih keterampilan berpikir tingkat tinggi (*higher order thinking skills/HOTS*). Validasi ahli materi dan ahli media menghasilkan skor rata-rata 90% dengan kategori sangat layak. Media diimplementasikan kepada 32 siswa kelas VIII SMP Negeri 2 Gedangsari. Ketuntasan belajar meningkat sebesar 53,13 poin persentase, dari 31,25% (10 siswa) pada tes awal menjadi 84,38% (27 siswa) pada tes akhir. Nilai rata-rata kelas juga meningkat dari 51 menjadi 79. Hasil refleksi menunjukkan bahwa siswa merasa lebih antusias, tertantang, dan terbantu dalam memvisualisasikan materi sel yang abstrak melalui pengalaman belajar yang beragam

Kata Kunci: GATHOT; Joyful Learning; STEM; Augmented Reality; Kearifan Lokal

Riwayat Artikel:

Diterima: 01 Juli 2026

Direvisi: 10 Agustus 2026

Dipublikasikan: 31 Agustus 2026

1. Pendahuluan

Rapor Pendidikan SMP Negeri 2 Gedangsari tahun 2025 menunjukkan penurunan pada berbagai indikator. Kondisi tersebut menegaskan perlunya perbaikan pembelajaran agar lebih efektif, menyenangkan, dan mampu memenuhi kebutuhan belajar siswa melalui pembelajaran berdiferensiasi [1]. Pembelajaran yang efektif

mendorong motivasi dan keterlibatan siswa, yang tampak melalui partisipasi aktif, keberanian bertanya, keterlibatan dalam diskusi, dan respons yang lebih baik. Suasana belajar yang menyenangkan juga dapat mendukung kreativitas, aktivitas mental dan fisik, serta pencapaian hasil belajar yang optimal [2]. Temuan meta-analisis mengenai pembelajaran aktif menunjukkan bahwa keterlibatan siswa dalam proses pembelajaran berhubungan dengan capaian belajar yang lebih baik dibandingkan pembelajaran yang hanya mengandalkan ceramah [3].

Pembelajaran yang menyenangkan (*joyful learning*) perlu dipadukan dengan kesadaran penuh (*mindfulness*) dan kebermaknaan (*meaningfulness*). Siswa didorong untuk hadir dan berfokus selama kegiatan belajar, menyadari pikiran, perasaan, dan lingkungan belajarnya. Ketika materi dipandang relevan dan bermanfaat, motivasi intrinsik dapat tumbuh dan pemahaman cenderung bertahan lebih lama daripada hafalan sesaat

*Penulis korespondensi

Email address: Ipungssi12@guru.smp.belajar.id (Ipung Kandri Kaswari)

[4].

Pembelajaran tidak hanya perlu menyenangkan, tetapi juga harus bermutu dan berkelanjutan. Salah satu pendekatan yang dapat digunakan ialah STEM (*Science, Technology, Engineering, and Mathematics*). Pembelajaran konvensional dapat mentransfer informasi dasar secara cepat, tetapi belum tentu memadai untuk mengembangkan keterampilan berpikir tingkat tinggi. Sebaliknya, pembelajaran STEM memberi ruang bagi siswa untuk menerapkan *Engineering Design Process* (EDP) yaitu proses sistematis dalam mengidentifikasi masalah, merancang, menguji, dan memperbaiki solusi. Media digital interaktif juga dapat membantu meningkatkan keterlibatan siswa dan mendukung hasil belajar apabila dipadukan dengan tujuan serta aktivitas pembelajaran yang jelas [5]. Karena itu, guru perlu mengikuti perkembangan teknologi sekaligus mempertahankan nilai-nilai kemanusiaan dan memperhatikan kodrat alam serta kodrat zaman siswa [6].

Kondisi nyata di kelas VIII SMP Negeri 2 Gedangsari menunjukkan bahwa keterlibatan dan hasil belajar siswa masih perlu ditingkatkan. Data awal menunjukkan bahwa hanya 47% siswa antusias mengikuti pembelajaran, sedangkan ketuntasan berdasarkan Kriteria Ketuntasan Tujuan Pembelajaran (KKTP) baru mencapai 31,25%. Asesmen awal juga menunjukkan bahwa motivasi belajar belum berkembang optimal karena pembelajaran masih berlangsung satu arah. Siswa belum terbiasa berpikir kritis dalam konteks kehidupan sehari-hari; kemampuan menganalisis fenomena dan merumuskan solusi berada di bawah 35% karena aktivitas belajar lebih banyak berada pada tingkat kognitif C1 dan C2. Meskipun 90,63% siswa memiliki akses terhadap gawai, hanya 25% yang memanfaatkannya untuk belajar. Data tersebut menunjukkan perlunya pendekatan STEM dan pemanfaatan teknologi yang lebih terarah.

Permasalahan tersebut berkaitan erat dengan karakteristik materi sel yang bersifat abstrak dan submikroskopis, sulit divisualisasikan, serta memuat banyak istilah ilmiah. Siswa juga mengalami kesulitan menggunakan penalaran matematis untuk memahami skala ukuran sel dan organelnya. Pembelajaran sebelumnya lebih banyak menggunakan metode konvensional dengan poster atau gambar dua dimensi. Akibatnya, sebagian siswa kesulitan memahami materi, merasa bosan, dan kurang bersemangat, yang terlihat dari perilaku mengobrol, melamun, atau mengantuk selama pembelajaran.

Kurikulum Merdeka menekankan pentingnya pembelajaran berdiferensiasi [1]. Namun, penerapannya terkendala oleh keterbatasan alat peraga teknis (*engineering*) dan media digital (*technology*)

yang dapat mengakomodasi kebutuhan belajar siswa. Materi sel yang bersifat submikroskopis memerlukan media visual interaktif, seperti laboratorium virtual, mikroskop digital, atau AR untuk membantu siswa membangun pemahaman konseptual dan mengurangi keterbatasan visualisasi di kelas [7]. Secara lebih luas, tinjauan sistematis menunjukkan bahwa AR berpotensi mendukung pembelajaran STEM melalui representasi visual, interaksi, dan pengalaman belajar kontekstual [8].

Berdasarkan permasalahan tersebut, penulis mengembangkan GATHOT sebagai media yang memadukan sains, teknologi, proses perancangan, dan kearifan lokal. Literasi sains dikaitkan dengan potensi budaya Kabupaten Gunungkidul dan Daerah Istimewa Yogyakarta. Pengembangan ini melanjutkan pengalaman penulis dalam merancang gim edukatif, seperti Kingdom, Nyadran, dan Jatilan, sejak tahun 2020. Gim edukatif berbasis kearifan lokal dapat menciptakan suasana belajar yang menyenangkan sekaligus mendukung penguatan karakter dan pemahaman kontekstual karena materi dihubungkan dengan kebudayaan di sekitar siswa [9]. Melalui GATHOT berbasis STEM, materi sel yang kompleks disajikan sebagai pengalaman belajar yang menyenangkan, adaptif terhadap perkembangan teknologi, dan tetap berakar pada nilai budaya lokal.

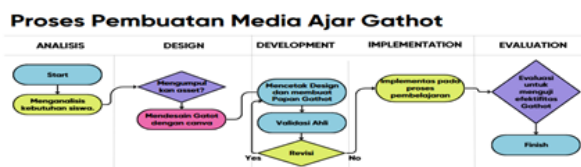
Dengan demikian, media GATHOT dikembangkan untuk memenuhi beberapa kebutuhan pembelajaran. Media ini menghadirkan alat peraga interaktif dan AR untuk memvisualisasikan objek sel yang submikroskopis; mengarahkan pemanfaatan gawai dari media hiburan menjadi sarana belajar dan evaluasi mandiri; menyediakan aktivitas visual, auditori, dan kinestetik yang mendukung pembelajaran berdiferensiasi serta HOTS; dan mengintegrasikan nilai budaya Gunungkidul dan Daerah Istimewa Yogyakarta dengan pembiasaan karakter positif.

Penelitian ini bertujuan mengembangkan dan menguji kelayakan media GATHOT yang terdiri atas *smart board game* berbasis sirkuit listrik dan AR, gim RPG Android, serta proyek model sel berbasis STEM pada materi pengenalan sel kelas VIII. Penerapan media diarahkan untuk meningkatkan motivasi, keterlibatan aktif, dan hasil belajar siswa agar mencapai KKTP; melatih keterampilan berpikir tingkat tinggi, berpikir kritis, kreativitas, dan penalaran matematis; serta mewujudkan pembelajaran yang menyenangkan, bermakna, berdiferensiasi, dan menguatkan karakter berbasis kearifan lokal. Bagi siswa, GATHOT diharapkan membantu memvisualisasikan objek sel yang submikroskopis sehingga mendukung pemahaman konseptual dan ketuntasan belajar. Pemanfaatan gim RPG dan AR

juga memberi pengalaman menggunakan teknologi untuk belajar, sedangkan proyek model sel tiga dimensi melatih keterampilan mencipta, menghitung rasio atau skala, memecahkan masalah, bekerja sama, berkompetisi secara sehat, dan mengenal budaya lokal. Bagi guru, media ini dapat menjadi alternatif pembelajaran kontekstual untuk mengurangi dominasi pembelajaran konvensional. GATHOT juga mendukung penerapan pembelajaran berdiferensiasi dan *joyful learning* serta menyediakan asesmen dengan umpan balik langsung dan soal pada tingkat kognitif C1-C5.

2. Metode

Inovasi ini dikembangkan menggunakan model ADDIE yang meliputi tahap analisis, desain, pengembangan, implementasi, dan evaluasi [10]. Tahapan pengembangan dijelaskan sebagai berikut.



Gambar 1: Alur pengembangan media GATHOT pada materi sel.

1. Tahap Analisis (*Analysis*)

Diskusi guru dan siswa untuk memetakan akar masalah.

- Faktor kognitif: Materi sel memuat istilah ilmiah yang relatif sulit dan objek yang bersifat submikroskopis sehingga sukar divisualisasikan. Kondisi ini berpotensi menimbulkan miskonsepsi; oleh karena itu, dibutuhkan media yang dapat menghadirkan representasi objek biologi secara lebih konkret di kelas [11].
- Faktor afektif: Pembelajaran yang didominasi ceramah satu arah menimbulkan kebosanan dan menurunkan keterlibatan aktif siswa.

2. Tahap Desain (*Design*)

Merancang cetak biru (*blueprint*) media.

- Penyusunan Konten & Media: Pengumpulan aset gambar organel sel, penyusunan bank soal berjenjang, dan konsultasi dengan ahli media untuk merancang rancang bangun *engineering* pada board *game* dan *game* edukasi Android.

- Integrasi Nilai Karakter Pancasila: Menyisipkan tantangan perilaku positif berbasis 7 Kebiasaan Anak Indonesia Hebat (seperti aksi nyata berbagi, menyiram tanaman, meminta maaf, dan mengungkapkan rasa terima kasih).
- Integrasi Kultural: Memasukkan narasi lokal Yogyakarta (makanan tradisional GATHOT, tokoh pewayangan GATHOTkaca, dan situs cagar budaya 5 Candi).

3. Tahap Pengembangan (*Development*)

Tahap pengembangan meliputi produksi media fisik, pemrograman aplikasi, dan uji kelayakan. Validasi materi dilakukan oleh Danis Yulianingrum, S.Pd., guru IPA SMP Negeri 2 Gedangsari, untuk menilai ketepatan konsep sel dan kesesuaian tingkat kognitif soal C1C5. Validasi media dilakukan oleh Dian Kusumawati, S.Kom., guru TIK SMP Negeri 2 Gedangsari, untuk menilai fungsi mekanis sirkuit board *game*, tampilan visual, tata letak, dan kepraktisan aplikasi. Hasil kedua validasi memperoleh skor rata-rata 90% dengan kategori sangat layak. Hasil tersebut menunjukkan bahwa isi dan konstruksi media GATHOT layak untuk diimplementasikan di kelas.

4. Tahap Implementasi (*Implementation*)

(a) Subjek dan Lokasi

Subjek penelitian dan implementasi inovasi ini adalah siswa kelas VIII F SMPN 2 Gedangsari, Kabupaten Gunungkidul, D.I. Yogyakarta, pada semester genap tahun ajaran 2025/2026. Jumlah siswa yang terlibat sebanyak 32 orang.

(b) Waktu dan Durasi Pelaksanaan

Implementasi dilaksanakan dalam dua pertemuan dengan total empat jam pelajaran (4 JP, masing-masing 40 menit).

(c) Alat dan Bahan Praktis

i. Papan Peraga Board *game* GATHOT:

Papan bergambar penampang sel hewan dan tumbuhan, sirkuit kabel tembaga, baterai 3V, lampu pilot, buzzer suara, dan marker kode QR AR.

ii. Kartu Permainan & Kunci Jawaban:

Kartu soal berjenjang C1-C5 dan kartu tantangan karakter.



(a) Papan GATHOT. Terinspirasi poster peta buta konvensional, diganti poster Sel. Siswa mencocokkan gambar dan nama organel dengan sirkuit listrik. Tersedia deskripsi fungsi dan gambar AR organel, dapat diakses ketika siswa mencocokkan organel dan namanya.



(b) Kartu Permainan. Berisi tantangan dan soal pilihan ganda yang harus dikerjakan. Kartu ini diperoleh jika peserta didik bisa menjodohkan organel sel dan namanya dengan benar. Setiap kartu berisi tantangan dan soal. Tantangan yang diberikan berisi tugas-tugas yang menumbuhkan karakter baik dan 7 kebiasaan anak Indonesia Hebat.



(c) Petunjuk/Kunci Jawaban. Kertas panduan berisi petunjuk operasional dan kunci jawaban (*self correction*) bagi kelompok siswa.

Gambar 2: Board game GATHOT.

iii. Gawai (*Smartphone*):

Digunakan untuk memindai AR (*Augmented Reality*) dan menjalankan game Android GATHOT.

iv. Bahan Proyek STEM Model Sel:

Limbah kertas/koran bekas, air, tepung tapioka/lem bubur kertas, pewarna ma-



(a) Start. Siswa wajib membaca ringkasan materi terintegrasi sebelum tombol misi aktif.



(c) Tokoh GATHOTkaca menjalankan misi mengumpulkan bahan pangan lokal melewati lintas wilayah bersejarah mengatasi bencana pakeklik di Kerajaan Pringgodani. Perjalanan dari Candi Risan Gunungkidul hingga Candi Borobudur.



(e) Stage 2 (Candi Ratu Boko): menyajikan evaluasi pilihan ganda tingkat kognitif rendah-menengah (Level C1 - C2: Mengingat & Memahami).



(g) Stage 4 (Candi Prambanan): menyajikan soal menjodohkan fungsional organel tingkat menengah (Level C3 - C4: Menerapkan & Menganalisis) terintegrasi dengan pemindaian objek AR agar interaktif.



(i) Di akhir, seluruh bahan dimasak, pakeklik teratasi. Papan skor (*leaderboard*) menampilkan siswa dengan poin tertinggi sebagai pemenang utama.



(b) *Fun Fact* yang disisipkan berisi informasi singkat, unik, tidak terduga, dan kontekstual mengenai sel dalam kehidupan sehari-hari dan menarik sehingga meningkatkan daya ingat (*long term memory*).



(d) Stage 1 (Candi Risan): menyajikan evaluasi tipe soal Benar/Salah (*True/False*). Nilai langsung muncul di layar sebagai modal mengumpulkan bahan pangan pertama.



(f) Stage 3 (Candi Kalasan): menyajikan tantangan menjodohkan visual gambar organel dengan nomenklatur ilmiahnya (Level C1 - C2).



(h) Stage 5 (Candi Borobudur): puncak evaluasi berupa soal pilihan ganda HOTS (*higher order thinking skills*) tingkat tinggi (Level C4 - C5: Menganalisis dan Mengevaluasi).

Gambar 3: Gim Edukatif GATHOT. Aplikasi mobile petualangan RPG (*Role Playing Game*) sebagai alat evaluasi.

kanan, wadah, dan penggaris/skala pencetak

Prosedur Pembelajaran dengan GATHOT:

i. Sintaks 1

Stimulasi & Identifikasi Masalah: Guru membuka kelas, memberikan tes awal, dan mengorientasikan siswa pada teka-teki komponen sel.

ii. Sintaks 2

Pengumpulan & Pengolahan Data via

Board Game GATHOT:

- A. Siswa berkolaborasi, bergiliran mencocokkan organel sel pada papan sirkuit.
 - B. Integrasi STEM dalam permainan: Siswa mengeksplorasi indikator lampu sebagai bagian dari aspek sains, memindai kode QR dengan gawai untuk menampilkan visualisasi sel tiga dimensi sebagai bagian dari aspek teknologi, serta membaca fungsi organel dengan suara nyaring. Aktivitas yang melibatkan gerak, visual, dan audio digunakan untuk membantu mempertahankan fokus siswa selama pembelajaran.
- iii. Sintaks 3
Pembuktian (Mengerjakan Kartu Tantangan): Jika jawaban benar, siswa berhak menjawab soal pilihan ganda dan mengeksekusi tantangan karakter pada kartu permainan untuk menambah 1 poin. Jika tim asal salah, kelompok lain diberikan hak untuk merebut kartu (*jackpot*).
- iv. Sintaks 4
Generalisasi (Evaluasi Mandiri Digital): Siswa menggunakan Gim Edukatif GATHOT Android sebagai instrumen asesmen sumatif mandiri berbasis tingkatan level C1 hingga C5 untuk mengukur kedalaman analisis kognitif individu.

Instrumen Penilaian dan Teknik Analisis Data

Data dikumpulkan menggunakan instrumen berikut:

- i. Lembar Validasi Ahli:
Skala Likert 14 untuk mengukur kelayakan media
- ii. Tes Hasil Belajar:
10 butir soal pilihan ganda berjenjang (C1-C5) untuk tes awal dan tes akhir.
- iii. Lembar Refleksi Siswa:
Angket isian kualitatif mengenai kesan dan motivasi belajar.
- iv. Persentase ketuntasan belajar dihitung menggunakan formula:

$$\% \text{ Ketuntasan} = \left(\frac{\sum \text{Siswa Tuntas}}{\sum \text{Total Siswa}} \right) \times 100\%$$

- v. Siswa dinyatakan tuntas apabila memperoleh nilai minimal 61 sesuai dengan KKTP mata pelajaran IPA.

5. Tahap Evaluasi (Evaluation)

- (a) Peningkatan hasil belajar kognitif dievaluasi dengan membandingkan nilai tes awal dan tes akhir setelah penggunaan media GATHOT.
- (b) Penguatan penalaran matematis dan keterampilan *engineering* dievaluasi melalui proyek STEM pada tingkat C6. Siswa diminta menciptakan model fisik sel tiga dimensi dari limbah kertas, menghitung rasio ukuran organel agar proporsional, memperkirakan kebutuhan bahan, dan merancang struktur penampang agar berdiri kokoh. Aktivitas tersebut diarahkan untuk melatih kemampuan mencipta, menganalisis, dan memecahkan masalah.

3. Hasil dan Pembahasan

Penelitian ini menggunakan analisis deskriptif kuantitatif untuk membandingkan hasil belajar siswa sebelum dan sesudah menggunakan media GATHOT. Instrumen tes terdiri atas 10 soal pilihan ganda berjenjang pada tingkat kognitif C1-C5. Media dinyatakan mencapai target keberhasilan apabila sedikitnya 70% siswa memperoleh nilai di atas KKTP yaitu minimal 61.

Tabel 1: Perbandingan hasil tes awal dan tes akhir siswa.

Kategori	Formatif Awal			Kategori	Formatif Akhir		
	Rentang nilai	Jml siswa	%		Rentang nilai	Jml siswa	%
Tuntas	61-100	10	31,3	Tuntas	61-100	27	84,4
Tidak tuntas	30-60	22	68,8	Tidak tuntas	40-60	5	15,6

Tabel 1 menunjukkan bahwa penggunaan GATHOT meningkatkan hasil belajar siswa. Ketuntasan belajar meningkat sebesar 53,13 poin persentase dibandingkan kondisi awal. Pada tes akhir, sebanyak 84,38% siswa mencapai KKTP. Peningkatan tersebut mengindikasikan bahwa visualisasi interaktif dan umpan balik langsung pada GATHOT membantu siswa memahami objek submikroskopis yang abstrak. Hasil ini selaras dengan kajian yang menunjukkan bahwa gamifikasi dapat memberikan pengaruh positif terhadap capaian kognitif, motivasi, dan perilaku apabila elemen permainan dipadukan dengan rancangan pembelajaran yang tepat [12, 13].

Penerapan media GATHOT (*Game Temukan, Hubungkan Objek, dan Tunjukkan*) berbasis STEM menunjukkan perbaikan proses dan hasil belajar siswa kelas VIII SMP Negeri 2 Gedangsari pada materi pengenalan sel. Ketuntasan belajar meningkat dari 31,25% menjadi 84,38%, atau sebesar 53,13 poin persentase. Hasil tersebut menunjukkan bahwa kombinasi *smart board game*, gim RPG pada perangkat seluler, dan proyek model sel tiga dimensi membantu siswa mempelajari konsep biologi yang abstrak.

1. Visualisasi Konsep Submikroskopis melalui Pembelajaran Multisensori dan Umpan Balik Langsung Materi sel sulit dipahami karena objeknya bersifat submikroskopis dan memuat banyak istilah ilmiah. Media dua dimensi yang pasif belum memadai untuk membangun representasi mental yang kuat. *smart board game* GATHOT berbasis sirkuit listrik memberikan umpan balik langsung berupa lampu dan suara ketika siswa memasang organel secara tepat. Aktivitas motorik-kinestetik yang dipadukan dengan umpan balik visual dan audio membantu memusatkan perhatian siswa. Pengalaman tersebut diperkaya dengan AR yang menampilkan struktur sel tiga dimensi pada gawai sehingga membantu menghubungkan konsep abstrak dengan representasi yang lebih konkret [7, 8, 11].
2. Peningkatan Motivasi dan Pengalaman Belajar Bermakna
Sebelum implementasi media, asesmen awal menunjukkan bahwa antusiasme belajar siswa baru mencapai 47%. GATHOT mengubah pembelajaran satu arah menjadi kegiatan yang lebih interaktif dan berpusat pada siswa. Melalui aplikasi RPG Android yang memuat alur pewayangan Gathotkaca dan cagar budaya Yogyakarta, evaluasi kognitif dikemas dalam bentuk gim. Suasana belajar yang menyenangkan membantu siswa mempertahankan fokus, sedangkan narasi lokal menjadikan materi lebih relevan dan bermakna [5, 9]. Temuan tersebut juga konsisten dengan hasil meta-analisis bahwa gamifikasi dapat memberikan pengaruh positif terhadap hasil belajar, meskipun efektivitasnya bergantung pada desain dan konteks penerapan [12, 13].
3. Pengembangan HOTS dan Keterampilan STEM
GATHOT juga diarahkan untuk mengembangkan keterampilan berpikir tingkat tinggi. Melalui proyek pembuatan model sel tiga dimensi dari bahan limbah, siswa bergerak dari kegiatan mengingat

dan memahami menuju kegiatan mencipta. Integrasi unsur STEM tampak pada kegiatan berikut:

- (a) *Engineering*: Merancang penampang sel agar berdiri kokoh dan stabil.
- (b) *Mathematics*: Mengalkulasi rasio perbesaran organel secara proporsional dan mengestimasi kebutuhan bahan.
- (c) *Science & Technology*: Memanfaatkan gawai untuk pemindaian AR serta analisis fungsi biologi organel.

Proses perancangan tersebut melatih siswa menerapkan *Engineering Design Process* secara sistematis [5].

4. Akomodasi Diferensiasi Belajar dan Penguatan Karakter

Implementasi GATHOT menerapkan prinsip pembelajaran berdiferensiasi melalui beragam bentuk representasi dan aktivitas yaitu visualisasi AR dan grafis gim, instruksi suara dan penjelasan fungsi organel, serta perakitan sirkuit dan pembuatan model tiga dimensi [1]. Kartu tantangan yang memuat pembiasaan positif, termasuk 7 Kebiasaan Anak Indonesia Hebat digunakan untuk mengintegrasikan capaian akademik dengan penguatan karakter. Meskipun hasil implementasi menunjukkan peningkatan, penelitian ini memiliki beberapa keterbatasan. Implementasi hanya dilakukan pada satu rombongan belajar sehingga hasilnya belum dapat digeneralisasikan ke populasi yang lebih luas. Cakupan media juga masih terbatas pada struktur dan fungsi organel sel. Selain itu, penggunaan papan permainan fisik memerlukan perakitan sirkuit secara manual dan perawatan berkala. Karena penelitian menggunakan perbandingan tes awal dan tes akhir pada satu kelompok tanpa kelompok pembanding, peningkatan hasil belajar belum dapat sepenuhnya diatribusikan hanya kepada penggunaan media GATHOT.

Keterbatasan tersebut perlu ditindaklanjuti melalui implementasi pada lebih dari satu kelas atau sekolah dan, apabila memungkinkan, menggunakan rancangan dengan kelompok pembanding. Konten GATHOT juga perlu diperluas ke materi IPA abstrak lainnya, seperti sistem organ, ekosistem, atau genetika. Pengembangan versi aplikasi seluler atau berbasis web dapat mengurangi ketergantungan pada papan sirkuit fisik dan memperluas akses pembelajaran. Selanjutnya, alur cerita berbasis kearifan lokal dan variasi soal pemecahan masalah

kompleks perlu diperkaya agar media tetap relevan dan mampu mempertahankan minat belajar siswa.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan mengenai penerapan media GATHOT pada materi pengenalan sel di kelas VIII SMP Negeri 2 Gedangsari, diperoleh simpulan bahwa media yang dikembangkan dengan model ADDIE melalui integrasi tiga komponen (*smart board game* berbasis sirkuit dan AR, gim RPG Android, serta proyek model sel berbasis STEM) terbukti sangat layak dengan skor validasi ahli rata-rata 90%. Dari segi capaian kognitif, ketuntasan belajar meningkat sebesar 53,13 poin persentase, dari 31,25% (10 siswa) pada tes awal menjadi 84,38% (27 siswa) pada tes akhir. Selain itu, pendekatan *engineering design process* (EDP) dalam pembuatan model sel 3D dari limbah memungkinkan siswa mencapai tingkat kognitif C6 (mencipta) sekaligus melatih keterampilan kalkulasi rasio/skala (matematika) dan perancangan struktur (teknik). Media ini juga mendukung pembelajaran berdiferensiasi karena memfasilitasi gaya belajar visual, auditori, dan kinestetik, serta mengintegrasikan kearifan lokal Gunungkidul/Yogyakarta dan tantangan pembiasaan positif sehingga mampu meningkatkan motivasi intrinsik (*joyful and meaningful learning*) dan menguatkan karakter luhur siswa.

Daftar Pustaka

- [1] C. A. Tomlinson, *How to Differentiate Instruction in Mixed-Ability Classrooms*, 2nd ed. Alexandria, VA, USA: Association for Supervision and Curriculum Development, 2001.
- [2] A. N. Prinotama, S. Suyanto, dan I. G. P. Suryadarma, "Pengaruh Model Pembelajaran Joyful Learning Berbantuan Media Game Edukasi terhadap Hasil Belajar dan Motivasi Siswa," *Jurnal Inovasi Pendidikan IPA*, vol. 5, no. 2, pp. 145-154, 2019.
- [3] S. Freeman, S. L. Eddy, M. McDonough, M. K. Smith, N. Okoroafor, H. Jordt, dan M. P. Wenderoth, "Active Learning Increases Student Performance in Science, Engineering, and Mathematics," *Proceedings of the National Academy of Sciences*, vol. 111, no. 23, pp. 8410-8415, 2014. <https://doi.org/10.1073/pnas.1319030111>
- [4] S. D. Gunarsa, *Psikologi Perkembangan Anak dan Remaja*. Jakarta, Indonesia: BPK Gunung Mulia, 2019.
- [5] Y. Pramudita, A. H. Setiawan, dan R. Rahmawati, "Pemanfaatan Media Pembelajaran Interaktif Digital untuk Meningkatkan Keterlibatan dan Hasil Belajar Siswa di Era Digital," *Jurnal Teknopen: Jurnal Teknologi Pendidikan*, vol. 9, no. 1, pp. 33-42, 2024.
- [6] K. H. Dewantara, *Menuju Manusia Merdeka: Pemikiran, Konsep, dan Implementasi Pendidikan*. Yogyakarta, Indonesia: LeutikaPrio, 2009.
- [7] A. Firdaus, B. Utomo, dan R. R. A. Kurnia, "Pengembangan Laboratorium Virtual Berbasis 3D untuk Mengatasi Keterbatasan Visualisasi Konsep Submikroskopis Biologi," *JINoP (Jurnal Inovasi Pembelajaran)*, vol. 8, no. 1, pp. 58-69, 2022.
- [8] M.-B. Ibáñez dan C. Delgado-Kloos, "Augmented Reality for STEM Learning: A Systematic Review," *Computers & Education*, vol. 123, pp. 109-123, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2018.05.002>
- [9] A. Saputra, M. Hidayat, dan E. N. Setyowati, "Penerapan Game Edukasi Berbasis Kearifan Lokal untuk Meningkatkan Pemahaman Kontekstual dan Karakter Siswa," *Jurnal Pendidikan Kebudayaan dan Sosial*, vol. 4, no. 2, pp. 112-123, 2023.
- [10] Sugiyono, *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D*. Bandung, Indonesia: Alfabeta, 2018.
- [11] D. Aditya dan S. Handayani, "Visualisasi Konkret dalam Pembelajaran Biologi: Mengatasi Miskonsepsi Siswa pada Konsep Abstrak Organel Sel," *Jurnal Pendidikan Biologi Indonesia*, vol. 6, no. 2, pp. 201-210, 2020.
- [12] R. Huang, A. D. Ritzhaupt, M. Sommer, J. Zhu, A. Stephen, N. Valle, J. Hampton, dan J. Li, "The Impact of Gamification in Educational Settings on Student Learning Outcomes: A Meta-Analysis," *Educational Technology Research and Development*, vol. 68, pp. 1875-1901, 2020. <https://doi.org/10.1007/s11423-020-09807-z>
- [13] M. Sailer dan L. Homner, "The Gamification of Learning: A Meta-Analysis," *Educational Psychology Review*, vol. 32, pp. 77-112, 2020. <https://doi.org/10.1007/s10648-019-09498-w>