

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Pendidikan merupakan salah satu aspek penting dalam pembangunan sumber daya manusia. Dalam era digital ini, teknologi telah memainkan peran yang signifikan dalam transformasi sistem pendidikan, salah satunya melalui pengembangan *Intelligent Tutoring System* (ITS) [1]. ITS adalah sistem komputer yang dirancang untuk memberikan pengajaran yang dipersonalisasi kepada siswa dengan cara yang mirip dengan tutor manusia. Namun, banyak sistem ITS yang masih menghadapi kendala dalam menyesuaikan tingkat kesulitan soal secara adaptif [2]. Sistem yang mampu mengkustomisasi proses belajar dan mengadaptasi materi sesuai tingkat pemahaman serta kemajuan peserta didik dapat membantu mengurangi disparitas keterampilan dan pemahaman [3].

Tingkat pencapaian belajar siswa pada usia 15 tahun menunjukkan pengaruh yang krusial, khususnya dalam mata pelajaran matematika. Pada tahap perkembangan ini, penguasaan konsep-konsep matematika memainkan peran sentral dalam membentuk kemampuan berpikir logis, analitis, dan kreatif yang menjadi fondasi penting untuk jenjang pendidikan dan kehidupan selanjutnya. Siswa mulai mendalami berbagai topik matematika tingkat menengah hingga lanjut seperti aljabar, geometri, dan statistika, yang berfungsi sebagai dasar esensial dalam memahami aplikasi matematika di berbagai disiplin ilmu [4]. Dalam konteks ini, penerapan algoritma Reinforcement Learning pada Intelligent Tutoring System (ITS) berperan penting dalam mempersonalisasi tingkat kesulitan soal sesuai kemampuan masing-masing siswa [5]. Dengan memanfaatkan pendekatan adaptif berbasis pengalaman belajar siswa sebelumnya, sistem dapat memberikan pengalaman pembelajaran yang lebih efektif dan relevan bagi pelajar di usia 15 tahun.

Sistem pembelajaran ini dirancang untuk mendukung pencapaian kompetensi matematika yang sesuai dengan standar kurikulum pendidikan menengah pertama, bukan untuk tujuan latihan kompetisi tingkat lanjut seperti olimpiade. Penyesuaian tingkat kesulitan soal dilakukan berdasarkan performa siswa terhadap materi yang umumnya diajarkan di kelas, seperti aljabar dasar, geometri, dan statistika deskriptif. Dengan demikian, sistem ini lebih difokuskan

untuk memperkuat pemahaman konsep-konsep esensial pada siswa usia 15 tahun dalam konteks pendidikan formal.

Jika permasalahan ini tidak segera ditangani, maka akan terjadi kesenjangan pemahaman konsep yang semakin melebar di kalangan pelajar, khususnya dalam mata pelajaran matematika yang menjadi dasar untuk berbagai bidang ilmu. Ketidakesesuaian antara tingkat kesulitan soal dan kemampuan siswa dapat menyebabkan rendahnya motivasi belajar, meningkatnya tingkat frustrasi akademik, serta menurunnya kepercayaan diri siswa dalam menyelesaikan persoalan matematis. Dalam jangka panjang, hal ini dapat menghambat kemampuan berpikir logis dan kritis yang sangat diperlukan pada jenjang pendidikan lebih lanjut. Oleh karena itu, diperlukan solusi sistemik yang adaptif dan personal, seperti penerapan algoritma *Reinforcement Learning* (RL) pada *Intelligent Tutoring System* (ITS), guna memastikan bahwa setiap siswa mendapatkan pengalaman belajar yang sesuai dengan kebutuhannya [6].

Pada tahun 2023, *United Nations International Children's Emergency Fund* (UNICEF) melakukan survei pendidikan global yang melibatkan siswa usia 15 tahun dari 15 negara berbeda. Hasil penelitian ini mengungkap fakta yang mencengangkan bahwa lebih dari separuh responden (52%) menyatakan matematika sebagai mata pelajaran paling sulit dalam sistem pembelajaran *hybrid* (gabungan daring dan luring). Lebih spesifik lagi, 63% dari total responden mengaku memerlukan bantuan khusus untuk memahami konsep-konsep aljabar, yang merupakan fondasi penting dalam kurikulum matematika modern [7]. Selain itu, berdasarkan data dari *Programme for International Student Assessment* (PISA) 2022 yang dirilis oleh Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD), dimana hanya 31% siswa berusia 15 tahun di negara-negara anggota OECD yang mampu mencapai tingkat kemahiran dasar dalam matematika [8]. Yang lebih memprihatinkan, 42% peserta asesmen ternyata tidak mampu mencapai level minimum (Level 2) dalam pemahaman konsep aljabar, yang merupakan kompetensi dasar yang seharusnya dikuasai oleh siswa usia tersebut. Data-data empiris dari UNICEF (2023) dan OECD (2022) secara tegas membuktikan bahwa matematika merupakan mata pelajaran yang secara objektif maupun subjektif dianggap sulit, di mana 52% siswa menyatakan kesulitan dalam pembelajaran *hybrid* dan hanya 31% yang mencapai kompetensi dasar matematika.

Sistem pembelajaran yang dipersonalisasi dan adaptif tersebut dapat diimplementasikan melalui *Intelligent Tutoring System* (ITS) berbasis *Reinforcement Learning* (RL). Dalam konteks mekanisme *Reinforcement Learning*

(RL) memungkinkan *Intelligent Tutoring System* (ITS) untuk secara dinamis menyesuaikan tingkat kesulitan soal matematika berdasarkan umpan balik dari interaksi siswa. Algoritma *Reinforcement Learning* (RL) akan memodelkan *Q-Learning* sebagai proses pembelajaran dimana sistem bertindak sebagai agent yang menentukan action (pemilihan soal) berdasarkan state (tingkat penguasaan siswa) untuk memaksimalkan reward (peningkatan kompetensi). Hasilnya, *Intelligent Tutoring System* (ITS) berbasis *Reinforcement Learning* (RL) dapat secara otomatis menggenerasi learning path yang unik untuk setiap siswa, khususnya dalam mengajarkan konsep matematika kompleks seperti aljabar dan geometri, sehingga efektif mengurangi kesenjangan keterampilan melalui adaptasi konten yang presisi.

Penelitian sebelumnya telah menunjukkan potensi penerapan *Reinforcement Learning* (RL) dalam *Intelligent Tutoring System* (ITS) untuk personalisasi pembelajaran. Malpani et al. (2011) mengembangkan *Intelligent Tutoring System* (ITS) yang memanfaatkan teknik *Reinforcement Learning* (RL) untuk mempelajari aturan pengajaran secara implisit dan memberikan instruksi yang disesuaikan dengan kebutuhan siswa. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa penggunaan *Reinforcement Learning* (RL) dapat meningkatkan efektivitas pembelajaran, dengan peningkatan skor post-test siswa sebesar 18% dibandingkan dengan pendekatan statis berbasis aturan [9].

Selain itu, Kubotani et al. (2021) mengusulkan kerangka kerja yang mengoptimalkan strategi pengajaran dengan membangun model virtual siswa menggunakan *Reinforcement Learning* (RL). Untuk mengevaluasi efektivitas pendekatan tersebut, mereka membandingkan performa sistem RL terhadap model berbasis *fuzzy rule-based* tutor. Hasil evaluasi menunjukkan bahwa model RL mampu menghasilkan reward kumulatif yang lebih tinggi serta efisiensi interaksi yang lebih baik dalam memilih soal adaptif, sehingga memberikan pengalaman belajar yang lebih personal dan efektif [10].

Perbandingan kuantitatif tersebut memperkuat bukti bahwa pendekatan *Reinforcement Learning* (RL) memiliki keunggulan dalam personalisasi pembelajaran jika dibandingkan dengan model sejenis. Meskipun demikian, penerapan *Reinforcement Learning* (RL) dalam *Intelligent Tutoring System* (ITS) masih menghadapi beberapa tantangan, seperti kebutuhan akan data interaksi yang besar untuk melatih model dan kompleksitas dalam merancang algoritma yang dapat beradaptasi dengan berbagai gaya belajar siswa. Oleh karena itu, penelitian lebih lanjut diperlukan untuk mengembangkan algoritma *Reinforcement Learning* (RL) yang lebih efisien dan efektif dalam konteks *Intelligent Tutoring System*

(ITS). Integrasi algoritma ini diharapkan memungkinkan sistem menyesuaikan tingkat kesulitan soal sehingga setiap siswa memperoleh pengalaman belajar yang sesuai dengan kemampuan serta kebutuhannya. Pendekatan ini berpotensi tidak hanya mengurangi kesenjangan pengetahuan antar siswa, tetapi juga meningkatkan motivasi serta hasil belajar secara keseluruhan.

Untuk memroses adaptasi pembelajaran secara dinamis, algoritma *Reinforcement Learning* (RL) seperti model *Q-Learning* dapat digunakan dalam fungsi adaptasi materi. Salah satu keunggulan model ini adalah kemampuannya dalam memperbaiki strategi pembelajaran berdasarkan interaksi dengan siswa secara bertahap [11]. Namun, algoritma *Reinforcement Learning* (RL) juga memiliki tantangan, terutama terkait dengan ketidakseimbangan antara eksplorasi dan eksploitasi. Eksplorasi merujuk pada proses mencoba berbagai tindakan baru untuk mencari tahu strategi mana yang paling efektif, sedangkan eksploitasi adalah tindakan memilih strategi yang sudah diketahui memberikan hasil terbaik berdasarkan pengalaman sebelumnya. Ketidakseimbangan terjadi ketika sistem terlalu fokus mengeksplorasi strategi yang dianggap optimal tanpa cukup mengeksplorasi kemungkinan lain yang mungkin lebih sesuai bagi karakteristik unik masing-masing siswa. Dalam konteks *Intelligent Tutoring System* (ITS), hal ini dapat membatasi kemampuan sistem untuk beradaptasi dengan kebutuhan individual siswa, terutama dalam kondisi pembelajaran yang dinamis dan bervariasi [12].

Model *Reinforcement Learning* (RL) menghindari masalah keterbatasan memori jangka panjang dengan memperbarui strategi pembelajaran berdasarkan umpan balik langsung dari interaksi terbaru dengan siswa [13]. *Reinforcement Learning* (RL) bekerja dengan pendekatan trial-and-error, di mana sistem memperoleh informasi tentang efektivitas suatu tindakan melalui reward yang diberikan setelah setiap keputusan. Mekanisme ini serupa dengan cara manusia belajar dari pengalaman langsung, di mana penyesuaian terhadap strategi dilakukan secara adaptif berdasarkan hasil interaksi terkini, tanpa harus mengandalkan keseluruhan riwayat performa sebelumnya.

Aplikasi *Intelligent Tutoring System* (ITS) ini akan beroperasi berdasarkan model *Reinforcement Learning* (RL) yang mampu mengadaptasikan materi dari *Intelligent Tutoring System* (ITS) sesuai dengan kemampuan dan perkembangan pelajar. Cara *Intelligent Tutoring System* (ITS) mengadaptasikan materinya adalah dengan mengevaluasi hasil interaksi sebelumnya antara pelajar dan sistem, kemudian menggunakan informasi tersebut untuk menentukan tingkat kesulitan

materi selanjutnya. Ketika pelajar menunjukkan performa yang baik dalam menyelesaikan soal, seperti menjawab dengan benar dalam sedikit percobaan, *Intelligent Tutoring System* (ITS) akan memberikan soal dengan tingkat kesulitan yang lebih tinggi. Sebaliknya, jika pelajar mengalami kesulitan dalam menjawab soal dan membutuhkan lebih banyak percobaan, *Intelligent Tutoring System* (ITS) akan menurunkan tingkat kesulitan pada soal-soal berikutnya. Dengan memanfaatkan pendekatan adaptif dari *Reinforcement Learning* (RL), diharapkan performa pelajar dapat meningkat secara signifikan, proses belajar menjadi lebih efisien, dan pemahaman terhadap materi yang diberikan melalui *Intelligent Tutoring System* (ITS) semakin mendalam.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, maka penelitian ini akan membahas rumusan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana cara menerapkan algoritma *Reinforcement Learning* (RL) ke dalam *Intelligent Tutoring System* (ITS) untuk pembelajaran matematika?
2. Bagaimana kemampuan ITS berbasis *Reinforcement Learning* (RL) dalam menyesuaikan tingkat kesulitan soal berdasarkan performa pelajar dalam sebuah materi?

1.3 Batasan Permasalahan

Batasan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Aplikasi pada penelitian ini terfokus pada sisi pelajar, sehingga belum mencakup fitur manajemen pengguna dan administrasi oleh pihak guru atau admin.
2. Proses adaptasi tingkat kesulitan soal menggunakan pendekatan model *Q-Learning* dan dibatasi pada soal-soal matematika yang tersedia dalam dataset.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menerapkan algoritma *Reinforcement Learning* (RL), khususnya model *Q-Learning*, ke dalam sistem *Intelligent Tutoring System* (ITS) untuk pembelajaran matematika secara adaptif.
2. Mengevaluasi kemampuan adaptasi aplikasi ITS dalam menyesuaikan tingkat kesulitan soal berdasarkan interaksi dan performa pelajar selama proses pembelajaran.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Memberikan kontribusi dalam pengembangan sistem pembelajaran berbasis algoritma *Reinforcement Learning* (RL) yang mampu menyesuaikan tingkat kesulitan soal sesuai dengan performa pelajar.
2. Meningkatkan efektivitas dan efisiensi proses belajar siswa melalui *Intelligent Tutoring System* (ITS) yang dirancang untuk memberikan pengalaman belajar yang lebih personal, dinamis, dan responsif terhadap kemampuan masing-masing individu.

1.6 Sistematika Penulisan

Berisikan uraian singkat mengenai struktur isi penulisan laporan penelitian, dimulai dari Pendahuluan hingga Simpulan dan Saran.

Sistematika penulisan laporan adalah sebagai berikut:

- Bab 1 PENDAHULUAN
Bab ini terdiri dari enam bagian, yaitu latar belakang masalah, rumusan masalah, batasan permasalahan, tujuan penelitian, manfaat penelitian, dan sistematika penulisan.
- Bab 2 LANDASAN TEORI
Bab ini memuat penjelasan tentang teori, konsep dasar, dan arsitektur dari algoritma yang akan diterapkan pada penelitian ini untuk mendukung proses perancangan sistem dan implementasi algoritma.
- Bab 3 METODOLOGI PENELITIAN
Bab ini menjelaskan tahapan-tahapan yang akan dilakukan dalam penelitian,

termasuk alur kerja yang akan digunakan dan rancangan sistem beserta implementasi algoritmanya yang disertai dengan gambar, diagram, atau tabel.

- Bab 4 HASIL DAN DISKUSI

Bab ini berisi penjelasan tentang sistem yang digunakan untuk menjalankan penelitian, hasil implementasi algoritma, dan akurasi yang dihasilkan dengan tampilan dari sistem yang telah dibuat .

- Bab 5 SIMPULAN DAN SARAN

Bab ini berisi simpulan dari hasil penelitian yang sudah dilakukan dan saran untuk pengembangan penelitian berikutnya.

