



PENGEMBANGAN SISTEM *ADAPTIVE LEARNING* BERBASIS *BAYESIAN KNOWLEDGE TRACING* DAN ONTOLOGI UNTUK MATEMATIKA SD

CINDY ANATASYA SAGALA



**PROGRAM SARJANA ILMU KOMPUTER
SEKOLAH SAINS DATA, MATEMATIKA, DAN INFORMATIKA
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2026**



PERNYATAAN MENGENAI LAPORAN AKHIR DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa laporan akhir dengan judul “Pengembangan Sistem *Adaptive Learning* Berbasis *Bayesian Knowledge Tracing* dan Ontologi untuk Matematika SD” adalah karya saya dengan arahan dari dosen pembimbing dan belum diajukan dalam bentuk apa pun kepada perguruan tinggi mana pun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka di bagian akhir laporan akhir ini.

Dengan ini saya melimpahkan hak cipta dari karya tulis saya kepada Institut Pertanian Bogor.

Bogor, Juni 2026

Cindy Anatasya Sagala
G6401221018

ABSTRAK

CINDY ANATASYA SAGALA. Pengembangan Sistem *Adaptive Learning* Berbasis *Bayesian Knowledge Tracing* dan Ontologi untuk Matematika SD. Dibimbing oleh ANNISA

Pembelajaran matematika menghadapi tantangan akibat heterogenitas kemampuan siswa dan keterbatasan pendekatan pembelajaran konvensional dalam mengakomodasi kebutuhan individual siswa. *Adaptive learning* menjadi salah satu solusi karena mampu menyesuaikan materi berdasarkan tingkat penguasaan siswa. Namun, sebagian besar sistem *adaptive learning* masih memiliki keterbatasan dalam merepresentasikan hubungan antarkonsep pengetahuan secara eksplisit. Penelitian ini bertujuan mengembangkan sistem *adaptive learning* berbasis *Bayesian Knowledge Tracing* (BKT) dan ontologi pedagogis untuk pembelajaran matematika Kelas 1 SD. Hasil evaluasi menunjukkan bahwa model BKT + Ontologi memperoleh nilai AUC-ROC sebesar 0,8049, *accuracy* sebesar 82,06%, dan RMSE sebesar 0,3872. Hasil tersebut menunjukkan bahwa integrasi ontologi pedagogis dan BKT berpotensi meningkatkan kemampuan sistem dalam memodelkan penguasaan siswa dan menghasilkan jalur pembelajaran adaptif yang lebih terstruktur.

Kata Kunci: *adaptive learning*, *bayesian knowledge tracing*, *knowledge component*, matematika, ontologi, sekolah dasar

ABSTRACT

CINDY ANATASYA SAGALA. Development of Adaptive Learning System Based on Bayesian Knowledge Tracing and Ontology for Elementary School Mathematics. Supervised by ANNISA.

Mathematics learning faces challenges due to the heterogeneity of students' abilities and the limitations of conventional learning approaches in accommodating individual learning needs. Adaptive learning offers a promising solution by personalizing learning materials according to students' mastery levels. However, most existing adaptive learning systems still have limited capability to explicitly represent relationships among knowledge concepts. This study aims to develop an adaptive learning system based on Bayesian Knowledge Tracing (BKT) and a pedagogical ontology for first-grade elementary mathematics. Evaluation results show that the proposed BKT + Ontology model achieved an AUC-ROC of 0.8049, an accuracy of 82.06%, and an RMSE of 0.3872. These findings indicate that integrating pedagogical ontology with BKT has the potential to improve student knowledge modeling and generate more structured adaptive learning pathways.

Keywords: *adaptive learning*, *bayesian knowledge tracing*, *elementary school*, *knowledge component*, *mathematics*, *ontology*



@Hak cipta milik IPB University

IPB University



Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

© Hak Cipta milik IPB, tahun 2026
Hak Cipta dilindungi Undang-Undang

Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan atau menyebutkan sumbernya. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik, atau tinjauan suatu masalah, dan pengutipan tersebut tidak merugikan kepentingan IPB.

Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apa pun tanpa izin IPB.



PENGEMBANGAN SISTEM *ADAPTIVE LEARNING* BERBASIS *BAYESIAN KNOWLEDGE TRACING* DAN ONTOLOGI UNTUK MATEMATIKA SD

CINDY ANATASYA SAGALA

Laporan Akhir
Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana pada
Program Studi Ilmu Komputer

**PROGRAM SARJANA ILMU KOMPUTER
SEKOLAH SAINS DATA, MATEMATIKA, DAN INFORMATIKA
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2026**



@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



Judul Laporan : Pengembangan Sistem *Adaptive Learning* Berbasis *Bayesian Knowledge Tracing* dan Ontologi untuk Matematika SD

Nama : Cindy Anatasya Sagala

NIM : G6401221018

Disetujui oleh

Pembimbing 1:

Dr. Eng. Annisa, S.Kom., M.Kom.

Diketahui oleh

Ketua Program Sarjana Ilmu Komputer:

Dr. Sony Hartono Wijaya, S.Kom., M.Kom.

NIP 19810809 200812 1 002

Tanggal Ujian:
10 Agustus 2026

Tanggal Lulus:



PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa atas kasih dan pernyertaan-Nya sehingga karya ilmiah ini berhasil diselesaikan. Penelitian yang dilaksanakan sejak bulan September 2025 sampai dengan Juli 2026 ini mengangkat tema *adaptive learning* pada pembelajaran matematika sekolah dasar, dengan judul "Pengembangan Sistem *Adaptive Learning* Berbasis *Bayesian Knowledge Tracing* dan Ontologi untuk Matematika SD."

Penulis menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Ibu Dr. Eng. Annisa, S.Kom., M.Kom. selaku dosen pembimbing yang telah memberikan bimbingan, arahan, masukan, serta motivasi selama proses penyusunan karya ilmiah ini. Penghargaan dan terima kasih juga penulis sampaikan kepada seluruh dosen dan tenaga kependidikan Program Studi Ilmu Komputer, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, IPB University, yang telah memberikan ilmu, pengalaman, serta dukungan selama masa perkuliahan. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada seluruh siswa, guru, dan pihak sekolah yang telah berpartisipasi dalam proses pengambilan data penelitian ini.

Ucapan terima kasih yang tulus penulis sampaikan kepada papa, mama, kakak dan adik serta seluruh keluarga atas doa, kasih sayang, dukungan moral, dan semangat yang tidak pernah putus selama penulis menempuh pendidikan hingga penyelesaian karya ilmiah ini. Terima kasih juga kepada seluruh sahabat dan rekan-rekan yang telah memberikan bantuan, motivasi, serta kebersamaan selama proses penelitian dan penyusunan skripsi.

Semoga karya ilmiah ini bermanfaat bagi pihak yang membutuhkan dan bagi kemajuan ilmu pengetahuan.

Bogor, Juni 2026

Cindy Anatasya Sagala



DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR LAMPIRAN	x
PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	3
1.3. Tujuan	3
1.4. Manfaat	4
1.5. Ruang Lingkup	4
TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Pembelajaran Matematika Sekolah Dasar	5
2.2 <i>Adaptive Learning</i>	5
2.3 <i>Bayesian Knowledge Tracing</i>	6
2.4 Ontologi	8
METODE	11
3.1 Data Penelitian	11
3.2 Arsitektur Sistem	12
HASIL DAN PEMBAHASAN	22
4.1. Pengumpulan Data Materi	22
4.2. Perancangan dan Implementasi Ontologi	23
4.3. Pembangkitan Data Siswa Sintetis	25
4.4. Estimasi Parameter BKT	26
4.5. Integrasi BKT dengan Ontologi	28
4.6. Implementasi Website	32
4.7. Evaluasi Model	33
SIMPULAN DAN SARAN	39
5.1 Simpulan	39
5.2 Saran	39
LAMPIRAN	43



DAFTAR TABEL

1	Parameter generatif per profil siswa sintetis	16
2	Distribusi <i>Knowledge Component</i> per Domain	22
3	Hasil Interaksi Setiap KC	26
4	Hasil Estimasi Parameter Setiap KC	27
5	Inisialisasi Parameter $P(L_0)$ per KC	28
6	Perbandingan metrik prediksi	33
7	Statistik deskriptif data pengujian nyata	35
8	Perbandingan karakteristik data sintetis vs data nyata	35
9	Perbandingan Metrik Evaluasi pada Data Nyata untuk Model BKT Ontologi	35
10	Perbandingan Metrik Evaluasi pada Data Nyata untuk Kedua Model	36

DAFTAR GAMBAR

1	Diagram Alur Kerja <i>Bayesian Knowledge Tracing (BKT)</i>	7
2	Visualisasi Diagram Ontologi	9
3	Desain Arsitektur Sistem	92
4	Tahapan Alur Penelitian	13
5	Skema Relasi Basis Data	15
6	Alur satu siklus sistem <i>adaptive learning</i> berbasis BKT dan ontologi	18
7	Graf Ontologi KC Matematika Kelas 1 SD	24
8	Antarmuka Website	33

DAFTAR LAMPIRAN

1	Perhitungan Pembaruan Pembaruan Probabilitas Penguasaan Siswa S0028 pada KC-B2	44
2	Perhitungan Pembaruan Pembaruan Probabilitas Penguasaan Siswa S0028 pada KC-B2	45