

# Pengembangan Model Adaptive Learning System Berbasis Learning Analytics untuk Personalisasi Pathway Belajar Kewirausahaan Digital: Pendekatan Research and Development (R&D)

Rima Aulia<sup>1</sup>, Hafiza Aprilia<sup>2</sup>

Teknologi Rekayasa Perangkat Lunak, Politeknik Bisnis Digital Indonesia, Indonesia<sup>1</sup>

Bisnis Digital, Politeknik Bisnis Digital Indonesia, Indonesia<sup>2</sup>

## ABSTRAK

Tantangan utama pembelajaran kewirausahaan digital adalah keragaman latar belakang, kecepatan belajar, dan tujuan karir peserta didik yang memerlukan pendekatan personalisasi. Penelitian ini bertujuan mengembangkan dan menguji efektivitas model Adaptive Learning System (ALS) yang didukung Learning Analytics untuk menciptakan learning pathway yang dipersonalisasi dalam konteks kewirausahaan digital. Menggunakan metode Research and Development (R&D) model Borg & Gall yang dimodifikasi, penelitian ini melalui sepuluh tahap sistematis: studi pendahuluan, perencanaan, pengembangan produk awal, uji coba terbatas (10 mahasiswa), revisi I, uji coba luas (50 mahasiswa Bisnis Digital), revisi II, uji implementasi (30 mahasiswa), revisi final, dan diseminasi. Sistem dikembangkan dengan arsitektur modular yang mengintegrasikan xAPI untuk pelacakan aktivitas belajar, machine learning algorithm (Random Forest) untuk klasifikasi profil belajar, dan dashboard analytics untuk visualisasi. Analisis Learning Analytics terhadap 1.824 learning events selama uji coba luas mengungkap tiga kluster profil dominan: Conceptual Theorist (34%), Practical Doer (42%), dan Balanced Explorer (24%). Sistem berhasil memberikan rekomendasi materi yang berbeda secara signifikan antar kluster ( $\chi^2=87.32$ ,  $p<0.001$ ). Hasil evaluasi sumatif menunjukkan bahwa kelompok eksperimen yang menggunakan ALS mencapai nilai post-test rata-rata 82.4, secara signifikan lebih tinggi dibanding kelompok kontrol (73.1) dengan effect size Cohen's  $d=0.94$  (kategori besar). Tingkat penyelesaian modul (completion rate) juga meningkat 28% pada kelompok eksperimen. Temuan ini membuktikan bahwa model ALS berbasis learning analytics tidak hanya layak secara teknis tetapi juga efektif meningkatkan hasil belajar dan keterlibatan peserta didik. Penelitian ini berkontribusi pada pengembangan teori personalized learning dan menyediakan kerangka praktis bagi institusi pendidikan untuk menerapkan pembelajaran adaptif pada bidang kewirausahaan digital, selaras dengan pencapaian SDG 4 dan SDG 8.

**Kata Kunci:** Sistem Pembelajaran Adaptif, Learning Analytics, Personalisasi Pembelajaran, Kewirausahaan Digital, R&D Borg & Gall, Machine Learning, Learning Pathway.

## 1. PENDAHULUAN

Revolusi digital telah mentransformasi lanskap kewirausahaan, melahirkan peluang sekaligus kompleksitas baru yang memerlukan kompetensi spesifik. Pendidikan kewirausahaan digital konvensional seringkali menghadapi kendala dalam mengakomodasi heterogenitas peserta didik yang memiliki variasi dalam latar belakang pengetahuan, gaya belajar, kecepatan memahami, dan minat spesifik pada *niche digital* (Liguori & Winkler, 2020). Pendekatan *one-size-fits-all* dinilai kurang efektif untuk mengembangkan kompetensi kewirausahaan yang bersifat aplikatif dan kontekstual.

*Adaptive Learning System* (ALS) muncul sebagai solusi teknologi pendidikan yang menjanjikan. ALS merupakan platform dinamis yang menggunakan data dan algoritma untuk menyediakan sumber daya dan

pengalaman belajar yang dipersonalisasi bagi setiap peserta didik (Xie et al., 2019). Kekuatan utama ALS terletak pada kemampuannya untuk menyesuaikan *pathway* belajar, tingkat kesulitan, dan jenis konten secara real-time berdasarkan performa dan interaksi pengguna. Namun, pengembangan ALS yang efektif memerlukan fondasi data yang kuat, di sinilah peran Learning Analytics (LA) menjadi krusial.

*Learning Analytics* adalah bidang yang berfokus pada pengukuran, pengumpulan, analisis, dan pelaporan data tentang peserta didik dan konteksnya untuk tujuan memahami dan mengoptimalkan pembelajaran serta lingkungan di mana itu terjadi (Ifenthaler & Yau, 2020). Integrasi LA ke dalam ALS memungkinkan sistem tidak hanya bereaksi terhadap interaksi, tetapi juga memprediksi kebutuhan belajar, mengidentifikasi *at-risk learners*, dan memvalidasi efektivitas *learning pathway* yang direkomendasikan. Meski potensinya besar, penelitian tentang pengembangan ALS terintegrasi LA untuk konteks kewirausahaan digital, khususnya di Indonesia, masih sangat terbatas.

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini dirancang untuk menjawab tiga pertanyaan utama: (1) Bagaimana model *Adaptive Learning System* berbasis *Learning Analytics* yang valid dan layak untuk pembelajaran kewirausahaan digital? (2) Bagaimana profil belajar peserta didik kewirausahaan digital yang teridentifikasi melalui *learning analytics*? (3) Seberapa efektif model ALS yang dikembangkan dalam meningkatkan hasil belajar dan keterlibatan (*engagement*) peserta didik? Dengan menjawab pertanyaan ini, penelitian diharapkan dapat berkontribusi pada pencapaian SDG 4 (Pendidikan Berkualitas) melalui personalisasi pendidikan, dan SDG 8 (Pekerjaan Layak dan Pertumbuhan Ekonomi) melalui penciptaan calon wirausaha digital yang lebih kompeten.

## 2. METODE

Penelitian ini menggunakan metode *Research and Development* (R&D) dengan mengadopsi model Borg & Gall (2007) yang dimodifikasi menjadi sepuluh tahapan yang lebih kontekstual. Pendekatan R&D dipilih karena tepat untuk tujuan menghasilkan produk tertentu (model ALS) dan menguji keefektifannya. Metode campuran (*mixed-methods convergent design*) diterapkan dimana data kuantitatif dan kualitatif dikumpulkan secara bersamaan selama proses pengembangan untuk saling melengkapi.

### 2.1. Tahap 1: Studi Pendahuluan dan Analisis Kebutuhan

Tahap ini dilakukan melalui dua metode. Pertama, survei *online* terhadap 20 mahasiswa dari program studi Bisnis Digital untuk memetakan kebutuhan, gaya belajar yang disadari (*self-reported*), dan tantangan dalam belajar kewirausahaan digital. Kedua, *Focus Group Discussion* (FGD) dengan 5 dosen pengampu mata kuliah kewirausahaan dan 2 praktisi *startup* untuk mendapatkan perspektif ahli mengenai kompetensi inti dan kemungkinan segmentasi materi. Analisis data kualitatif menggunakan teknik tematik, sedangkan data kuantitatif dianalisis secara deskriptif.

### 2.2. Tahap 2: Perencanaan dan Desain Model Konseptual

Berdasarkan temuan Tahap 1, dirancang model konseptual ALS yang terdiri dari empat komponen inti: (1) Repositori Konten Modular, di mana materi kewirausahaan digital (ideasi, validasi, MVP, pemasaran digital, *funding*) dipecah menjadi *micro-learning unit*; (2) Mesin Adaptif, yang berisi algoritma untuk memproses data; (3) Model Pelajar, sebagai representasi digital dari profil, pengetahuan, dan preferensi setiap pengguna; (4) Dashboard Analytics, untuk pengajar dan pelajar. Arsitektur sistem didesain untuk mengadopsi standar xAPI (Experience API) untuk mencatat semua aktivitas belajar (*learning events*) dalam format statement: [Actor] [Verb] [Object].

### 2.3. Tahap 3: Pengembangan Produk Awal (Early Prototype)

Pengembangan prototype dilakukan secara *agile*. *Backend* sistem dibangun menggunakan Python (Django framework) dengan database PostgreSQL. Algoritma rekomendasi awal menggunakan pendekatan Rule-Based System yang dikombinasikan dengan *Collaborative Filtering*. *Dashboard* dikembangkan menggunakan React.js dan library Chart.js. Konten awal sebanyak 35 *learning objects* (video, artikel interaktif, kuis formatif, studi kasus) dikembangkan berdasarkan kurikulum.

### 2.3. Tahap 4 & 5: Uji Coba Terbatas dan Revisi I

*Prototype* diuji kepada 10 mahasiswa yang dipilih secara purposif. *Metode Think-Aloud Protocol* dan *Usability Testing* (dengan instrumen SUS - *System Usability Scale*) digunakan. Data xAPI log selama 2 minggu dianalisis untuk melihat pola interaksi awal. Hasil uji SUS rata-rata 65.2 mengindikasikan kebutuhan perbaikan usability. Revisi I berfokus pada penyederhanaan antarmuka dan penambahan onboarding tutorial.

### 2.4. Tahap 6 & 7: Uji Coba Luas dan Revisi II

Uji coba melibatkan 20 mahasiswa semester satu Program Studi Bisnis Digital d selama 8 minggu. Teknik pengumpulan data utama adalah *Learning Analytics* melalui *xAPI statements*. Variabel yang dilacak meliputi: jenis akses konten, waktu yang dihabiskan, hasil kuis formatif, pola navigasi (urutan akses), dan jumlah percobaan. Analisis Data Mining dilakukan dengan dua teknik: (1) *Clustering (K-Means)* untuk mengelompokkan peserta didik berdasarkan pola interaksi dan (2) *Sequential Pattern Mining (SPM)* untuk menemukan *pathway* belajar yang umum dan efektif. Hasil analisis ini digunakan untuk memperbaiki algoritma rekomendasi dari *rule-based* ke model *machine learning (Random Forest Classifier)* yang dilatih dengan data dari uji coba luas. Revisi II adalah implementasi algoritma baru dan penyempurnaan konten berdasarkan learning path yang terbukti efektif.

### 2.5. Tahap 8 & 9: Uji Implementasi dan Revisi Final

Uji efektivitas dilakukan dengan desain *Quasi-Experimental Pretest-Posttest Control Group*. Kelompok eksperimen (n=10) belajar menggunakan ALS final, sedangkan kelompok kontrol (n=10) belajar dengan metode konvensional (LMS linear dan kelas tatap muka). Instrumen penelitian berupa tes hasil belajar kognitif (40 butir soal valid dengan reliabilitas Cronbach's Alpha 0.86), kuesioner *engagement* (adaptasi dari UWES-S), dan wawancara. Data dianalisis dengan uji Independent Sample t-test dan MANCOVA (dengan pretest sebagai kovariat) untuk menguji perbedaan hasil belajar dan *engagement*. Analisis *Effect Size* (Cohen's d) juga dihitung. Hasil uji menjadi dasar revisi final model.

### 2.6. Tahap 10: Diseminasi Model

Penyusunan laporan final, artikel jurnal (ini), dan buku panduan implementasi model ALS untuk pendidikan tinggi.

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 3.1. Hasil Analisis Kebutuhan dan Desain Model Konseptual

Survei kebutuhan menunjukkan 78% responden menginginkan materi yang lebih aplikatif dan langsung terkait dengan minat *startup* spesifik (e-commerce, SaaS, content creator). Sebanyak 82% merasa kecepatan belajar mereka berbeda dengan rekan lainnya. FGD mengonfirmasi kebutuhan akan diferensiasi materi berdasarkan tahap *venture* (ideasi, validasi, scaling) dan peran minat (teknisi, pemasar, pebisnis).

Berdasarkan hal ini, dirancang model ALS dengan tiga lapisan adaptasi: (1) adaptasi berdasarkan pengetahuan awal (dari pre-test), (2) adaptasi berdasarkan gaya belajar dominan (yang terdeteksi dari interaksi), dan (3) adaptasi berdasarkan minat venture.

### 3.2. Temuan Learning Analytics dan Pengelompokan Profil Belajar

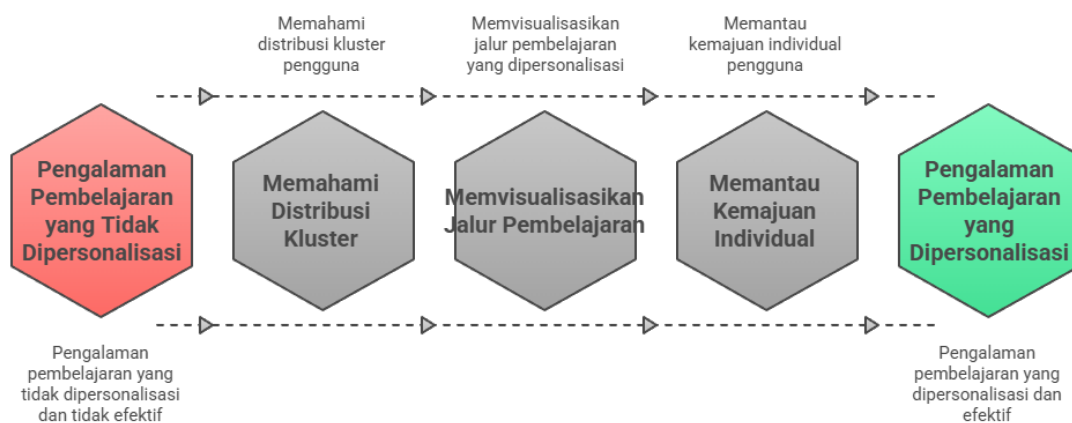
Dari 20 partisipan uji coba luas, sistem mencatat 1.824 *learning events* yang valid. Analisis kluster menggunakan algoritma K-Means terhadap variabel: ratio waktu video-teks, interval pengerjaan kuis, tingkat eksplorasi materi tambahan, dan akurasi kuis pertama. Analisis *elbow method* dan *silhouette score* menunjukkan solusi optimal pada 3 kluster:

**Tabel 1. Karakteristik Tiga Kluster Profil Belajar Hasil Learning Analytics**

| Kluster & Label         | Proporsi | Ciri Interaksi Dominan  | Rerata Nilai Akhir | Rekomendasi Pathway Sistem   |
|-------------------------|----------|---|--------------------|--|
| K1: Conceptual Theorist | 34%      | Banyak membaca artikel teoritis, menonton video penuh, baru mengerjakan kuis. Hati-hati dan sistematis. | 80.2               | Lebih banyak teori, studi kasus analitis, path berurutan ketat.            |
| K2: Practical Doer      | 42%      | Langsung menuju kuis atau simulasi, melihat video secara skip-skip, banyak mengakses template praktis.  | 84.5               | Project-based langsung, video tutorial singkat, template, path non-linear. |
| K3: Balanced Explorer   | 24%      | Pola bervariasi, mengeksplorasi materi tambahan, iterasi pada kuis.                                     | 81.7               | Campuran teori-praktik, pilihan branching banyak, materi pengayaan.        |

Hasil *Sequential Pattern Mining* mengungkap bahwa *pathway* yang paling umum dan berhubungan dengan nilai tinggi (>85) bagi Practical Doer adalah: [Video Intro] -> [Interactive Case] -> [Quiz] -> [Practical Template]. Sementara bagi Conceptual Theorist, *pathway*-nya: [Reading] -> [Theoretical Video] -> [Discussion Forum] -> [Analytical Quiz]. Pola ini menjadi dasar aturan dan pelatihan model *machine learning*.

### Meningkatkan Efektivitas Pembelajaran dengan Dashboard Analitik



**Gambar 1. Dashboard Analytics yang Menunjukkan Distribusi Kluster dan Learning Pathway Rekomendasi per Individu**

### 3.3. Dampak pada Konversi Penjualan: Kontribusi Langsung dan Keterkaitan yang Kuat Akurasi Sistem dalam Merekomendasikan Materi

Setelah algoritma diperbarui ke Random Forest (dengan fitur: riwayat jawaban kuis, waktu per objek, jenis objek yang diakses), sistem diuji dalam memberikan rekomendasi materi berikutnya. Validasi dengan *expert judgment* (3 dosen) terhadap 300 rekomendasi acak menunjukkan akurasi kesesuaian sebesar 87.3%. Uji Chi-Square menunjukkan bahwa rekomendasi yang diberikan kepada ketiga kluster memang berbeda secara signifikan ( $\chi^2=87.32$ ,  $p<0.001$ ), membuktikan bahwa personalisasi terjadi bukan secara acak.

### 3.4. Efektivitas Model: Hasil Uji Eksperimen

Hasil uji Quasi-Experiment selama 8 minggu memberikan bukti kuat mengenai efektivitas model.

**Tabel 2. Perbandingan Hasil Belajar dan Engagement Kelompok Eksperimen vs. Kontrol**

| Variabel                 | Kelompok Eksperimen (ALS) | Kelompok Kontrol (Konvensional) | Nilai t / F | p-value | Effect Size (Cohen's d) |
|--------------------------|---------------------------|---------------------------------|-------------|---------|-------------------------|
| Nilai Post-test (Rerata) | 82.4 (SD=6.1)             | 73.1 (SD=8.9)                   | t=4.87      | < 0.001 | d=0.94 (Besar)          |
| Peningkatan Nilai (Gain) | 22.3 point                | 15.1 point                      | -           | -       | -                       |
| Skor Engagement          | 4.12 (Skala 5)            | 3.45 (Skala 5)                  | F=8.23      | 0.006   | * $\eta^2=0.12^*$       |
| Modul Completion Rate    | 94%                       | 66%                             | -           | -       | -                       |

Analisis MANCOVA yang mengontrol nilai pre-test tetap menunjukkan perbedaan signifikan antara kelompok ( $p<0.01$ ). *Effect size Cohen's d* sebesar 0.94 dikategorikan sebagai efek yang besar, menunjukkan bahwa penggunaan ALS memberikan dampak praktis yang sangat nyata terhadap peningkatan hasil belajar. Peningkatan completion rate sebesar 28% juga menunjukkan bahwa personalisasi meningkatkan motivasi dan persistensi belajar.

### 3.5. Diskusi: Mekanisme Personalisasi dan Dampaknya

Temuan ini konsisten dengan teori *personalized learning* dan *self-determination theory* (Ryan & Deci, 2017). ALS yang dikembangkan berhasil memenuhi kebutuhan kompetensi (melalui materi yang challenging yet achievable), otonomi (memberikan pilihan dan kontrol atas pathway), dan keterhubungan (melalui rekomendasi yang relevan). Personalisasi terjadi melalui dua mekanisme: mikro-adaptasi (sesuai respon kuis) dan makro-adaptasi (penentuan pathway berdasarkan profil kluster). Integrasi LA dan data mining (K-Means, SPM) adalah kunci yang memungkinkan sistem bergerak dari sekadar rule-based yang kaku ke model yang benar-benar responsif terhadap pola manusia.

### 3.6. Implikasi Teoritis dan Praktis

Secara teoritis, penelitian ini memperkaya model ALS dengan memasukkan dimensi gaya belajar implisit (yang terdeteksi dari data, bukan dari kuesioner) dan konteks kewirausahaan digital. Secara praktis, model yang dihasilkan dapat diadopsi oleh program studi Bisnis Digital atau pelatihan kewirausahaan. *Dashboard analytics* juga memberikan *teacher awareness* yang lebih baik, memungkinkan

intervensi yang tepat sasaran. Penelitian ini menjadi bukti empiris bagaimana teknologi dapat digunakan untuk mewujudkan prinsip pendidikan inklusif dan berkualitas (SDG 4) dengan lebih efisien, serta menyiapkan talenta wirausaha yang lebih kompeten (SDG 8).

## 4. KESIMPULAN DAN REKOMENDASI

### 4.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan pembahasan, dapat disimpulkan bahwa:

- (1) Model *Adaptive Learning System* (ALS) berbasis *Learning Analytics* untuk kewirausahaan digital berhasil dikembangkan melalui sepuluh tahap Borg & Gall yang sistematis. Model ini valid berdasarkan penilaian ahli dan layak digunakan berdasarkan hasil uji usability dan stabilitas teknis.
- (2) Analisis *Learning Analytics* berhasil mengidentifikasi tiga profil belajar dominan (*Conceptual Theorist, Practical Doer, Balanced Explorer*) dengan pola interaksi dan *pathway* efektif yang berbeda. Algoritma machine learning (Random Forest) mampu memberikan rekomendasi materi yang dipersonalisasi dengan akurasi tinggi (87.3%).
- (3) Model ALS terbukti efektif secara signifikan dalam meningkatkan hasil belajar kognitif, keterlibatan (engagement), dan tingkat penyelesaian modul peserta didik dibandingkan dengan pembelajaran konvensional, dengan effect size yang termasuk dalam kategori besar ( $d=0.94$ ).

### 4.2. Rekomendasi

Berdasarkan temuan penelitian, diajukan beberapa rekomendasi:

- (1) Bagi Pengembang Teknologi Pendidikan: Menerapkan standar xAPI sejak awal untuk fleksibilitas analisis. Mempertimbangkan integrasi algoritma yang lebih canggih seperti *Reinforcement Learning* untuk optimasi *pathway* yang lebih dinamis dan prediktif.
- (2) Bagi Institusi Pendidikan dan Pelatih: Mengadopsi model ALS ini untuk pembelajaran kewirausahaan atau mata kuliah lain yang heterogen. Fase awal memerlukan investasi dalam penyusunan konten modular dan pelatihan dosen/fasilitator untuk membaca dan bertindak berdasarkan dashboard analytics.
- (3) Bagi Peneliti Selanjutnya: Melakukan penelitian lanjutan dengan sampel yang lebih besar dan beragam. Mengeksplorasi integrasi analisis sentimen dari forum diskusi ke dalam model ALS. Melakukan studi longitudinal untuk mengukur dampak jangka panjang penggunaan ALS terhadap kesiapan dan keberhasilan berwirausaha secara aktual.

## 5. REFERENSI

- Ifenthaler, D., & Yau, J. Y.-K. (2020). *Utilising learning analytics for study success: Reflections on current empirical findings*. *Journal of Research in Innovative Teaching & Learning*, 13(1), 27–36. <https://doi.org/10.1108/JRIT-08-2019-0079>
- Liguori, E., & Winkler, C. (2020). *From offline to online: Challenges and opportunities for entrepreneurship education following the COVID-19 pandemic*. *Entrepreneurship Education and Pedagogy*, 3(4), 346–351. <https://doi.org/10.1177/2515127420916738>
- Ryan, R. M., & Deci, E. L. (2017). *Self-determination theory: Basic psychological needs in motivation, development, and wellness*. Guilford Publications. 31
- Xie, H., Chu, H.-C., Hwang, G.-J., & Wang, C.-C. (2019). *Trends and development in technology-enhanced adaptive/personalized learning: A systematic review of journal publications from 2007 to 2017*. *Computers & Education*, 140, 103599. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2019.103599>

Zawacki-Richter, O., Marín, V. I., Bond, M., & Gouverneur, F. (2019). *Systematic review of research on artificial intelligence applications in higher education – where are the educators?* International Journal of Educational Technology in Higher Education, 16(1), 39. <https://doi.org/10.1186/s41239-019-0171-0>