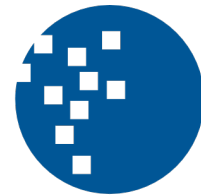


**RANCANG BANGUN ALGORITMA REINFORCEMENT
LEARNING PADA INTELLIGENT TUTORING SYSTEM
UNTUK PERSONALISASI TINGKAT KESULITAN SOAL
MATEMATIKA**



UMN
UNIVERSITAS
MULTIMEDIA
NUSANTARA

SKRIPSI

VIDI ARGIO
00000063596

PROGRAM STUDI INFORMATIKA
FAKULTAS TEKNIK DAN INFORMATIKA
UNIVERSITAS MULTIMEDIA NUSANTARA
TANGERANG
2025

**RANCANG BANGUN ALGORITMA REINFORCEMENT
LEARNING PADA INTELLIGENT TUTORING SYSTEM
UNTUK PERSONALISASI TINGKAT KESULITAN SOAL
MATEMATIKA**



SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh
Gelar Sarjana Komputer (S.Kom.)

**VIDI ARGIO
00000063596**

UMN
UNIVERSITAS
MULTIMEDIA
NUSANTARA
PROGRAM STUDI INFORMATIKA
FAKULTAS TEKNIK DAN INFORMATIKA
UNIVERSITAS MULTIMEDIA NUSANTARA
TANGERANG
2025

HALAMAN PERNYATAAN TIDAK PLAGIAT

Dengan ini saya,

Nama : Vidi Argio
Nomor Induk Mahasiswa : 00000063596
Program Studi : Informatika

Skripsi dengan judul:

**Rancang Bangun Reinforcement Learning pada Intelligent Tutoring System
untuk Personalisasi Tingkat Kesulitan Soal Matematika**

merupakan hasil karya saya sendiri bukan plagiat dari laporan karya tulis ilmiah yang ditulis oleh orang lain, dan semua sumber, baik yang dikutip maupun dirujuk, telah saya nyatakan dengan benar serta dicantumkan di Daftar Pustaka.

Jika di kemudian hari terbukti ditemukan kecurangan/penyimpangan, baik dalam pelaksanaan maupun dalam penulisan laporan karya tulis ilmiah, saya bersedia menerima konsekuensi dinyatakan TIDAK-LULUS untuk mata kuliah yang telah saya tempuh.

UMM

Tangerang, 04 Juli 2025



UNIVERSITAS
MULTIMEDIA
NUSANTARA

(Vidi Argio)

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi dengan judul

RANCANG BANGUN ALGORITMA REINFORCEMENT LEARNING PADA INTELLIGENT TUTORING SYSTEM UNTUK PERSONALISASI TINGKAT KESULITAN SOAL MATEMATIKA

oleh

Nama : Vidi Argio
NIM : 00000063596
Program Studi : Informatika
Fakultas : Fakultas Teknik dan Informatika

Telah diujikan pada hari Senin, 14 Juli 2025

Pukul 08.00 s/s 10.00 dan dinyatakan

LULUS

Dengan susunan penguji sebagai berikut

Ketua Sidang

(Eunike Endariahna Surbakti, S.Kom., M.T.I.) (Alexander Waworuntu, S.Kom., M.T.I.)

NIDN: 0322099401

Penguji

NIDN: 0309068503

Pembimbing I

(Fenina Adline Twince Tobing, M.Kom.)

NIDN: 0406058802

Pembimbing II

(Dr. Adhi Kusnadi, S.T, M.Si.)

NIDN: 0303037304

Ketua Program Studi Informatika,

(Arya Wicaksana, S.Kom., M.Eng.Sc., OCA)

NIDN: 0315109103

**HALAMAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH UNTUK
KEPENTINGAN AKADEMIS**

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Vidi Argio
NIM : 00000063596
Program Studi : Informatika
Jenjang : S1
Judul Karya Ilmiah : Rancang Bangun Reinforcement
Learning pada Intelligent Tutoring
System untuk Personalisasi Tingkat
Kesulitan Soal Matematika

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa saya bersedia (**pilih salah satu**):

- ☒ Saya bersedia memberikan izin sepenuhnya kepada Universitas Multimedia Nusantara untuk mempublikasikan hasil karya ilmiah saya ke dalam repositori Knowledge Center sehingga dapat diakses oleh Sivitas Akademika UMN/Publik. Saya menyatakan bahwa karya ilmiah yang saya buat tidak mengandung data yang bersifat konfidensial.
- ☐ Saya tidak bersedia mempublikasikan hasil karya ilmiah ini ke dalam repositori Knowledge Center, dikarenakan: dalam proses pengajuan publikasi ke jurnal/konferensi nasional/internasional (dibuktikan dengan *letter of acceptance*) **.
- ☐ Lainnya, pilih salah satu:
 - Hanya dapat diakses secara internal Universitas Multimedia Nusantara
 - Embargo publikasi karya ilmiah dalam kurun waktu tiga tahun.

Tangerang, 04 Juli 2025

Yang menyatakan


Vidi Argio

**Jika tidak bisa membuktikan LoA jurnal/HKI, saya bersedia mengizinkan penuh karya ilmiah saya untuk dipublikasikan ke KC UMN dan menjadi hak institusi UMN.

HALAMAN PERSEMBAHAN / MOTTO

"Cukuplah Allah menjadi penolong kami dan Allah adalah sebaik-baik pelindung"

QS Ali-Imran (3:173)



KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa atas berkat, rahmat, dan penyertaan-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir dengan judul "*Rancang Bangun Algoritma Reinforcement Learning pada Intelligent Tutoring System untuk Personalisasi Tingkat Kesulitan Soal Matematika*" dengan baik. Penulisan skripsi ini merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Komputer (S.Kom.) pada Program Studi Informatika, Fakultas Teknik dan Informatika, Universitas Multimedia Nusantara.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk membangun sebuah sistem Intelligent Tutoring System (ITS) berbasis web yang mampu memberikan pembelajaran adaptif kepada pelajar dengan menerapkan algoritma Reinforcement Learning, khususnya Q-Learning, untuk menyesuaikan tingkat kesulitan soal matematika. Sistem ini dirancang agar mampu merekam interaksi siswa dan memilih soal berdasarkan performa belajar, sehingga jalur pembelajaran menjadi lebih personal, efisien, dan sesuai dengan kemampuan masing-masing individu.

Mengucapkan terima kasih

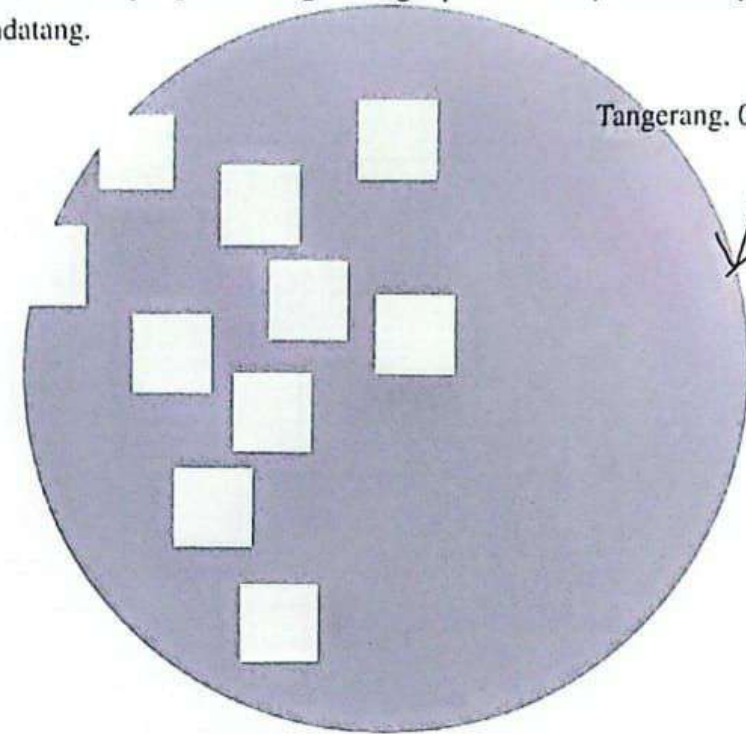
1. Bapak Dr. Ir. Andrey Andoko, M.Sc., selaku Rektor Universitas Multimedia Nusantara.
2. Bapak Dr. Eng. Niki Prastomo, S.T., M.Sc., selaku Dekan Fakultas Teknik dan Informatika Universitas Multimedia Nusantara.
3. Bapak Arya Wicaksana, S.Kom., M.Eng.Sc., OCA, selaku Ketua Program Studi Informatika Universitas Multimedia Nusantara.
4. Ibu Fenina Adline Twince Tobing, M.Kom., sebagai Pembimbing pertama yang telah memberikan bimbingan, arahan, dan motivasi atas terselesainya tugas akhir ini.
5. Bapak Dr. Adhi Kusnadi, S.T, M.Si., sebagai Pembimbing kedua yang telah memberikan bimbingan, arahan, dan motivasi atas terselesainya tugas akhir ini.
6. Keluarga saya yang telah memberikan bantuan dukungan material dan moral, sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini.

Penulis menyadari bahwa laporan skripsi ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu, saran dan kritik yang membangun sangat penulis harapkan untuk perbaikan di masa mendatang.

Tangerang, 04 Juli 2025



Vidi Argio



UMN
UNIVERSITAS
MULTIMEDIA
NUSANTARA

RANCANG BANGUN ALGORITMA REINFORCEMENT LEARNING PADA INTELLIGENT TUTORING SYSTEM UNTUK PERSONALISASI TINGKAT KESULITAN SOAL MATEMATIKA

Vidi Argio

ABSTRAK

Pendidikan merupakan aspek krusial dalam pengembangan sumber daya manusia. Khususnya pada usia 15 tahun, di mana pemahaman konsep matematika sangat menentukan perkembangan kognitif mereka. Namun, sistem pembelajaran konvensional seringkali tidak mampu menyesuaikan tingkat kesulitan materi dengan kemampuan masing-masing pelajar, yang berdampak pada rendahnya performa akademik. Untuk mengatasi permasalahan tersebut, penelitian ini mengembangkan sistem *Intelligent Tutoring System* (ITS) berbasis web yang mengimplementasikan algoritma *Reinforcement Learning*, khususnya *Q-Learning*, guna mempersonalisasi tingkat kesulitan soal matematika. Dalam konteks pembelajaran matematika, tantangan utama adalah menyediakan soal yang sesuai dengan kemampuan individu siswa. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengimplementasikan algoritma *Reinforcement Learning* (RL), khususnya model *Q-Learning*, pada *Intelligent Tutoring System* (ITS) untuk personalisasi tingkat kesulitan soal matematika. Sistem ini memungkinkan adaptasi dinamis berdasarkan interaksi siswa, dengan memanfaatkan parameter *learning rate* ($\alpha = 0.1$) dan *discount factor* ($\gamma = 0.9$). Implementasi dilakukan menggunakan teknologi full-stack dengan backend Python dan database Microsoft SQL Server. Hasil evaluasi menunjukkan bahwa sistem mampu menyesuaikan tingkat kesulitan soal secara adaptif berdasarkan performa siswa, dengan waktu respons rata-rata di bawah 130 ms, memastikan efisiensi dalam skenario pembelajaran interaktif real-time. Sistem ini meningkatkan pengalaman belajar yang personal dan progresif, mendukung peningkatan penguasaan materi matematika secara bertahap.

Kata kunci: *Intelligent Tutoring System* (ITS), Pembelajaran Adaptif, Personalisasi Soal, *Q-Learning*, *Reinforcement Learning* (RL).

UNIVERSITAS
MULTIMEDIA
NUSANTARA

**DEVELOPMENT OF REINFORCEMENT LEARNING ALGORITHM IN
INTELLIGENT TUTORING SYSTEM FOR PERSONALIZING THE
DIFFICULTY LEVEL OF MATHEMATICS PROBLEMS**

Vidi Argio

ABSTRACT

Education is a crucial aspect in the development of human resources. especially at the age of 15, where the understanding of mathematical concepts determines their cognitive development. However, conventional learning systems are often unable to match the difficulty level of the material with each learner's ability, which results in low academic performance. To address these issues, this research develops a web-based Intelligent Tutoring System (ITS) that implements Reinforcement Learning algorithms, specifically Q-Learning, to personalize the difficulty of mathematics problems. In the context of mathematics learning, a key challenge is to provide questions that match individual student abilities. This study aims to design and implement a Reinforcement Learning (RL) algorithm, specifically the Q-Learning model, within an Intelligent Tutoring System (ITS) to personalize the difficulty level of mathematics problems. The system enables dynamic adaptation based on student interactions, utilizing a learning rate ($\alpha = 0.1$) and discount factor ($\gamma = 0.9$). The implementation employs a full-stack architecture with a Python backend and a Microsoft SQL Server database. Evaluation results demonstrate that the system successfully adapts question difficulty based on student performance, achieving an average response time of under 130 ms, ensuring efficiency in real-time interactive learning scenarios. This system enhances a personalized and progressive learning experience, supporting gradual improvement in mathematics mastery.

Keywords: Adaptive Learning, Intelligent Tutoring System, Personalize Questions, Q-Learning, Reinforcement Learning.

U N I V E R S I T A S
M U L T I M E D I A
N U S A N T A R A

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
PERNYATAAN TIDAK MELAKUKAN PLAGIAT	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
HALAMAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH	iv
HALAMAN PERSEMBAHAN/MOTO	v
KATA PENGANTAR	vi
ABSTRAK	viii
ABSTRACT	ix
DAFTAR ISI	x
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR KODE	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xv
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang Masalah	1
1.2 Rumusan Masalah	5
1.3 Batasan Permasalahan	5
1.4 Tujuan Penelitian	5
1.5 Manfaat Penelitian	6
1.6 Sistematika Penulisan	6
BAB 2 LANDASAN TEORI	8
2.1 Intelligent Tutoring System (ITS)	8
2.2 <i>Reinforcement Learning</i> (RL)	9
2.3 Q-Learning	11
2.4 Adaptive Learning	14
2.5 Pengujian Aplikasi	15
2.5.1 Pengujian Fungsional dengan <i>Black Box Testing</i>	15
2.5.2 Pengujian Efisiensi dengan <i>Performance Benchmarking</i>	16
2.5.3 Evaluasi Adaptivitas Sistem	16
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN	17
3.1 Identifikasi Masalah	17
3.2 Studi Pustaka	18
3.3 Desain Penelitian	19
3.4 Identifikasi Kebutuhan Sistem	20
3.5 Perancangan Awal	20
3.5.1 <i>Data Flow Diagram</i> (DFD)	21
3.5.2 <i>Struktur Database</i>	25
3.5.3 <i>Entity Relationship Diagram</i> (ERD)	30
3.5.4 <i>Flowchart System</i>	32
3.5.5 Rancangan Tampilan Antarmuka	40
3.6 Pengembangan <i>Prototype</i>	46
3.6.1 Penerapan Model <i>Reinforcement Learning</i> (RL)	47
3.6.2 Implementasi <i>Frontend</i>	48
3.6.3 Implementasi <i>Backend</i>	49
3.6.4 Integrasi Model RL Ke Sistem	50
BAB 4 HASIL DAN DISKUSI	51
4.1 Spesifikasi Sistem	51
4.1.1 Spesifikasi Perangkat Keras	51

4.1.2	Spesifikasi Perangkat Lunak	51
4.1.3	Spesifikasi Infrastruktur Sistem	52
4.2	Implementasi dan Evaluasi Model	52
4.2.1	Pemilihan Dataset	53
4.2.2	<i>Pre-processing Dataset</i>	53
4.2.3	Pembangunan Environment dan Agen Reinforcement Learning	55
4.2.4	Arsitektur Algoritma Reinforcement Learning	57
4.2.5	Pengujian dan Hasil Simulasi Model	58
4.2.6	Evaluasi Performa dan Analisis Adaptivitas Model RL	58
4.3	Implementasi Sistem	60
4.4	Penerapan Kode pada Sistem	67
4.4.1	Kode Frontend	67
4.4.2	Kode Backend	68
4.5	Pengujian Aplikasi	69
4.5.1	Nilai Hyperparameter Q-Learning yang Digunakan	71
4.5.2	Perhitungan Manual Algoritma Q-Learning dan Verifikasi Hasil Sistem	71
4.5.3	Perhitungan Manual	72
4.5.4	Verifikasi Hasil Sistem	73
4.5.5	Penentuan dan Evaluasi Parameter Learning Rate dan Discount Rate	74
4.5.6	Penentuan Nilai Learning Rate dan Discount Rate	74
4.5.7	Evaluasi Parameter dalam Performa Model	75
4.5.8	Pengujian Response Time Endpoint Backend	76
BAB 5	SIMPULAN DAN SARAN	77
5.1	Simpulan	77
5.2	Saran	78
	DAFTAR PUSTAKA	79



DAFTAR TABEL

Tabel 3.1	Desain tabel users	26
Tabel 3.2	Desain tabel courses	27
Tabel 3.3	Desain tabel questions	27
Tabel 3.4	Desain tabel answers	28
Tabel 3.5	Desain tabel user_progress	29
Tabel 3.6	Desain tabel attempt_log	29
Tabel 3.7	Desain tabel questions	30
Tabel 4.1	Tabel Pengujian Aplikasi ITS (Black-Box Testing)	70
Tabel 4.2	Rata-rata Response Time Endpoint Backend ITS	76



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Gambar Arsitektur <i>Reinforcement Learning (RL)</i>	10
Gambar 2.2	<i>Flowchart</i> Proses Model <i>Q-Learning</i>	11
Gambar 3.1	Diagram alur proses metodologi penelitian	17
Gambar 3.2	Diagram Metodologi Prototyping	19
Gambar 3.3	<i>Data Flow Diagram</i> Level 0 ITS	22
Gambar 3.4	<i>Data Flow Diagram</i> Level 1 ITS	23
Gambar 3.5	Entity Relationship Diagram database ITS	31
Gambar 3.6	Flowchart Sistem Aplikasi ITS	33
Gambar 3.7	Flowchart Proses Registrasi Aplikasi ITS	34
Gambar 3.8	Flowchart Proses Login Aplikasi ITS	35
Gambar 3.9	Flowchart pemilihan materi	36
Gambar 3.10	Flowchart proses pemilihan soal pada aplikasi ITS	38
Gambar 3.11	Flowchart pemrosesan jawaban pada aplikasi ITS	39
Gambar 3.12	Flowchart proses adaptasi soal pada aplikasi ITS	40
Gambar 3.13	Wireframe Homepage	41
Gambar 3.14	Wireframe Register	42
Gambar 3.15	Wireframe Login	43
Gambar 3.16	Wireframe Dashboard	44
Gambar 3.17	Wireframe Soal	45
Gambar 4.1	Tampilan Halaman Web etrialstestbed.org	53
Gambar 4.2	Homepage	61
Gambar 4.3	Halaman Login	62
Gambar 4.4	Halaman Registrasi	63
Gambar 4.5	Halaman Dashboard	64
Gambar 4.6	Pengerjaan Soal	65
Gambar 4.7	Halaman Analisis	66



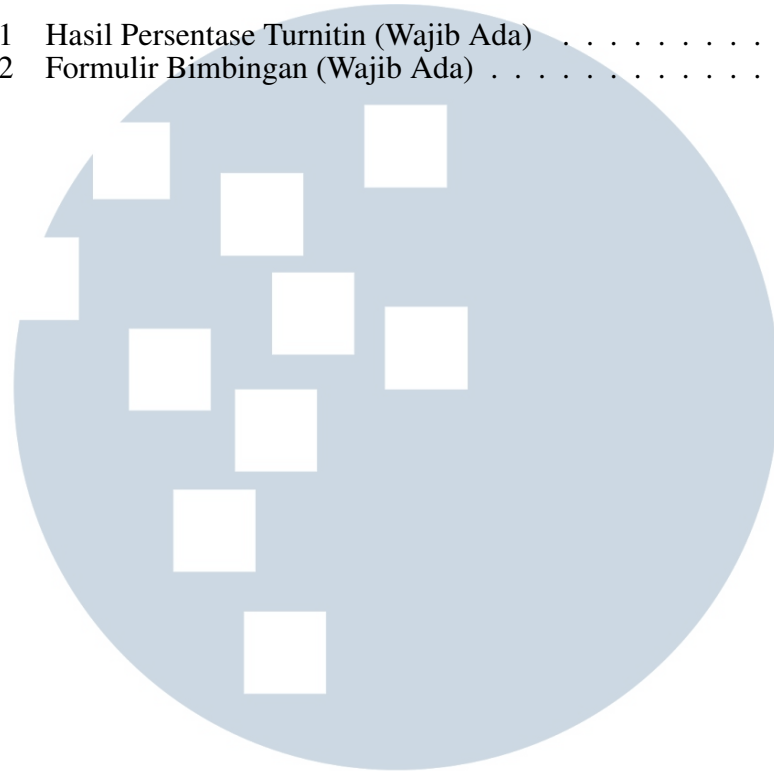
DAFTAR KODE

Kode 4.1	Kode Pre-processing Dataset ASSISTment	54
Kode 4.2	Inisialisasi Q-Table	55
Kode 4.3	Pemilihan tindakan soal oleh agen RL	56
Kode 4.4	Fungsi pembaruan nilai Q	56
Kode 4.5	Pencatatan interaksi pengguna dan pemicu RL	57
Kode 4.6	Fungsi Pembaruan Nilai Q	59
Kode 4.7	Fungsi Pencatatan Interaksi dan Reward	60
Kode 4.8	Potongan kode pengiriman jawaban dari frontend	67
Kode 4.9	Rekomendasi soal selanjutnya berdasarkan performa siswa	68
Kode 4.10	Pencatatan respons jawaban siswa	69



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	Hasil Persentase Turnitin (Wajib Ada)	82
Lampiran 2	Formulir Bimbingan (Wajib Ada)	90



UMN
UNIVERSITAS
MULTIMEDIA
NUSANTARA