

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Kemajuan teknologi digital pada abad ke-21 telah membawa perubahan signifikan dalam dunia pendidikan, termasuk dalam penyelenggaraan layanan pendidikan bagi peserta didik berkebutuhan khusus. Pemanfaatan media pembelajaran berbasis digital menjadi salah satu inovasi penting untuk mewujudkan proses pembelajaran yang lebih inklusif, adaptif, dan interaktif. Hal ini sejalan dengan amanat Undang-Undang Nomor 8 Tahun 2016 tentang Penyandang Disabilitas serta Permendiknas Nomor 70 Tahun 2009 tentang Pendidikan Inklusif, yang menegaskan hak setiap peserta didik penyandang disabilitas untuk memperoleh layanan pendidikan bermutu sesuai dengan kebutuhan dan kemampuannya. Pengembangan media pembelajaran berbasis teknologi dengan demikian merupakan bentuk implementasi kebijakan pemerintah dalam meningkatkan aksesibilitas dan kualitas pendidikan bagi anak berkebutuhan khusus (Yunianto, 2026).

Anak tunagrahita merupakan bagian dari penyandang disabilitas intelektual yang ditandai dengan tingkat intelegensi yang secara signifikan berada di bawah rata-rata, sehingga mempengaruhi kemampuan belajar dan adaptasi. Kondisi tersebut menyebabkan anak tunagrahita memiliki sejumlah karakteristik utama, yang meliputi keterbatasan dalam bidang akademik, interaksi sosial, komunikasi, dan perilaku. Salah satu karakteristik yang paling menonjol adalah kesulitan belajar, yang secara langsung mempengaruhi proses pembelajaran karena menuntut kemampuan mengingat, memahami informasi, serta mengaitkan hubungan sebab dan akibat (Syam et al., 2023a).

Anak berkebutuhan khusus sering menghadapi hambatan dalam memahami materi yang disajikan melalui metode pembelajaran konvensional, seperti ceramah atau penyampaian materi yang bersifat tekstual. Kondisi ini dapat menyebabkan proses penerimaan informasi menjadi kurang optimal, sehingga diperlukan media pembelajaran yang lebih interaktif, konkret, dan

sesuai dengan karakteristik belajar siswa (Pramita et al., 2026).

Dalam kurikulum pendidikan dasar, pengenalan waktu merupakan salah satu materi dalam mata pelajaran matematika yang termasuk dalam kemampuan numerasi aplikatif, yaitu kemampuan memahami dan menggunakan konsep bilangan dalam situasi kehidupan sehari-hari. Bagi siswa dengan disabilitas intelektual, numerasi kontekstual berperan penting dalam pengelolaan aktivitas harian serta pengembangan keterampilan hidup (*life skills*), sehingga pembelajaran pengenalan waktu perlu disajikan secara konkret, bertahap, dan adaptif sesuai dengan kemampuan siswa. Materi pengenalan waktu tidak hanya menekankan kemampuan membaca jam, tetapi juga mencakup pemahaman hubungan antara waktu dan aktivitas sehari-hari, seperti bangun tidur, berangkat ke sekolah, serta waktu istirahat. Dalam pembelajaran ini, siswa tunagrahita diharapkan mampu memahami konsep dasar waktu, seperti mengenali posisi jarum jam, membaca tanda waktu, serta menyusun jadwal kegiatan sederhana sebagai bekal untuk mengelola waktu secara lebih mandiri dalam kehidupan sehari-hari (Nurjihan & Bunawan, 2025). Kemampuan memahami dan mengelola waktu juga menjadi salah satu keterampilan penting yang mendukung kemandirian individu dengan tunagrahita, karena kemampuan tersebut berkaitan dengan kemampuan mengikuti jadwal kegiatan, menyelesaikan tugas tepat waktu, serta menjalankan aktivitas kehidupan sehari-hari secara terstruktur (Widya et al., 2024).

Untuk mengimplementasikan kebijakan pendidikan inklusif dan pemenuhan hak pendidikan bagi peserta didik berkebutuhan khusus sebagaimana diamanatkan dalam regulasi nasional, diperlukan peran satuan pendidikan yang mampu menyediakan layanan pendidikan khusus secara adaptif dan berkelanjutan. Salah satu institusi yang menjalankan peran tersebut adalah SLB Negeri Taruna Mandiri yang berlokasi di Jalan Raya Caracas–Mandirancan, Desa Sampora, Kecamatan Cilimus, Kabupaten Kuningan, sebagai penyelenggara Program Pendidikan Khusus dan Pendidikan Layanan Khusus (PK dan PLK). Berdasarkan keterangan Kepala Sekolah SLB Negeri

Taruna Mandiri, Ibu Kokoy Kurnaeti, M.Pd., sekolah ini menerapkan integrasi program pendidikan reguler dan vokasional pada setiap jenjang pendidikan sebagai wujud implementasi visi dan misi sekolah dalam menyediakan layanan pendidikan inklusif yang adaptif terhadap kebutuhan peserta didik berkebutuhan khusus.

Berdasarkan hasil observasi dan wawancara di SLB Negeri Taruna Mandiri Kabupaten Kuningan, proses pembelajaran pengenalan waktu masih menggunakan pendekatan konvensional dengan memanfaatkan alat peraga jam analog. Penggunaan alat peraga jam analog dalam pembelajaran pengenalan waktu ini sejalan dengan Modul Ajar Matematika SDLB Fase C yang menetapkan capaian pembelajaran mengenal satuan waktu jam dan menit, serta tujuan pembelajaran menunjukkan keterangan waktu berdasarkan gambar jam dan menggambar jarum jam sesuai keterangan waktu (Rohayati, 2024). Penggunaan media tersebut sebenarnya memiliki kelebihan karena bersifat konkret dan manipulatif, sehingga dapat membantu siswa tunagrahita mengenali bentuk jam, angka, serta posisi jarum jam secara langsung. Namun demikian, media tersebut masih memiliki beberapa keterbatasan, di antaranya bersifat statis, kurang menyediakan unsur visual dan audio yang menarik, serta belum mampu memberikan umpan balik secara langsung terhadap jawaban siswa. Selain itu, konsep waktu yang bersifat abstrak serta perbedaan kemampuan kognitif antar siswa tunagrahita juga menjadi faktor yang mempengaruhi kesulitan siswa dalam memahami materi pengenalan waktu. Media pembelajaran yang digunakan juga belum mampu menyesuaikan tingkat kesulitan pembelajaran dengan kemampuan masing-masing siswa. Kondisi tersebut menyebabkan sebagian siswa masih mengalami kesulitan dalam memahami konsep waktu secara lebih mendalam. Hal tersebut diperkuat oleh hasil pre-test siswa tunagrahita kelas V dan VI di SLB Negeri Taruna Mandiri yang menunjukkan bahwa sebagian besar siswa, yaitu sebesar 85,71%, masih mengalami kesulitan dalam memahami konsep pengenalan waktu. Ketepatan jawaban dan waktu respon dipilih sebagai indikator performa karena kedua aspek tersebut dapat merepresentasikan tingkat pemahaman dan kecepatan

pemrosesan informasi siswa tunagrahita dalam menyelesaikan soal pengenalan waktu. Kedua indikator ini kemudian digunakan sebagai dasar penentuan tingkat kesulitan soal secara adaptif.

Berbagai faktor tersebut, baik keterbatasan media pembelajaran konvensional maupun kesulitan siswa tunagrahita dalam memahami konsep waktu yang bersifat abstrak, berdampak pada rendahnya pemahaman siswa terhadap konsep waktu secara komprehensif. Siswa cenderung hanya mampu menyebutkan waktu tanpa memahami konsep menit dan durasi, meskipun pembelajaran telah dilakukan melalui pembiasaan rutinitas dan kegiatan tertulis. Media yang minim unsur visual dan audio interaktif juga menyebabkan siswa mudah terdistraksi dan kesulitan mempertahankan fokus belajar, sementara perbedaan kemampuan dan kecepatan belajar antar siswa menuntut pendekatan pembelajaran yang lebih adaptif. Oleh karena itu, diperlukan pengembangan media pembelajaran interaktif berbasis multimedia, seperti game edukasi, untuk meningkatkan motivasi belajar, membantu pemahaman konsep waktu secara bertahap, serta mendukung kemandirian siswa dalam kehidupan sehari-hari. Salah satu media pembelajaran yang tepat dan disesuaikan dengan berkembangnya teknologi saat ini adalah multimedia pembelajaran berupa game edukasi (Polgan et al., 2025).

Sejumlah penelitian terdahulu menunjukkan bahwa penggunaan game edukasi memberikan dampak positif terhadap keterlibatan dan motivasi belajar siswa berkebutuhan khusus. Yunianto (2026) menunjukkan bahwa penggunaan media pembelajaran interaktif berbasis game edukatif di SLB Negeri Semarang mampu meningkatkan motivasi, fokus, dan partisipasi siswa dalam kegiatan pembelajaran. Hal ini disebabkan karena game mampu menyajikan materi pembelajaran melalui kombinasi visual, animasi, serta interaksi yang sesuai dengan karakteristik kognitif siswa berkebutuhan khusus, sehingga proses belajar menjadi lebih menarik dan mudah dipahami. Game dapat memperluas cakupan pembelajaran dengan mengubah konsep-konsep yang sulit dipahami menjadi lebih konkret dan mudah dicerna oleh siswa. Sejalan dengan hal tersebut, pendekatan pembelajaran berbasis permainan (*game-based learning*)

menunjukkan potensi besar dalam meningkatkan motivasi dan keterlibatan siswa melalui komponen permainan seperti tantangan, umpan balik langsung, dan sistem penghargaan yang menciptakan suasana belajar yang lebih interaktif dan menyenangkan (Kusuma et al., 2022; Wibawa et al., 2020).

Permainan edukatif juga berfungsi sebagai media pembelajaran yang mengintegrasikan unsur pendidikan ke dalam aktivitas bermain, sehingga mampu mengurangi kejenuhan dan mendorong partisipasi aktif siswa dalam memahami materi secara lebih mendalam (Al Akbar et al., 2025). Gamifikasi adaptif terbukti mampu meningkatkan fokus belajar serta mendukung perkembangan kemampuan berpikir dan pemecahan masalah melalui pemberian tantangan yang sesuai dengan tingkat kesiapan siswa (Ignasia, 2025). Namun, sebagian besar penelitian game edukasi masih menerapkan tingkat kesulitan yang bersifat statis atau penyesuaian yang belum sepenuhnya mempertimbangkan perbedaan kemampuan dan kecepatan belajar siswa secara real-time, sehingga efektivitasnya pada siswa tunagrahita belum optimal.

Selain itu, konsep *Content Adaptive Learning* memperkuat pendekatan adaptif dengan menekankan penyesuaian konten pembelajaran berdasarkan karakteristik dan kemampuan individu peserta didik. Penelitian (Sulistiyanto et al., 2023) menunjukkan bahwa penyajian konten yang disesuaikan dengan kebutuhan pengguna mampu meningkatkan efektivitas pembelajaran dibandingkan pendekatan seragam. Namun, penelitian tersebut belum secara spesifik mengintegrasikan mekanisme adaptasi berbasis logika fuzzy dalam game pembelajaran untuk siswa tunagrahita. Oleh karena itu, penelitian ini mengembangkan game pembelajaran adaptif dengan menerapkan algoritma Fuzzy Mamdani untuk menyesuaikan tingkat kesulitan soal secara dinamis berdasarkan performa siswa berdasarkan performa siswa yang diukur dari ketepatan jawaban dan waktu respon dalam mengerjakan soal.

Metode Fuzzy Mamdani dipilih karena merupakan salah satu sistem inferensi fuzzy yang menggunakan aturan IF-THEN dan fungsi keanggotaan fuzzy untuk menangani ketidakpastian dalam proses pengambilan keputusan (Pujaru et al., 2024). Dibandingkan dengan metode inferensi fuzzy lainnya,

seperti Sugeno dan Tsukamoto, Fuzzy Mamdani memiliki karakteristik yang lebih intuitif dan mudah dipahami. Metode Fuzzy Sugeno menghasilkan output berupa nilai konstanta atau persamaan linear yang bergantung pada variabel input (Islamiyati et al., 2025), sedangkan metode Fuzzy Tsukamoto menghasilkan nilai tegas (crisp value) pada setiap aturan melalui perhitungan α -predikat dan mensyaratkan fungsi keanggotaan output yang bersifat monoton (Nurhidayah et al., 2025). Berbeda dengan kedua metode tersebut, Fuzzy Mamdani menghasilkan output dalam bentuk himpunan fuzzy yang kemudian didefuzzifikasi menjadi nilai tegas sehingga mampu merepresentasikan pengetahuan dan penalaran manusia dalam bentuk aturan linguistik yang lebih mudah diinterpretasikan. Selain itu, fleksibilitas dalam penggunaan himpunan linguistik memungkinkan metode Fuzzy Mamdani merepresentasikan kondisi kemampuan siswa yang bersifat tidak pasti, seperti kategori cepat, sedang, atau lambat dalam menjawab soal serta kategori benar dan kurang tepat dalam menjawab pertanyaan. Karakteristik tersebut menjadikan Fuzzy Mamdani lebih sesuai untuk menentukan tingkat kesulitan soal secara adaptif berdasarkan kombinasi ketepatan jawaban dan waktu respon siswa tunagrahita.

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan oleh (Ardiadna & Setiawan, 2023) pada game edukasi mitigasi gempa bumi *Quake Run*, penerapan algoritma Fuzzy Mamdani terbukti berhasil menciptakan tingkat kesulitan permainan yang adaptif. Algoritma ini mampu menyesuaikan tingkat kesulitan secara dinamis berdasarkan kemampuan pemain melalui pemrosesan beberapa parameter, seperti sisa poin kesehatan, sisa waktu, jumlah rintangan, serta item pendukung permainan. Hasil uji coba (*playtesting*) menunjukkan adanya variasi tingkat kesulitan yang signifikan, dengan skor berkisar antara 5 hingga 28,36, sehingga sistem mampu menjaga keseimbangan tantangan permainan dan mempertahankan pemain dalam kondisi optimal tanpa menimbulkan rasa bosan maupun frustrasi.

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini memiliki kebaruan berupa pengembangan game edukasi pengenalan waktu bagi siswa tunagrahita yang mengintegrasikan algoritma Fuzzy Mamdani untuk menentukan tingkat

kesulitan soal secara adaptif dan real-time berdasarkan kombinasi ketepatan jawaban dan waktu respons siswa. Pendekatan ini memungkinkan setiap siswa memperoleh pengalaman belajar yang lebih personal sesuai dengan kemampuan dan kecepatan belajarnya. Oleh karena itu, penulis merancang penelitian yang berjudul **"PENGEMBANGAN GAME EDUKASI ADAPTIF BERBASIS FUZZY MAMDANI UNTUK PENGENALAN WAKTU PADA SISWA TUNAGRAHITA"**.

1.2 Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, maka dapat diidentifikasi permasalahan sebagai berikut:

1. Proses pembelajaran pengenalan waktu di SLB Negeri Taruna Mandiri masih dilakukan secara manual dengan menggunakan alat peraga jam analog berbahan kayu. Hal ini disebabkan belum tersedianya media pembelajaran berbasis teknologi yang interaktif di sekolah, sehingga penyampaian materi sepenuhnya bergantung pada demonstrasi guru. Akibatnya, siswa tunagrahita tidak memperoleh stimulasi visual yang berulang dan interaktif yang dibutuhkan untuk memahami konsep waktu secara konkret, yang berdampak pada rendahnya pemahaman dan keterlibatan aktif siswa selama proses pembelajaran.
2. Belum adanya bahan ajar khusus yang dikembangkan sesuai karakteristik siswa tunagrahita, bahan ajar yang digunakan dalam pembelajaran pengenalan waktu di SLB Negeri Taruna Mandiri masih terbatas dan belum tersusun secara bertahap dari konsep konkret menuju abstrak. Kondisi ini menyebabkan siswa hanya mampu mengenali bentuk jam atau menyebutkan waktu secara sederhana, namun belum sepenuhnya memahami konsep menit, durasi, serta hubungan waktu dengan aktivitas sehari-hari, sehingga tujuan pembelajaran pengenalan waktu tidak tercapai secara optimal.
3. Berdasarkan hasil studi literatur, pengembangan media pembelajaran pengenalan waktu pada penelitian-penelitian terdahulu umumnya masih

menggunakan tingkat kesulitan yang bersifat tetap, sehingga belum mampu menyesuaikan tingkat kesulitan soal berdasarkan performa siswa, khususnya ketepatan jawaban dan waktu respons siswa tunagrahita.

1.3 Rumusan Masalah

Berdasarkan identifikasi masalah yang telah diuraikan, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana membuat game edukasi sebagai media pembelajaran yang dapat membantu siswa tunagrahita di SLB Negeri Taruna Mandiri dalam memahami konsep waktu pada jam analog?
2. Bagaimana mengimplementasikan algoritma Fuzzy Mamdani pada game edukasi pengenalan waktu untuk menyesuaikan tingkat kesulitan soal secara adaptif berdasarkan ketepatan jawaban dan waktu respons siswa tunagrahita?

1.4 Batasan Masalah

Agar penelitian yang akan dilakukan lebih terfokus dan sistematis serta tidak keluar dari apa yang telah ditetapkan, maka diperlukan adanya batasan masalah. Adapun batasan masalah dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Game yang dibangun dalam penelitian ini merupakan game simulasi (*simulation*) dengan *subgenre* edukasi interaktif 2D berbasis Android.
2. Materi pembelajaran dan soal dalam game berfokus pada pengenalan waktu, meliputi jam dan menit sederhana.
3. Tingkat kesulitan soal dibedakan menjadi tiga tingkat, yaitu:
 - a. Mudah, menggunakan soal jam tepat (kelipatan 60 menit).
 - b. Sedang, menggunakan soal dengan selang waktu 30 menit.
 - c. Sulit, menggunakan soal dengan selang waktu acak (5, 10, 15, 20, 25, 35, 40, 45, 50, 55 menit).
4. Game edukasi pengenalan waktu dibatasi pada dua bagian utama, yaitu materi pembelajaran dan latihan soal. Pada bagian materi, siswa mempelajari konsep waktu dengan memutar jarum jam analog yang disertai audio penjelasan. Pada bagian latihan, siswa diminta memutar

jarum jam sesuai instruksi audio dengan tingkat kesulitan mudah, sedang, dan sulit.

5. Game edukasi ini bersifat *single player* yang hanya bisa dimainkan oleh 1 orang pemain.
6. Game dibuat sebagai media pembelajaran alternatif untuk membantu meningkatkan pemahaman siswa terhadap konsep waktu.
7. Bank soal yang digunakan berjumlah 144 soal.
8. Sampel penelitian ini berjumlah 9 siswa kelas V dan VI tunagrahita di SLBN Taruna Mandiri. Teknik yang digunakan adalah sampling jenuh (total sampling) karena jumlah populasi terbatas dan memiliki karakteristik khusus.
9. Metode *Game Development Life Cycle* (GDLC) digunakan sebagai metode pengembangan sistem dalam pembuatan game edukasi pengenalan waktu.
10. Aplikasi ini dirancang untuk perangkat smartphone berbasis Android, dengan spesifikasi minimum OS versi 8.0 (Oreo) dan kapasitas RAM 3 GB untuk menjamin performa yang optimal.
11. Algoritma Fuzzy Mamdani diimplementasikan untuk menyesuaikan Tingkat kesulitan soal (mudah, sedang, dan sulit). Algoritma ini menggunakan dua variabel input, yaitu:
Ketepatan jawaban, dengan himpunan fuzzy rendah, sedang, dan tinggi, serta rentang nilai 0–100.
Waktu respon, dengan himpunan fuzzy cepat, sedang, dan lambat, serta rentang nilai 0–60 detik.
12. Pengguna terdiri dari guru dan siswa.
13. Guru memiliki hak akses untuk mengelola soal, mengelola data siswa, serta memantau skor hasil belajar siswa melalui aplikasi berbasis web yang terintegrasi dengan game edukasi.
14. Siswa hanya dapat mengakses game berbasis android.
15. Game edukasi pengenalan waktu ini dikembangkan menggunakan beberapa tools dan bahasa pemrograman sebagai berikut:

- a. *Unity* digunakan sebagai *game engine* dalam pembuatan game dengan bahasa pemrograman C# (C-Sharp).
 - b. Adobe Illustrator digunakan untuk perancangan antarmuka pengguna dan aset visual game.
 - c. Rational Rose digunakan untuk pemodelan sistem dalam bentuk diagram UML.
 - d. PHP digunakan untuk pengembangan aplikasi web yang berfungsi sebagai pengelola data pendukung game.
 - e. *Firebase* digunakan sebagai basis data (*Database*) untuk menyimpan dan mengelola data yang digunakan dalam sistem.
16. Sistem hanya menyesuaikan tingkat kesulitan dan bantuan (audio dan visual) berdasarkan aturan logika fuzzy yang bersifat statis, sehingga belum menerapkan algoritma pembelajaran mesin (*Machine Learning*) yang mampu mempelajari data secara dinamis.
17. Pengujian hanya berfokus pada fungsionalitas dan *usability* (melibatkan guru dan siswa), tanpa membandingkan metode pembelajaran lain.

1.5 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah, maka tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Merancang dan membangun game edukasi pengenalan waktu sebagai media pembelajaran alternatif yang dapat membantu siswa tunagrahita di SLB Negeri Taruna Mandiri dalam memahami konsep waktu pada jam analog.
2. Mengimplementasikan algoritma Fuzzy Mamdani pada game edukasi pengenalan waktu untuk menyesuaikan tingkat kesulitan soal secara adaptif berdasarkan ketepatan jawaban dan waktu respon siswa tunagrahita.

1.6 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan memberikan kontribusi yang signifikan baik secara teoritis maupun praktik, sebagai berikut:

Manfaat Teoritis:

- a. Memberikan kontribusi terhadap pengembangan keilmuan di bidang teknologi pembelajaran adaptif, khususnya penerapan algoritma Fuzzy Mamdani dalam menentukan tingkat kesulitan soal secara adaptif berdasarkan ketepatan jawaban dan waktu respon siswa pada game edukasi bagi peserta didik berkebutuhan khusus.
- b. Menambah referensi ilmiah dalam bidang Pendidikan Luar Biasa (PLB) mengenai pemanfaatan game edukasi adaptif berbasis Fuzzy Mamdani sebagai media pembelajaran pengenalan waktu bagi siswa tunagrahita.
- c. Memberikan kajian empiris mengenai penerapan pembelajaran berbasis teknologi adaptif yang menekankan personalisasi pembelajaran sesuai karakteristik dan kemampuan kognitif peserta didik.
- d. Menjadi dasar bagi penelitian selanjutnya yang berfokus pada pengembangan *game* edukasi adaptif dengan pendekatan kecerdasan buatan atau sistem cerdas lainnya dalam konteks pendidikan inklusif.

Manfaat Praktis:

- a. Bagi guru dan tenaga pendidik di SLB, penelitian ini dapat menyediakan media pembelajaran alternatif yang interaktif dan adaptif untuk membantu proses pengajaran konsep waktu pada jam analog bagi siswa tunagrahita.
- b. Bagi siswa tunagrahita, game pembelajaran yang dikembangkan dapat membantu meningkatkan pemahaman konsep waktu secara bertahap dan sesuai dengan kemampuan individu melalui umpan balik serta penyesuaian tingkat kesulitan soal.
- c. Bagi sekolah, hasil penelitian ini dapat menjadi bahan pertimbangan dalam pemanfaatan teknologi pembelajaran berbasis game adaptif sebagai bagian dari inovasi pembelajaran yang inklusif dan berorientasi pada pengembangan kemandirian peserta didik.

- d. Bagi pengembang dan peneliti, penelitian ini dapat menjadi acuan dalam merancang dan mengimplementasikan game edukasi adaptif berbasis algoritma fuzzy untuk kebutuhan pendidikan khusus maupun umum.