

ABSTRAK

Perkembangan *e-learning* dalam dua dekade terakhir mendorong munculnya pendekatan *adaptive learning* untuk meningkatkan relevansi dan efektivitas pembelajaran. Namun, sebagian besar model *adaptive learning* berbasis gaya belajar masih mengasumsikan satu gaya belajar dominan, padahal pembelajar dapat memiliki lebih dari satu kecenderungan belajar secara simultan. Teori kecerdasan majemuk menawarkan kerangka yang lebih representatif untuk memahami keragaman tersebut, sehingga integrasinya dalam sistem pembelajaran adaptif menjadi kebutuhan penting. Berdasarkan keterbatasan penelitian sebelumnya, termasuk pendekatan *multi-class* yang tidak sesuai dengan karakteristik *multi-label*, keterbatasan dan ketidakseimbangan data, serta minimnya integrasi dengan sistem rekomendasi penelitian ini dirancang untuk mengembangkan dan memvalidasi model rekomendasi pembelajaran adaptif berbasis kecerdasan majemuk melalui pendekatan *data-driven*.

Penelitian ini menggunakan pendekatan *semi-supervised learning* untuk mendeteksi profil kecerdasan majemuk pembelajar secara multi-label berdasarkan pola interaksi mahasiswa pada *Learning Management System* (LMS). Model dikembangkan dan divalidasi menggunakan *dataset* dari dua institusi yang berbeda, dengan *dataset* pertama digunakan untuk pelatihan dan *dataset* kedua untuk pengujian guna menilai kemampuan generalisasi. Profil kecerdasan majemuk yang dihasilkan selanjutnya dimanfaatkan sebagai dasar pengembangan sistem rekomendasi pembelajaran adaptif melalui pendekatan *content-based filtering* (CBF), *collaborative filtering* (CF), dan *hybrid filtering* (HF).

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pola interaksi mahasiswa dalam LMS termasuk jenis aktivitas, frekuensi akses, dan durasi belajar berperan signifikan dalam membedakan kecenderungan kecerdasan majemuk. Kinerja model berhasil mencapai akurasi 89% dalam mendeteksi gaya belajar serta mampu mengidentifikasi tujuh gaya belajar secara simultan, melampaui pendekatan sebelumnya yang umumnya terbatas pada lima gaya belajar. Evaluasi sistem rekomendasi menunjukkan bahwa *hybrid filtering* memberikan hasil terbaik dengan nilai *Precision@5* sebesar 0,36, *Recall@5* sebesar 0,90, *Mean Reciprocal Rank* (MRR) sebesar 0,84, dan *Normalized Discounted Cumulative Gain* (NDCG) sebesar 0,85. Tingkat kepatuhan mahasiswa terhadap rekomendasi sebesar 36,7% mengindikasikan bahwa efektivitas rekomendasi dipengaruhi oleh kesesuaian dan penyajian materi, di mana mahasiswa yang mengikuti rekomendasi menunjukkan intensitas dan durasi belajar yang lebih tinggi. Secara eksplisit, penelitian ini berkontribusi melalui pengembangan pendekatan deteksi gaya belajar kecerdasan majemuk *semi-supervised multi-label* yang diintegrasikan langsung ke dalam sistem rekomendasi pembelajaran berbasis LMS, sehingga memungkinkan personalisasi pembelajaran yang lebih adaptif, inklusif, dan kontekstual di pendidikan tinggi.

Kata Kunci: Sistem Rekomendasi Pendidikan, *e-learning*, Model Pembelajaran, Gaya Belajar, Kecerdasan Majemuk, Klasifikasi Multi-Label, *Semi-supervised*, *Hybrid Filtering*.

ABSTRACT

The rapid development of e-learning over the past two decades has fostered the emergence of adaptive learning approaches to enhance the relevance and effectiveness of instructional processes. However, most learning-style-based adaptive learning models still assume a single dominant learning style, even though learners may simultaneously exhibit multiple learning tendencies. Multiple Intelligences theory provides a more representative framework for capturing this diversity, making its integration into adaptive learning systems a critical requirement. In response to limitations identified in prior studies—such as the use of multi-class approaches incompatible with multi-label characteristics, limited and imbalanced datasets, and the lack of systematic integration with recommendation systems—this research is designed to develop and validate a data-driven, adaptive learning recommendation model grounded in Multiple Intelligences theory.

This study employs a semi-supervised learning approach to detect learners' multiple intelligences profiles in a multi-label manner based on students' interaction patterns within the Learning Management System (LMS). The model is developed and validated using datasets from two different institutions, with the first dataset used for model training and the second for testing in order to assess generalization capability. The resulting multiple intelligences profiles are subsequently utilized as the basis for developing an adaptive learning recommendation system through content-based filtering (CBF), collaborative filtering (CF), and hybrid filtering (HF) approaches.

The results demonstrate that LMS interaction patterns—comprising activity types, access frequency, and learning duration—play a significant role in differentiating MI tendencies. The proposed semi-supervised approach achieves an accuracy of 89% and successfully identifies seven learning styles simultaneously, outperforming prior studies that generally detected only five. Evaluation of the recommendation system indicates that hybrid filtering yields the best performance, with a Precision@5 of 0.36, a Recall@5 of 0.90, a Mean Reciprocal Rank (MRR) of 0.84, and a Normalized Discounted Cumulative Gain (NDCG) of 0.85. A compliance rate of 36.7% suggests that the effectiveness of recommendations is influenced by the suitability and presentation of the learning materials, as students who followed the recommendations demonstrated higher learning frequency and duration. Explicitly, this study contributes by developing a semi-supervised multi-label approach for detecting Multiple Intelligences learning styles that is directly integrated into an LMS-based learning recommendation system, thereby enabling more adaptive, inclusive, and context-aware learning personalization in higher education.

Keywords: Education Recommendation System, E-learning, Learning Model, Learning Style, Multiple Intelligences, Multi-Label Classification, Semi-supervised, Hybrid Filtering