



Muhammad Yusril Helmi Setyawan, S.Kom., M.Kom.
Patah Herwanto, S.T., M.Kom.

Buku Referensi Berbasis Eksperimen

SYNTHETIC STUDENT SANDBOX DAN REINFORCEMENT LEARNING UNTUK ADAPTIVE LEARNING

**Studi Berbasis OULAD, Proxy Learner State, dan
Theory-Constrained Synthetic Data**

Buku Referensi Berbasis Eksperimen

SYNTHETIC STUDENT SANDBOX DAN REINFORCEMENT LEARNING UNTUK ADAPTIVE LEARNING

**Studi Berbasis OULAD, Proxy Learner State, dan
Theory-Constrained Synthetic Data**

**Muhammad Yusril Helmi Setyawan, S.Kom., M.Kom.
Patah Herwanto, S.T., M.Kom.**

Berbasis *pipeline* eksperimen yang mencakup *preprocessing* OULAD, pembentukan *proxy-based learner state*, *synthetic profile*, *theory constraint*, *Q-learning*, dan audit validitas. *Dilengkapi alur eksperimen, tabel hasil, rumus kunci, visualisasi bukti, batas validitas, dan panduan replikasi.*



BUKU REFERENSI BERBASIS EKSPERIMEN
SYNTHETIC STUDENT SANDBOX DAN REINFORCEMENT LEARNING
UNTUK ADAPTIVE LEARNING

**Studi Berbasis OULAD, *Proxy Learner State*, dan
*Theory-Constrained Synthetic Data***

Penulis:

Muhammad Yusril Helmi Setyawan, S.Kom., M.Kom.
Patah Herwanto, S.T., M.Kom.

Desain Cover:

Helmaria Ulfa

Sumber Ilustrasi:

www.freepik.com

Tata Letak:

Handarini Rohana

Editor:

Yudi Priyadi - Scopus ID: 57201499237

ISBN:

978-634-317-183-6

Cetakan Pertama:

Agustus, 2026

Hak Cipta Dilindungi Oleh Undang-Undang

by Penerbit Widina Media Utama

Dilarang keras menerjemahkan, memfotokopi, atau memperbanyak sebagian atau seluruh isi buku ini tanpa izin tertulis dari Penerbit.

PENERBIT:

WIDINA MEDIA UTAMA

Komplek Puri Melia Asri Blok C3 No. 17 Desa Bojong Emas
Kec. Solokan Jeruk Kabupaten Bandung, Provinsi Jawa Barat

Anggota IKAPI No. 519/JBA/2025

Website: www.penerbitwidina.com

Instagram: [@penerbitwidina](https://www.instagram.com/penerbitwidina)

Telepon (022) 87355370

Untuk para pendidik yang percaya bahwa setiap peserta didik layak dipahami, bukan sekadar dinilai dari angka dan jejak data.

*Untuk para peneliti yang mau berhenti sejenak sebelum membuat kesimpulan, lalu bertanya kembali:
data ini mewakili siapa, keputusan ini berdampak kepada siapa,
dan apakah teknologi ini benar-benar membantu proses belajar.*

Dan untuk para pembelajar yang keadaannya tidak selalu tampak di layar, tetapi tetap layak mendapat ruang, dukungan, dan kesempatan untuk berkembang.

PRAKATA

Buku referensi ini disusun dari kebutuhan untuk menjelaskan sebuah eksperimen komputasional dalam pendidikan secara utuh, runtut, dan dapat diperiksa kembali. Dalam konteks pendidikan digital, eksperimen tidak cukup hanya dinilai dari hasil akhir berupa angka, akurasi, atau visualisasi model. Pembaca juga perlu memahami latar konseptual, alasan pemilihan desain, batasan klaim, pilihan teknis, serta konsekuensi metodologis yang menyertai setiap tahapan eksperimen. Oleh karena itu, buku ini menempatkan eksperimen sebagai pusat pembahasan, bukan sekadar pelengkap dari kajian teoretis.

Fokus utama buku ini terletak pada tiga gagasan yang saling berhubungan. Pertama, *learner state* dalam *adaptive learning* dapat dibangun melalui *proxy* dari data pendidikan, tetapi interpretasinya harus dilakukan secara hati-hati karena data perilaku tidak selalu mencerminkan kondisi psikologis peserta didik secara langsung. Kedua, *synthetic student sandbox* dapat digunakan sebagai ruang simulasi untuk menguji berbagai skenario keputusan adaptif sebelum diarahkan pada lingkungan pembelajaran nyata. Ketiga, *reinforcement learning* dapat dimanfaatkan sebagai kerangka simulatif untuk memodelkan keputusan pedagogis berurutan, tetapi hasilnya harus dibaca sebagai bukti kelayakan pendekatan dan eksplorasi kebijakan, bukan sebagai bukti langsung efektivitas pembelajaran di kelas.

Buku ini disusun agar dapat dibaca oleh mahasiswa, dosen, peneliti, maupun praktisi yang tertarik pada bidang *learning analytics*, *synthetic data*, *artificial intelligence in education*, dan *adaptive learning*. Pembaca tidak harus memiliki kemampuan pemrograman yang tinggi sejak awal, karena pembahasan dalam buku ini dirancang untuk menghubungkan konsep, data, metode, hasil eksperimen, dan interpretasi secara bertahap. Bagian teknis tetap disertakan, tetapi diarahkan untuk membantu pembaca memahami bagaimana proses eksperimen dibangun, dijalankan, dievaluasi, dan dibatasi klaimnya.

Melalui buku ini, penulis berharap pembaca tidak hanya memperoleh pemahaman tentang penggunaan *synthetic student sandbox* dan *reinforcement learning* dalam pembelajaran adaptif, tetapi juga memiliki sikap kritis terhadap penggunaan data dan kecerdasan buatan dalam pendidikan. Teknologi pendidikan yang baik tidak hanya ditentukan oleh kecanggihan algoritma, tetapi juga oleh kejelasan dasar teoretis, kehati-hatian interpretasi, transparansi proses, serta tanggung jawab etis terhadap peserta didik.

Akhirnya, penulis menyadari bahwa buku ini masih memiliki ruang untuk disempurnakan. Kritik, saran, dan masukan dari para pembaca sangat diharapkan agar buku ini dapat terus berkembang sebagai referensi akademik yang bermanfaat bagi pengembangan riset dan praktik pembelajaran adaptif yang lebih bertanggung jawab.

Bandung, Agustus 2026

Penulis

DAFTAR ISI

PRAKATA.....	iv
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL.....	xii
BAB 1 ADAPTIVE LEARNING, DATA, DAN KEPUTUSAN PEDAGOGIS..	1
A. Arah Baru Pembelajaran Adaptif	1
B. Keputusan Pedagogis sebagai Masalah yang Berisiko	2
C. Mengapa <i>Synthetic Student Sandbox</i> Dibutuhkan	3
D. OULAD sebagai Basis Eksperimen	4
E. Dari <i>Proxy-Based Learner State</i> ke Keputusan Adaptif	5
F. Kedudukan Eksperimen dalam Buku Ini	6
G. Kontribusi Buku	7
H. Batas Pembacaan Buku	8
I. Cara Membaca Buku Ini.....	9
J. Ringkasan Bab.....	11
BAB 2 DATASET OULAD DAN MASALAH REPRESENTASI LEARNER	
STATE	13
A. Kedudukan <i>Dataset</i> dalam Eksperimen <i>Adaptive Learning</i> ..	13
B. Gambaran Umum OULAD.....	14
C. Unit Analisis: <i>Student-Course Record</i>	16
D. Relasi Antarfile OULAD	17
E. Jenis Data yang Tersedia	18
F. Dari Data Mentah ke Fitur Analitik.....	19
G. Masalah Representasi <i>Learner State</i>	19
H. <i>Knowledge</i> sebagai <i>Proxy</i>	20
I. <i>Motivation</i> sebagai <i>Proxy</i>	21
J. <i>Cognitive Load</i> sebagai <i>Proxy</i>	21
K. <i>Help Seeking</i> sebagai <i>Proxy</i>	22
L. Variabel yang Tidak Tersedia dan Konsekuensinya	23
M. Implikasi untuk <i>Synthetic Student Sandbox</i>	23
N. Ringkasan Bab.....	24

BAB 3 PROXY-BASED LEARNER STATE: KNOWLEDGE, MOTIVATION, COGNITIVE LOAD, DAN HELP SEEKING	25
A. Mengapa <i>Learner State</i> Perlu Diproksikan	25
B. Prinsip Operasionalisasi <i>Proxy</i>	26
C. Ringkasan Statistik <i>Proxy</i> OULAD	28
D. <i>Knowledge</i> (K) sebagai <i>Proxy</i> Capaian Akademik	29
E. <i>Motivation</i> (M) sebagai <i>Proxy</i> Keterlibatan Perilaku	30
F. <i>Cognitive Load</i> (C) sebagai <i>Proxy</i> Risiko Beban Belajar	31
G. <i>Help Seeking</i> (H) sebagai <i>Proxy</i> Pencarian Bantuan	32
H. <i>Learning-Style Vocabulary</i> dan Batasnya	33
I. <i>Proxy</i> , Bias, dan Risiko Interpretasi	34
J. Peran <i>Proxy</i> dalam <i>Theory Violation Rate</i>	35
K. Peran <i>Proxy</i> dalam <i>Reinforcement Learning</i>	35
L. Konsistensi Istilah dan Batas Interpretasi <i>Proxy</i>	36
M. Ringkasan Bab	37
BAB 4 SYNTHETIC STUDENT PROFILE DALAM ADAPTIVE LEARNING	39
A. Dari <i>Learner State</i> ke <i>Synthetic Student Profile</i>	39
B. Mengapa <i>Synthetic Data</i> Dibutuhkan dalam Pendidikan	40
C. <i>Synthetic Student Sandbox</i> sebagai Ruang Eksperimen	41
D. CTGAN dan Inspirasi <i>Tabular Generation</i>	42
E. <i>Bootstrap-Only Baseline</i>	43
F. <i>Bootstrap-Plus-Noise</i> CTGAN-Inspired <i>Sandbox</i>	44
G. <i>Theory Projection</i> sebagai Jembatan ke Bab 5	45
H. <i>Fidelity</i> , <i>Utility</i> , <i>Privacy</i> , dan Plausibilitas Pedagogis	45
I. Tiga Jenis <i>Synthetic Profile</i> dalam Eksperimen	46
J. <i>Synthetic Profile</i> dan Risiko <i>Overclaim</i>	47
K. Hubungan <i>Synthetic Profile</i> dengan <i>Adaptive Decision-Making</i>	47
L. Ringkasan Bab	48
BAB 5 THEORY-CONSTRAINED SYNTHETIC STUDENT SANDBOX	49
A. Mengapa <i>Synthetic Sandbox</i> Perlu Dibatasi Teori	49
B. Dari <i>Fidelity</i> ke Plausibilitas Pedagogis	50
C. <i>Theory Violation Rate</i>	51
D. <i>Constraint</i> Berbasis <i>Self-Determination Theory</i>	51
E. <i>Constraint</i> Berbasis <i>Cognitive Load Theory</i>	52

F. <i>Constraint Low Motivation-High Performance</i>	53
G. <i>Theory Projection Layer</i>	54
H. Hasil Kualitas <i>Synthetic Profile</i>	55
I. <i>Predictive Utility</i> sebagai <i>Sanity Check</i>	56
J. <i>Privacy</i> dan Batas Klaim <i>Synthetic Data</i>	57
K. Posisi <i>Theory-Constrained Sandbox</i> dalam Alur Buku	58
L. Ringkasan Bab.....	58

BAB 6 REINFORCEMENT LEARNING UNTUK KEPUTUSAN ADAPTIF . 61

A. Mengapa <i>Reinforcement Learning</i> Relevan untuk <i>Adaptive Learning</i>	61
B. Masalah Keputusan sebagai <i>Markov Decision Process</i>	62
C. <i>State</i> dalam <i>RL Sandbox</i>	63
D. <i>Action</i> Pedagogis Simulatif	63
E. <i>Transition</i> dalam <i>Sandbox</i>	64
F. <i>Reward Function</i>	65
G. <i>Q-Learning</i>	66
H. Eksplorasi <i>Epsilon-Greedy</i>	67
I. Konfigurasi <i>Q-Learning</i>	68
J. <i>Q-Table</i> dan Ukuran <i>State-Action</i>	69
K. Interpretasi <i>Policy</i>	69
L. Batas Klaim <i>RL</i> dalam Buku Ini.....	70
M. Ringkasan Bab.....	70

BAB 7 DESAIN EKSPERIMEN: DARI OULAD KE SYNTHETIC SANDBOX DAN Q-LEARNING 73

A. Peran Bab Ini dalam Struktur Buku	73
B. Struktur Paket Eksperimen	74
C. Alur Umum Eksperimen.....	75
D. Arsitektur <i>Framework</i> Eksperimen.....	76
E. Tahap 1: <i>Preprocessing</i> OULAD	76
F. Tahap 2: Pembentukan <i>Proxy-Based Learner State</i>	77
G. Tahap 3: <i>Synthetic Profile Generation</i>	78
H. Tahap 4: <i>Theory Projection</i> dan TVR.....	78
I. Tahap 5: <i>Predictive Utility Sanity Check</i>	79
J. Tahap 6: <i>RL Sandbox</i> dan <i>Q-Learning</i>	80
K. <i>Pseudocode Pipeline</i> Eksperimen	81

L. Rumus Ukuran <i>Q-Table</i> dalam Desain Eksperimen	82
M. <i>Output</i> dan Keterlacakan Artefak	82
N. Reprodusibilitas dan Batasnya	83
O. Ringkasan Bab	84
BAB 8 HASIL EKSPERIMEN DAN INTERPRETASI	85
A. Cara Membaca Hasil Eksperimen	85
B. Rumus Evaluasi <i>Fidelity</i>	85
C. Statistik <i>Proxy OULAD</i>	86
D. Kualitas <i>Synthetic Profile</i>	87
E. <i>Predictive Utility Sanity Check</i>	88
F. Konvergensi dan <i>Reward Q-Learning</i>	89
G. Ringkasan Statistik Perbandingan <i>Reward</i>	90
H. <i>Policy Baseline</i>	91
I. Distribusi <i>Action Policy</i>	92
J. Sintesis Hasil	94
K. Keterbatasan Interpretasi Hasil	94
L. Ringkasan Bab	95
BAB 9 VISUALISASI BUKTI DAN KOMUNIKASI HASIL	97
A. Kedudukan Visualisasi dalam Buku Referensi	97
B. Visualisasi Bukan Bukti Baru	98
C. <i>Evidence Dashboard</i> sebagai Peta Bukti	98
D. Membaca Panel Plausibilitas	100
E. Membaca Panel <i>Fidelity</i> dan <i>Utility</i>	100
F. Membaca Panel <i>Reward</i> dan <i>Baseline Policy</i>	101
G. Membaca <i>Heatmap Policy Action</i>	102
H. Prinsip Komunikasi Visual Akademik	103
I. Komunikasi Hasil untuk Pembaca Akademik	104
J. Hubungan Bab 9 dengan Bab 10	105
K. Ringkasan Bab	106
BAB 10 VALIDITAS, KETERBATASAN, DAN ETIKA PENGGUNAAN	
<i>SYNTHETIC STUDENT DATA</i>	107
A. Mengapa Validitas Perlu Dibahas Terpisah	107
B. Alur Klaim yang Aman	108
C. Validitas Internal	108
D. Validitas Konstruksi	109

E. Validitas Eksternal	111
F. Keterbatasan <i>Synthetic Generator</i>	112
G. Keterbatasan <i>Offline Reinforcement Learning</i>	112
H. Etika <i>Synthetic Student Data</i>	113
I. Risiko Bias dan Misinterpretasi	114
J. Batas Klaim Eksperimen	115
K. Rekomendasi Validasi Lanjutan	116
L. Ringkasan Bab.....	117
BAB 11 PANDUAN REPLIKASI EKSPERIMEN	119
A. Tujuan Replikasi.....	119
B. Struktur Folder Eksperimen.....	120
C. <i>Dataset</i> Mentah yang Diperlukan	121
D. Dependensi Perangkat Lunak	122
E. Menjalankan Eksperimen di Lokal	122
F. Menjalankan Eksperimen di Google <i>Colab</i>	123
G. Membaca <i>Output</i> Eksperimen.....	124
H. Pemeriksaan Konsistensi Hasil	126
I. <i>Troubleshooting</i> Singkat	127
J. Ringkasan Bab.....	128
BAB 12 PENUTUP: SINTESIS EKSPERIMEN DAN PENGEMBANGAN	
SISTEM	129
A. Sintesis Kontribusi Buku	129
B. Pelajaran Metodologis dari Eksperimen.....	130
C. Arah Pengembangan Sistem <i>Adaptive Learning</i>	130
D. Agenda Riset Lanjutan	131
E. Penutup Reflektif.....	132
LAMPIRAN.....	134
Lampiran A. Ringkasan Struktur <i>Dataset</i> OULAD	134
Lampiran B. Ringkasan Artefak Eksperimen	135
Lampiran C. Ringkasan Tabel Hasil Utama	137
Lampiran D. Cuplikan <i>Pseudocode Pipeline</i>	139
Lampiran E. Glosarium.....	140
Lampiran F. Catatan Penggunaan Lampiran.....	142
DAFTAR PUSTAKA.....	143
PROFIL PENULIS.....	147

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Alur eksperimen dan pembacaan buku	6
Gambar 3.1. Peta <i>proxy-based learner state</i>	26
Gambar 5.1. Perbandingan <i>synthetic student sandbox</i>	56
Gambar 7.1. Alur eksperimen OULAD sampai <i>Q-learning</i>	75
Gambar 7.2. Arsitektur <i>framework synthetic student sandbox</i>	76
Gambar 8.1. <i>Reward Q-learning</i>	89
Gambar 8.2. Perbandingan <i>policy baselines</i>	92
Gambar 8.3. <i>Policy action heatmap</i>	93
Gambar 9.1. <i>Evidence dashboard</i> eksperimen <i>synthetic student sandbox</i> dan <i>reinforcement learning</i>	99
Gambar 10.1. <i>Claim flow</i> dan batas klaim eksperimen	108

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1. Peta sumber lokal per bab	10
Tabel 2.1. Struktur File.....	15
Tabel 3.1. Statistik <i>proxy-based learner state</i>	28
Tabel 4.1. Jenis <i>synthetic profile</i>	46
Tabel 5.1. Kualitas <i>synthetic profile</i>	55
Tabel 5.2. <i>Predictive utility sanity check</i>	56
Tabel 6.1. <i>Action taxonomy</i> pedagogis simulatif.....	64
Tabel 6.2. Konfigurasi <i>Q-learning</i>	68
Tabel 7.1. Struktur folder eksperimen.....	74
Tabel 8.1. Statistik <i>proxy OULAD</i>	86
Tabel 8.2. Kualitas <i>synthetic profile</i>	87
Tabel 8.3. Hasil <i>predictive utility sanity check</i>	88
Tabel 8.4. Hasil konvergensi dan <i>reward Q-learning</i>	89
Tabel 8.5. Ringkasan perbandingan <i>reward</i>	90
Tabel 8.6. Ringkasan <i>policy baseline</i>	91
Tabel 8.7. Distribusi <i>action greedy</i>	93
Tabel 9.1. Fungsi visualisasi dan risiko <i>overclaim</i>	104
Tabel 10.1. Validitas konstruk	110
Tabel 10.2. Risiko bias dan mitigasi misinterpretasi.....	115
Tabel 10.3. Batas klaim eksperimen dalam buku	115
Tabel 11.1. Artefak replikasi	120
Tabel 11.2. Daftar <i>output</i> utama	125
Tabel 11.3. <i>Troubleshooting</i> umum dalam replikasi eksperimen	127

BAB 1

ADAPTIVE LEARNING, DATA, DAN KEPUTUSAN PEDAGOGIS

A. ARAH BARU PEMBELAJARAN ADAPTIF

Pembelajaran digital tidak lagi hanya dipahami sebagai pemindahan materi ajar dari ruang kelas ke *platform* daring. Dalam praktik mutakhir, pembelajaran digital semakin diarahkan pada kemampuan sistem untuk mengenali kondisi peserta didik, menyesuaikan urutan materi, mengatur intensitas latihan, memberi umpan balik, dan memilih bentuk dukungan yang paling sesuai. Di sinilah gagasan *adaptive learning* memperoleh tempat penting. *Adaptive learning* berupaya membuat proses belajar lebih peka terhadap perbedaan pengetahuan awal, motivasi, keterlibatan, kesulitan kognitif, dan kebutuhan bantuan masing-masing peserta didik.

Dalam literatur terbaru, *learner* model menjadi salah satu komponen sentral sistem *adaptive e-learning*. Tinjauan sistematis Wang, Maeda, dan Chang menunjukkan bahwa *learner* model dapat mencakup pengetahuan, preferensi belajar, motivasi, *engagement*, dan karakteristik lain yang digunakan untuk mengarahkan adaptasi pembelajaran (Wang *et al.*, 2024). Namun, keberadaan *learner* model tidak otomatis membuat sistem menjadi baik. Model yang tidak dijelaskan dasar teorinya, tidak jelas sumber datanya, atau tidak hati-hati dalam menafsirkan karakteristik peserta didik dapat menghasilkan adaptasi yang tampak cerdas, tetapi lemah secara pedagogis.

BAB 2

DATASET OULAD DAN MASALAH REPRESENTASI LEARNER STATE

A. KEDUDUKAN *DATASET* DALAM EKSPERIMEN *ADAPTIVE LEARNING*

Eksperimen *adaptive learning* selalu dimulai dari pertanyaan mendasar: data apa yang cukup layak digunakan untuk mewakili proses belajar? Pertanyaan ini tampak sederhana, tetapi memiliki konsekuensi besar. Jika data terlalu miskin, sistem tidak dapat mengenali pola belajar secara memadai. Jika data terlalu kaya tetapi tidak dijelaskan konteksnya, sistem dapat menghasilkan inferensi yang berlebihan. Jika data dibaca sebagai pengukuran psikologis padahal hanya berupa jejak perilaku, maka model yang dibangun dapat tampak canggih, tetapi sebenarnya rapuh secara konseptual.

Dalam buku ini, *dataset* tidak diposisikan sebagai bahan mentah yang netral. *Dataset* adalah representasi terbatas dari aktivitas belajar. Ia memuat sebagian aspek yang tercatat oleh sistem, tetapi tidak memuat seluruh pengalaman belajar peserta didik. Karena itu, eksperimen berbasis data pendidikan harus membedakan antara data yang benar-benar diamati, fitur yang dihitung dari data tersebut, dan konstruk konseptual yang digunakan untuk menafsirkan fitur.

Open University Learning Analytics Dataset (OULAD) digunakan sebagai basis eksperimen karena menyediakan data terbuka tentang mahasiswa, modul, asesmen, registrasi, dan interaksi dengan *Virtual Learning Environment* (VLE) (Kuzilek *et al.*, 2017). *Dataset* ini telah menjadi salah satu rujukan penting dalam penelitian *learning analytics*

BAB 3

PROXY-BASED LEARNER STATE: KNOWLEDGE, MOTIVATION, COGNITIVE LOAD, DAN HELP SEEKING

A. MENGAPA *LEARNER STATE* PERLU DIPROKSIKAN

Sistem *adaptive learning* membutuhkan representasi tentang keadaan peserta didik. Representasi ini biasanya disebut *learner state*. Dalam bentuk ideal, *learner state* dapat mencakup penguasaan konsep, motivasi, beban kognitif, *strategi* belajar, kebutuhan bantuan, emosi, dan kesiapan menerima tantangan baru. Akan tetapi, dalam eksperimen berbasis *dataset* terbuka seperti OULAD, tidak semua keadaan tersebut dapat diamati secara langsung.

OULAD menyediakan data perilaku belajar, asesmen, registrasi, dan interaksi VLE. *Dataset* ini tidak menyediakan kuesioner motivasi, pengukuran *cognitive load*, wawancara belajar, catatan emosi, atau log intervensi pedagogis aktual. Karena itu, keadaan belajar tidak dapat diklaim sebagai *latent construct* yang diukur langsung. Yang dapat dibangun adalah *proxy*: indikator operasional yang dihitung dari data tersedia dan digunakan untuk mewakili aspek tertentu dari proses belajar.

Istilah *proxy-based learner state* dipakai dalam buku ini untuk menjaga batas interpretasi tersebut. *Proxy* bukan pengganti sempurna dari konstruk psikologis. *Proxy* adalah jembatan antara data yang tersedia dan konsep yang dibutuhkan dalam eksperimen. Jembatan ini berguna, tetapi harus diberi pagar. Tanpa pagar, model dapat membuat

BAB 4

SYNTHETIC STUDENT PROFILE DALAM ADAPTIVE LEARNING

A. DARI LEARNER STATE KE SYNTHETIC STUDENT PROFILE

Bab sebelumnya menjelaskan bahwa *learner state* dalam buku ini dibangun sebagai *proxy*. *Knowledge*, *motivation*, *cognitive load*, dan *help seeking* tidak diperlakukan sebagai pengukuran psikologis langsung, tetapi sebagai representasi operasional berbasis data OULAD. Setelah *state* dapat direpresentasikan, pertanyaan berikutnya adalah bagaimana *state* tersebut digunakan untuk membangun ruang eksperimen yang aman bagi *adaptive learning*.

Synthetic student profile adalah profil mahasiswa sintetis yang dibangun dari pola data sumber. Profil ini tidak dimaksudkan sebagai salinan identitas mahasiswa nyata. Ia merupakan representasi artifisial yang mempertahankan sebagian struktur statistik dan perilaku dari data sumber, sehingga dapat digunakan untuk simulasi, pengujian metode, atau eksplorasi kebijakan. Dalam konteks buku ini, *synthetic student profile* digunakan untuk membentuk *synthetic student sandbox*: lingkungan eksperimen tempat *reinforcement learning* dapat diuji sebelum gagasan diarahkan ke data atau *platform* nyata.

Perbedaan antara *learner state* dan *synthetic student profile* perlu dijelaskan sejak awal. *Learner state* adalah representasi kondisi belajar pada satu titik atau satu konfigurasi. *Synthetic student profile* adalah kumpulan nilai *state* dan atribut terkait yang dibuat sebagai data sintetis. Jika *learner state* adalah "bahasa" untuk menjelaskan kondisi belajar, maka *synthetic student profile* adalah "contoh kalimat" yang dapat

BAB 5

THEORY-CONSTRAINED SYNTHETIC STUDENT SANDBOX

A. MENGAPA *SYNTHETIC SANDBOX* PERLU DIBATASI TEORI

Synthetic student profile memberi ruang eksperimen yang lebih aman dibanding pengujian langsung pada peserta didik nyata. Namun, keamanan eksperimen tidak hanya bergantung pada apakah data sintetis tidak memuat identitas mahasiswa. Dalam *adaptive learning*, keamanan juga berkaitan dengan apakah *synthetic state* yang dihasilkan masih masuk akal secara pedagogis. *Synthetic profile* yang terlihat valid secara angka dapat tetap bermasalah jika kombinasi *state*-nya bertentangan dengan teori pembelajaran.

Bab 4 telah menjelaskan tiga bentuk *synthetic profile* dalam eksperimen ini: *bootstrap-only baseline*, *bootstrap-plus-noise* CTGAN-*inspired sandbox*, dan *bootstrap-plus-noise with theory projection*. Bab ini memperdalam bentuk ketiga. *Theory-constrained synthetic student sandbox* adalah lingkungan sintetis yang tidak hanya dibuat dari pola data, tetapi juga diaudit dan disesuaikan berdasarkan aturan plausibilitas teori.

Kebutuhan *theory constraint* muncul karena data sintetis dapat menghasilkan kombinasi yang secara matematis berada dalam rentang valid, tetapi sulit diterima secara pendidikan. Misalnya, profil dengan *cognitive load* sangat tinggi dan *knowledge* sangat tinggi dapat terjadi akibat *noise*. Profil dengan *motivation* sangat rendah tetapi performa sangat tinggi juga perlu diperiksa. Demikian pula, kombinasi *intrinsic motivation* dan *amotivation* yang sama-sama tinggi dapat bertentangan

BAB 6

REINFORCEMENT LEARNING UNTUK KEPUTUSAN ADAPTIF

A. MENGAPA REINFORCEMENT LEARNING RELEVAN UNTUK ADAPTIVE LEARNING

Adaptive learning tidak hanya membutuhkan kemampuan mengenali keadaan peserta didik. Sistem juga perlu memilih tindakan pedagogis yang sesuai. Setelah *learner state* dibangun dari *proxy*, dan *synthetic student sandbox* disiapkan sebagai ruang eksperimen, pertanyaan berikutnya adalah bagaimana sistem belajar memilih *action*. Di sinilah *reinforcement learning* menjadi relevan.

Reinforcement learning (RL) adalah kerangka pembelajaran mesin untuk masalah keputusan berurutan. Sebuah agen berada dalam *state*, memilih *action*, menerima *reward*, lalu berpindah ke *state* berikutnya. Melalui proses berulang, agen belajar *policy* yang memetakan *state* ke *action*. Kerangka ini sesuai dengan pembelajaran adaptif karena proses pendidikan juga berlangsung secara bertahap. Keputusan hari ini dapat memengaruhi motivasi, pengetahuan, beban kognitif, dan kebutuhan bantuan pada tahap berikutnya.

Review terbaru menunjukkan bahwa *reinforcement learning* mulai banyak digunakan dalam pendidikan, terutama untuk personalisasi latihan, *tutoring*, *sequencing*, *recommendation*, dan *adaptive intervention* (Riedmann *et al.*, 2025; Memarian & Doleck, 2024). Namun, penerapan RL dalam pendidikan memiliki tantangan besar. Agen RL biasanya membutuhkan eksplorasi. Dalam konteks kelas nyata, eksplorasi yang belum teruji dapat memberi pengalaman belajar yang

BAB 7

DESAIN EKSPERIMEN: DARI OULAD KE *SYNTHETIC SANDBOX* DAN *Q-LEARNING*

A. PERAN BAB INI DALAM STRUKTUR BUKU

Bab-bab sebelumnya telah menjelaskan komponen utama eksperimen secara bertahap. Bab 2 menjelaskan OULAD sebagai sumber data. Bab 3 menjelaskan *proxy-based learner state*. Bab 4 menjelaskan *synthetic student profile*. Bab 5 menjelaskan *theory-constrained sandbox*. Bab 6 menjelaskan *reinforcement learning* dan *Q-learning*. Bab 7 menyatukan seluruh komponen tersebut menjadi desain eksperimen yang utuh.

Tujuan bab ini adalah memberikan peta kerja yang dapat diperiksa ulang. Pembaca tidak hanya mengetahui konsep, tetapi juga memahami urutan proses: dari data mentah, *preprocessing*, pembentukan *proxy*, *synthetic profile generation*, *theory projection*, evaluasi *synthetic quality*, *predictive utility sanity check*, *Q-learning*, hingga *output* tabel dan gambar. Dengan demikian, bab ini berfungsi sebagai jembatan antara pembahasan metodologis dan hasil eksperimen pada Bab 8.

Eksperimen dalam buku ini diposisikan sebagai *proof-of-concept simulation study*. Artinya, desain eksperimen diarahkan untuk menguji kelayakan alur dan mekanisme, bukan untuk mengklaim efektivitas kelas atau kesiapan *deployment*. Posisi ini penting karena hasil yang diperoleh berasal dari *synthetic sandbox* dan *offline RL*, bukan dari intervensi nyata pada peserta didik.

BAB 8

HASIL EKSPERIMEN DAN INTERPRETASI

A. CARA MEMBACA HASIL EKSPERIMEN

Bab ini menyajikan hasil eksperimen dari *pipeline* yang telah dijelaskan pada Bab 7. Hasil yang dibahas mencakup statistik *proxy* OULAD, kualitas *synthetic profile*, *predictive utility sanity check*, konvergensi *Q-learning*, *baseline policy*, dan distribusi *action*. Seluruh hasil dibaca dalam kerangka *proof-of-concept simulation study*.

Ada tiga prinsip interpretasi yang perlu dijaga. Pertama, hasil eksperimen menunjukkan pola dalam *synthetic sandbox*, bukan bukti efektivitas kelas. Kedua, *learner state* yang digunakan adalah *proxy* berbasis OULAD, bukan pengukuran psikometrik langsung. Ketiga, *action* dalam *Q-learning* adalah label pedagogis simulatif, bukan intervensi nyata yang tercatat di OULAD.

Dengan prinsip tersebut, hasil eksperimen tetap memiliki nilai ilmiah. Nilainya terletak pada kemampuan menunjukkan apakah *pipeline* yang dirancang masuk akal, apakah *theory constraint* mengurangi pelanggaran plausibilitas, apakah *proxy representation* memiliki informasi *outcome-relevant*, dan apakah *Q-learning* dapat belajar *policy* yang lebih stabil dalam *constrained sandbox*.

B. RUMUS EVALUASI *FIDELITY*

Synthetic profile dievaluasi menggunakan metrik *fidelity*. Dua metrik utama adalah *KL divergence* dan *Wasserstein distance*. *KL divergence* dapat ditulis secara ringkas sebagai:

BAB 9

VISUALISASI BUKTI DAN KOMUNIKASI HASIL

A. KEDUDUKAN VISUALISASI DALAM BUKU REFERENSI

Bab sebelumnya telah menyajikan hasil eksperimen dalam bentuk tabel, rumus ringkas, dan interpretasi naratif. Bab ini menguraikan peran visualisasi dalam mengomunikasikan hasil tersebut secara ilmiah. Dalam buku referensi, visualisasi bukan sekadar pelengkap estetis, melainkan alat bantu untuk membaca hubungan antarbagian eksperimen: dari *proxy-based learner state*, *synthetic profile*, *theory constraint*, sampai *policy* dalam *reinforcement learning*.

Namun, visualisasi juga dapat menyesatkan apabila tidak ditempatkan dalam konteks yang tepat. Gambar yang terlalu padat dapat memberi kesan bahwa bukti sudah final, sedangkan gambar yang terlalu sederhana dapat menyembunyikan asumsi dan batas data. Karena itu, visualisasi dalam buku ini diperlakukan sebagai alat komunikasi ilmiah, bukan sebagai bukti baru yang berdiri sendiri.

Prinsip ini penting karena eksperimen yang dibahas berangkat dari data pendidikan dan model keputusan adaptif. Literatur *human-centered learning analytics* menekankan bahwa hasil analitik perlu disajikan dengan transparan, dapat dipahami, dan tetap memberi ruang bagi pertimbangan manusia (Alfredo *et al.*, 2024; Topali *et al.*, 2025). Kajian AI dalam pendidikan juga mengingatkan bahwa sistem cerdas harus dikomunikasikan dengan memperhatikan konteks, akuntabilitas, dan dampak keputusan terhadap peserta didik (Fu & Weng, 2024; Mustafa *et al.*, 2024).

BAB 10

VALIDITAS, KETERBATASAN, DAN ETIKA PENGGUNAAN *SYNTHETIC STUDENT DATA*

A. MENGAPA VALIDITAS PERLU DIBAHAS TERPISAH

Bab 8 telah menyajikan hasil eksperimen, sedangkan Bab 9 menjelaskan cara memvisualisasikan bukti. Bab ini membahas batas validitas, keterbatasan metodologis, dan etika penggunaan *synthetic student data* dalam konteks *adaptive learning*. Pemisahan ini penting karena hasil yang tampak kuat secara numerik belum tentu dapat langsung diterjemahkan menjadi klaim pendidikan yang luas.

Dalam penelitian berbasis *learning analytics* dan *artificial intelligence in education*, validitas bukan hanya urusan akurasi model. Validitas juga menyangkut apakah konstruk yang digunakan benar-benar mewakili konsep yang diklaim, apakah data cukup memadai untuk mendukung keputusan, apakah hasil dapat digeneralisasi, dan apakah penggunaan model tetap menghormati hak serta kepentingan peserta didik. Literatur *human-centered learning analytics* menekankan perlunya transparansi, akuntabilitas, kendali manusia, dan kehati-hatian dalam penggunaan hasil analitik pendidikan (Alfredo *et al.*, 2024; Topali *et al.*, 2025). Kajian etika AI dalam pendidikan juga menempatkan privasi, keadilan, agensi, dan tanggung jawab sebagai isu sentral (Fu & Weng, 2024; Mustafa *et al.*, 2024).

Validitas dalam buku ini dipahami sebagai pagar ilmiah. Pagar ini tidak melemahkan kontribusi eksperimen. Sebaliknya, batas klaim membuat kontribusi menjadi lebih dapat dipercaya. Eksperimen

BAB 11

PANDUAN REPLIKASI EKSPERIMEN

A. TUJUAN REPLIKASI

Bab ini menyajikan panduan replikasi eksperimen yang menjadi dasar pembahasan buku. Replikasi dalam konteks ini tidak dimaksudkan sebagai manual pemrograman yang sangat rinci, tetapi sebagai panduan pembaca untuk memahami struktur artefak, menjalankan ulang *pipeline* utama, memeriksa *output*, dan menilai apakah hasil yang diperoleh konsisten dengan narasi eksperimen.

Replikasi penting karena buku ini membahas *synthetic student sandbox* dan *reinforcement learning* berbasis data. Tanpa artefak yang dapat diperiksa, pembahasan tentang *proxy-based learner state*, *synthetic profile*, *Theory Violation Rate*, *reward Q-learning*, dan *policy audit* akan mudah berubah menjadi narasi konseptual semata. Dengan paket eksperimen, pembaca dapat melihat bagaimana data mentah diproses menjadi fitur, bagaimana *synthetic profile* dibuat, dan bagaimana hasil akhir disimpan.

Dalam *learning analytics*, keterbukaan *pipeline* membantu pembaca menilai sumber data, asumsi *preprocessing*, dan batas interpretasi (Alfredo *et al.*, 2024; Romero & Ventura, 2020). Dalam *synthetic data* dan *reinforcement learning*, replikasi juga membantu memastikan bahwa klaim tentang *fidelity*, *utility*, *reward*, dan *policy behavior* tidak hanya muncul dari satu laporan naratif, tetapi dapat dilacak melalui file *output* dan *script* (Fonseca & Bacao, 2023; Lautrup *et al.*, 2025; Sutton & Barto, 2018).

BAB 12

PENUTUP: SINTESIS EKSPERIMEN DAN PENGEMBANGAN SISTEM

A. SINTESIS KONTRIBUSI BUKU

Buku ini membahas satu gagasan utama mencakup pengembangan *adaptive learning* berbasis data memerlukan ruang eksperimen yang dapat diuji, diaudit, dan dibatasi sebelum keputusan adaptif diterapkan kepada peserta didik nyata. Gagasan tersebut diwujudkan melalui rangkaian eksperimen berbasis OULAD, *proxy-based learner state*, *synthetic student sandbox*, *theory-constrained synthetic data*, dan *reinforcement learning*.

Kontribusi pertama buku ini adalah pemisahan yang eksplisit antara data teramati dan konstruk konseptual. OULAD menyediakan jejak perilaku belajar dan prestasi, tetapi tidak menyediakan pengukuran psikometrik langsung untuk motivasi, *cognitive load*, *help seeking*, atau preferensi belajar (Kuzilek *et al.*, 2017). Karena itu, buku ini memakai istilah *proxy-based learner state* secara konsisten. Pilihan bahasa ini bukan sekadar kehati-hatian terminologis, melainkan bagian dari disiplin ilmiah dalam *learning analytics* dan AI pendidikan yang menuntut transparansi serta akuntabilitas (Alfredo *et al.*, 2024; Fu & Weng, 2024; Topali *et al.*, 2025).

Kontribusi kedua adalah penggunaan *synthetic student sandbox* sebagai ruang simulasi. *Synthetic profile* memungkinkan peneliti menguji skenario sebelum menyentuh lingkungan pembelajaran nyata. Namun, buku ini juga menunjukkan bahwa *synthetic data* tidak cukup dinilai dari kemiripan distribusi. Dalam konteks pendidikan, data sintesis perlu

DAFTAR PUSTAKA

- A. D. Lautrup, T. Hyrup, A. Zimek, and P. Schneider-Kamp, "*SynthEval: A framework for detailed utility and privacy evaluation of tabular synthetic data*," *Data Mining and Knowledge Discovery*, vol. 39, no. 1, article 6, 2025, doi: 10.1007/s10618-024-01081-4.
- A. Kotelnikov, D. Baranchuk, I. Rubachev, and A. Babenko, "TabDDPM: Modelling *tabular* data with *diffusion* models," in *Proc. 40th International Conference on Machine Learning*, PMLR, vol. 202, 2023, pp. 17564-17579.
- A. Riedmann, P. Schaper, and B. Lugin, "*Reinforcement learning in education: A systematic literature review*," *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, vol. 35, pp. 2669-2723, 2025, doi: 10.1007/s40593-025-00494-6.
- B. Memarian and T. Doleck, "A scoping review of *reinforcement learning in education*," *Computers and Education Open*, vol. 6, p. 100175, 2024, doi: 10.1016/j.caeo.2024.100175.
- C. Romero and S. Ventura, "*Educational data mining and learning analytics: An updated survey*," *WIREs Data Mining and Knowledge Discovery*, vol. 10, no. 3, e1355, 2020, doi: 10.1002/widm.1355.
- E. L. Deci and R. M. Ryan, "The 'what' and 'why' of goal pursuits: Human needs and the *self-determination* of behavior," *Psychological Inquiry*, vol. 11, no. 4, pp. 227-268, 2000, doi: 10.1207/S15327965PLI1104_01.
- H. Pashler, M. McDaniel, D. Rohrer, and R. Bjork, "*Learning styles: Concepts and evidence*," *Psychological Science in the Public Interest*, vol. 9, no. 3, pp. 105-119, 2009, doi: 10.1111/j.1539-6053.2009.01038.x.
- H. van Hasselt, A. Guez, and D. Silver, "Deep *reinforcement learning* with double Q-learning," in *Proc. AAAI Conf. Artificial Intelligence*, vol. 30, no. 1, 2016, doi: 10.1609/aaai.v30i1.10295.
- I. Goodfellow et al., "Generative adversarial nets," in *Advances in Neural Information Processing Systems 27*, 2014, pp. 2672-2680.

- I. Gulrajani, F. Ahmed, M. Arjovsky, V. Dumoulin, and A. C. Courville, "Improved training of Wasserstein GANs," in *Advances in Neural Information Processing Systems* 30, 2017, pp. 5767-5777.
- J. Achterberg, M. Haas, B. van Dijk, and M. Spruit, "*Fidelity-agnostic synthetic data generation improves utility while retaining privacy*," *Patterns*, vol. 6, no. 10, p. 101287, 2025, doi: 10.1016/j.patter.2025.101287.
- J. Fonseca and F. Bacao, "*Tabular and latent space synthetic data generation: A literature review*," *Journal of Big Data*, vol. 10, no. 115, 2023, doi: 10.1186/s40537-023-00792-7.
- J. Kuzilek, M. Hlosta, and Z. Zdrahal, "*Open University Learning Analytics dataset*," *Scientific Data*, vol. 4, p. 170171, 2017, doi: 10.1038/sdata.2017.171.
- J. Sweller, "*Cognitive load during problem solving: Effects on learning*," *Cognitive Science*, vol. 12, no. 2, pp. 257-285, 1988, doi: 10.1207/s15516709cog1202_4.
- J. Sweller, J. J. G. van Merriënboer, and F. Paas, "*Cognitive architecture and instructional design: 20 years later*," *Educational Psychology Review*, vol. 31, pp. 261-292, 2019, doi: 10.1007/s10648-019-09465-5.
- J. Zhao, A. K. N. I. Alam, and M. van der Schaar, "CTAB-GAN+: Enhancing *tabular* data synthesis," *Frontiers in Big Data*, vol. 6, p. 1296508, 2023, doi: 10.3389/fdata.2023.1296508.
- L. Xu, M. Skoularidou, A. Cuesta-Infante, and K. Veeramachaneni, "Modeling *tabular* data using conditional GAN," in *Advances in Neural Information Processing Systems* 32, 2019, pp. 7335-7345.
- M. F. Davila Restrepo, B. Wollmer, F. Panse, and W. Wingerath, "Benchmarking *tabular* data synthesis: Evaluating tools, metrics, and *datasets* on prosumer hardware for end-users," *Data Science Journal*, vol. 24, article 37, 2025, doi: 10.5334/dsj-2025-037.
- M. Giomi, F. Boenisch, C. Wehmeyer, and B. Tasnadi, "A unified *framework* for quantifying *privacy* risk in *synthetic* data," *Proceedings on Privacy Enhancing Technologies*, vol. 2023, no. 2, pp. 312-328, 2023, doi: 10.56553/popets-2023-0055.

- M. Goyal and Q. H. Mahmoud, "A systematic *review* of *synthetic* data *generation* techniques using generative AI," *Electronics*, vol. 13, no. 17, p. 3509, 2024, doi: 10.3390/electronics13173509.
- M. Hernandez, P. A. Osorio-Marulanda, M. Catalina, L. Loinaz, G. Epelde, and N. Aginako, "Comprehensive evaluation *framework* for *synthetic tabular* data in health: *Fidelity*, *utility* and *privacy* analysis of generative models with and without *privacy* guarantees," *Frontiers in Digital Health*, vol. 7, p. 1576290, 2025, doi: 10.3389/fdgth.2025.1576290.
- M. Y. Mustafa *et al.*, "A systematic *review* of literature *reviews* on *artificial intelligence* in *education* (AIED): A roadmap to a future research agenda," *Smart Learning Environments*, vol. 11, article 59, 2024, doi: 10.1186/s40561-024-00350-5.
- N. D. Fleming and C. Mills, "Not another inventory, rather a catalyst for reflection," *To Improve the Academy*, vol. 11, no. 1, pp. 137-155, 1992, doi: 10.1002/j.2334-4822.1992.tb00213.x.
- P. A. Kirschner, "Stop propagating the *learning styles* myth," *Computers & Education*, vol. 106, pp. 166-171, 2017, doi: 10.1016/j.compedu.2016.12.006.
- P. R. Pintrich, D. A. F. Smith, T. Garcia, and W. J. McKeachie, *A Manual for the Use of the Motivated Strategies for Learning Questionnaire (MSLQ)*. Ann Arbor, MI, USA: *University of Michigan*, 1991.
- P. Sanchez-Serrano, R. Rios, and I. Agudo, "A *decision framework* for *privacy-preserving synthetic data generation*," *Computers and Electrical Engineering*, vol. 126, p. 110468, 2025, doi: 10.1016/j.compeleceng.2025.110468.
- P. Topali, A. Ortega-Arranz, M. J. Rodriguez-Triana, E. Er, M. Khalil, and G. Akcapinar, "Designing human-centered *learning analytics* and *artificial intelligence* in *education* solutions: A systematic literature *review*," *Behaviour & Information Technology*, vol. 44, no. 5, pp. 1071-1098, 2025, doi: 10.1080/0144929X.2024.2345295.

- Q. Liu, M. Khalil, J. Jovanovic, and R. Shakya, "Scaling while *privacy* preserving: A comprehensive *synthetic tabular data generation* and evaluation in *learning analytics*," in Proc. 14th *Learning Analytics and Knowledge* Conference (LAK '24), 2024, pp. 620-631, doi: 10.1145/3636555.3636921.
- R. Alfredo, V. Echeverria, Y. Jin, L. Yan, Z. Swiecki, D. Gasevic, and R. Martinez-Maldonado, "Human-centred *learning analytics* and AI in *education*: A systematic literature review," *Computers and Education: Artificial Intelligence*, vol. 6, p. 100215, 2024, doi: 10.1016/j.caeai.2024.100215.
- R. J. Vallerand *et al.*, "The Academic *Motivation Scale*: A measure of intrinsic, extrinsic, and *amotivation* in *education*," *Educational and Psychological Measurement*, vol. 52, no. 4, pp. 1003-1017, 1992, doi: 10.1177/0013164492052004025.
- R. S. Sutton and A. G. Barto, *Reinforcement Learning: An Introduction*, 2nd ed. Cambridge, MA, USA: MIT Press, 2018.
- T. Schaul, J. Quan, I. Antonoglou, and D. Silver, "Prioritized experience replay," arXiv preprint arXiv:1511.05952, 2015. [Online]. Available: <https://arxiv.org/abs/1511.05952>
- V. Mnih *et al.*, "Human-level control through deep *reinforcement learning*," *Nature*, vol. 518, pp. 529-533, 2015, doi: 10.1038/nature14236.
- X. Wang, Y. Maeda, and H.-H. Chang, "Development and techniques in *learner* model in *adaptive e-learning* system: A systematic review," *Computers & Education*, vol. 216, p. 105184, 2024, doi: 10.1016/j.compedu.2024.105184.
- Y. Fu and Z. Weng, "Navigating the ethical terrain of AI in *education*: A systematic review on framing responsible human-centered AI practices," *Computers and Education: Artificial Intelligence*, vol. 7, p. 100306, 2024, doi: 10.1016/j.caeai.2024.100306.

PROFIL PENULIS

Muhammad Yusril Helmi Setyawan, S.Kom., M.Kom.



Penulis adalah praktisi, akademisi, dan peneliti di bidang teknologi informasi, sistem cerdas, *learning analytics*, *adaptive learning*, serta penerapan *reinforcement learning* dalam konteks pendidikan digital. Saat ini, ia aktif sebagai dosen pada Program Studi Sarjana Terapan Teknik Informatika, Universitas Logistik dan Bisnis Internasional. Minat kajiannya berfokus pada pemodelan perilaku belajar, pemanfaatan data pendidikan, *synthetic student modeling*, *proxy-based learner state*, dan perancangan sistem pembelajaran adaptif yang dapat dipertanggungjawabkan secara metodologis.

Melalui riset *PointMarket*, ia mengembangkan pendekatan pembelajaran berbasis gamifikasi adaptif yang memadukan data perilaku, motivasi belajar, dan mekanisme pengambilan keputusan berbasis *reinforcement learning*. Buku ini merepresentasikan salah satu kontribusinya dalam membangun fondasi konseptual dan teknis *Synthetic Student Sandbox* berbasis OULAD, *theory-constrained synthetic data*, dan analisis *learner state* untuk mendukung pembelajaran digital yang lebih personal, terukur, dan responsif terhadap kebutuhan peserta didik.

Patah Herwanto, S.T., M.Kom.



Penulis adalah dosen, peneliti, dan praktisi di bidang Sistem Informasi, Rekayasa Perangkat Lunak, Sains Data, dan Kecerdasan Buatan. Saat ini aktif sebagai dosen DPK LLDIKTI 4 bertugas di Universitas Ekuitas Program Studi Informatika, Memiliki pengalaman panjang dalam pengembangan sistem informasi untuk perguruan tinggi dan organisasi bisnis. Fokus penelitiannya meliputi *machine learning*, *data mining*, *predictive analytics*, *adaptive learning systems*, *software engineering*, dan penerapan *artificial intelligence* dalam pengambilan keputusan berbasis data. Berbagai karya ilmiahnya telah dipublikasikan pada jurnal dan *prosiding* internasional terindeks Scopus, mencakup topik *clustering*, *forecasting*, *customer analytics*, *optimization algorithms*, hingga *AI-enhanced decision support systems*.



Buku Referensi Berbasis Eksperimen

SYNTHETIC STUDENT SANDBOX DAN REINFORCEMENT LEARNING UNTUK ADAPTIVE LEARNING

**Studi Berbasis OULAD, Proxy Learner State, dan
Theory-Constrained Synthetic Data**

Buku referensi berbasis eksperimen ini membahas bagaimana data pendidikan, *synthetic student modeling*, dan *reinforcement learning* dapat digunakan untuk merancang eksperimen keputusan adaptif dalam sistem pembelajaran digital. Berangkat dari kebutuhan personalisasi pembelajaran yang tetap aman, transparan, dan dapat dipertanggungjawabkan, buku ini menyajikan kajian berbasis OULAD, *proxy learner state*, *synthetic student sandbox*, dan *theory-constrained synthetic data*.

Buku ini menjelaskan *pipeline* eksperimen dari *preprocessing* OULAD, pembentukan *proxy learner state*, *synthetic profile generation*, *theory projection*, evaluasi *synthetic quality*, *predictive utility sanity check*, sampai simulasi *Q-learning* dan audit *policy*. Konstruksi seperti *knowledge*, *motivation*, *cognitive load*, dan *help seeking* diposisikan sebagai *proxy* berbasis data, bukan sebagai pengukuran psikometrik langsung. *Synthetic sandbox* juga dibaca sebagai ruang simulasi untuk menguji plausibilitas teori dan perilaku *policy* sebelum gagasan diterapkan pada lingkungan pembelajaran nyata.

Buku ini ditujukan bagi dosen, peneliti, mahasiswa pascasarjana, dan praktisi yang tertarik pada *learning analytics*, *artificial intelligence in education*, *adaptive learning*, *synthetic data*, dan *reinforcement learning*. Dengan menggabungkan uraian konseptual, tabel hasil, rumus kunci, diagram alur, visualisasi eksperimen, glosarium, catatan keterbatasan, dan panduan replikasi, buku ini menawarkan rujukan yang terstruktur untuk memahami bagaimana eksperimen komputasional dapat digunakan secara hati-hati dalam pengembangan sistem pembelajaran adaptif.

Nilai utama buku ini:

- Berbasis *dataset* terbuka OULAD dan artefak eksperimen yang dapat ditelusuri.
- Menjelaskan alur eksperimen dari data mentah sampai *policy* audit.
- Dilengkapi tabel, gambar, rumus kunci, batas validitas, dan panduan replikasi.

 www.penerbitwidina.com

 @penerbitwidina

 penerbit widina

 penerbitwidina@gmail.com

 widina store

 widina bookstore

Layanan Pembaca & Penerbitan Buku

 0815-7000-699



SCANME

Teknologi & Komputer

ISBN 978-634-317-183-6



9

786343

171836