



UNIVERSITAS INDONESIA

**PEMBELAJARAN DARING ADAPTIF UNTUK
MENDUKUNG KETERAMPILAN BERPIKIR KRITIS
BERDASARKAN KERANGKA KERJA
KOMUNITAS INKUIRI DI PERGURUAN TINGGI**

RINGKASAN DISERTASI

**ENDINA PUTRI PURWANDARI
1906437794**

**FAKULTAS ILMU KOMPUTER
PROGRAM DOKTOR ILMU KOMPUTER
DEPOK
2024**

UCAPAN TERIMA KASIH

Segala puji bagi Allah SWT karena berkat rahmat-Nya kepada penulis sehingga berhasil menyelesaikan Disertasi ini untuk memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Doktor Ilmu Komputer pada Fakultas Ilmu Komputer Universitas Indonesia. Penulis menyadari bahwa penelitian ini dapat selesai dengan bantuan, dukungan, dan bimbingan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, saya mengucapkan terima kasih kepada:

1. Ibunda Prof. Dr. Endang Widi Winarni, M.Pd., ayahanda Drs. Purwanto, M.Sc. (almarhum), dan ayahhanda Sidi Karyono, sebagai orang tua penulis, atas doa, kasih sayang, pengorbanan, dan dukungan sepanjang masa.
2. Ibu Prof. Dr. Kasiyah, M.Sc., dan Bapak Prof. Harry Budi Santoso S.Kom., M.Kom., Ph.D., selaku dosen promotor dan kopromotor yang telah menyediakan waktu, tenaga, dan pikiran dalam membimbing penelitian ini.
3. Ananda Fazila Sarwa Azzahra dan ananda Fadhilah Safiya Annawra yang sudah sabar memahami kesibukan dalam menyelesaikan studi ini dan menjadi motivator terbesar bagi peneliti. Semoga perjuangan Mama ini, menjadi inspirasi bagi kalian untuk berjuang dan semangat mencapai cita-cita di masa depan.
4. Keluarga besar saya di Bengkulu dan di Jogjakarta yang telah memberikan bantuan dukungan moril dan materiil.
5. Seluruh tim dosen penguji yang telah memberikan masukan dan saran sebagai upaya penyempurnaan disertasi ini.
6. Dosen-dosen Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Indonesia yang memberikan ilmu yang In syaa Allah bermanfaat bagi peneliti
7. Tim akademik, administrasi, dan riset di Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Indonesia yang telah memberikan dukungan dan bantuan kepada penulis dalam administrasi disertasi ini.
8. Seluruh teman-teman Laboratorium *Digital Library and Distance Learning* (DL2), teman-teman seperjuangan di Program Studi Doktor Ilmu Komputer Universitas Indonesia, teman-teman di Program Studi Informatika dan

Program Studi Sistem Informasi Fakultas Teknik Universitas Bengkulu yang memberi dukungan dalam penyelesaian disertasi ini.

9. Semua pakar yang berkenan terlibat dalam proses penelitian dan memberikan saran yang membangun untuk penulis.
10. Lembaga LPDP yang telah memberikan beasiswa BUDI-DN sehingga penulis dapat melanjutkan studi dan menyelesaikan penelitian ini.

Penulis berharap Allah SWT berkenan membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu. Penulis juga menyadari bahwa disertasi ini masih jauh dari sempurna namun, semoga dapat bermanfaat bagi peneliti dan bagi pengembangan ilmu pengetahuan.

Depok, Januari 2024

Endina Putri Purwandari

ABSTRAK

Nama : Endina Putri Purwandari
Program Studi : Doktor Ilmu Komputer
Judul : Pembelajaran Daring Adaptif untuk Mendukung Keterampilan Berpikir Kritis Berdasarkan Kerangka Kerja Komunitas Inkuiri di Perguruan Tinggi
Pembimbing : 1. Prof. Dr. Dra. Kasiyah, M.Sc.
2. Prof. Harry Budi Santoso S. Kom., M. Kom., Ph.D.

Pembelajaran daring adaptif menekankan pada sistem yang mampu mengambil keputusan secara otomatis untuk mengakomodasi proses belajar, menyesuaikan konten, dan aktivitas pembelajaran mengikuti kebutuhan karakteristik individu. Penelitian ini bertujuan menghasilkan pembelajaran daring adaptif yang mendukung keterampilan berpikir kritis menggunakan kerangka kerja komunitas inkuiri di perguruan tinggi.

Tahapan pengembangan sistem terdiri dari empat, yaitu (1) analisis studi literatur dan kesiapan awal kelas; (2) pengembangan model sistem; (3) pembangunan sistem berbasis daring dengan model desain instruksional ADDIE dan model pengembangan perangkat lunak sekuensial linier; (4) evaluasi hasil implementasi rancangan sistem dengan analisis kualitatif dan kuantitatif. Penelitian dilaksanakan selama dua bulan dengan lima modul tentang Pemrograman Java. Kelas penelitian terbagi menjadi (1) uji skala terbatas; (2) kelas kontrol; dan (3) kelas eksperimen.

Hasil analisis kesiapan awal kelas menunjukkan mahasiswa pengguna aplikasi telah siap mengonstruksi kerangka kerja komunitas inkuiri dalam pembelajaran daring. Analisis studi literatur menunjukkan taksonomi *Bloom* sebagai kerangka teori dan pengukuran pembelajaran dapat digunakan untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis. Pengembangan sistem menghasilkan empat model yaitu model siswa, adaptasi, konten, dan instruksi. Komponen model adaptasi mendukung peningkatan keterampilan berpikir kritis melalui (1) tingkatan materi; (2) aktivitas pembelajaran; (3) penilaian tes; dan (4) aturan variabel logika *Fuzzy*. Komponen model konten mengikuti kerangka kerja komunitas inkuiri

terutama kehadiran kognitif. Aktivitas pembelajaran adaptif yaitu materi, video pembelajaran, materi pengayaan, tugas individu, tugas kelompok, kuis, contoh soal, dan forum diskusi.

Hasil evaluasi implementasi menunjukkan SUS di skala terbatas dan kelas eksperimen berada pada tingkat baik. Hasil evaluasi *usability* menunjukkan tingkat keberhasilan yang tinggi. Forum diskusi menggunakan kerangka komunitas inkuiri dapat menghasilkan kehadiran kognitif tertinggi pada komentar eksplorasi, kemudian integrasi, pemicu, dan resolusi. Hasil analisis statistik dan evaluasi seluruh komponen model menunjukkan pengaruh yang signifikan terhadap keterampilan berpikir kritis. Penelitian ini menghasilkan model dan sistem pembelajaran daring adaptif yang menggunakan kerangka kerja komunitas inkuiri pada kehadiran kognitif. Kajian ini mendukung peningkatan keterampilan berpikir kritis di perguruan tinggi.

Kata kunci: berpikir kritis, komunitas inkuiri, pembelajaran adaptif, pendidikan daring, perguruan tinggi.

ABSTRACT

Name : Endina Putri Purwandari
Study Program : Doctor in Computer Science
Title : Adaptive Online Learning to Support Critical Thinking Abilities Based on Community of Inquiry Framework in Higher Education
Counsellor : 1. Prof. Dr. Dra. Kasiyah, M.Sc.
2. Prof. Harry Budi Santoso S.Kom., M.Kom., Ph.D.

Adaptive learning emphasizes on a system that can automatically make decisions to adapt the learning process, modifying information and learning exercises based on individual abilities and needs. The objective of study is to develop an adaptive learning system that promotes critical thinking abilities in higher education, utilizing the Community of Inquiry (CoI) framework.

The system development consists of four stages: (1) a comprehensive review of literature studies and the initial readiness of classes; (2) the development of system models; (3) the system development using the ADDIE instructional design and waterfall software development; (4) evaluate the results of system design implementation through qualitative and quantitative analysis. The research was carried out for two months in five modules courses in Java Programming. Research classes are divided into (1) limited scale tests; (2) control class; and (3) experimental class.

The findings of preliminary assessment of students' preparedness indicate individuals who show a readiness to establish an inquiry-based framework within the context of online education. The literature review indicate that Bloom's taxonomy is a popular theoretical design and evaluative tool utilized to enhance critical thinking abilities. The results of system model development represent four models, namely the student model, adaptation, content, and instruction. The component in adaptation model facilitates the development of critical thinking abilities by means of several approaches, including: (1) the material level; (2) learning activities; (3) pre-test and post-test evaluations; and (4) fuzzy logic variable rules. The elements of content model maintain a CoI framework, with particular emphasis on cognitive presence. The system provides

adaptive learning activities, such as learning materials, videos, enrichment resources, individual and group assignments, quizzes, sample questions, and forum discussions.

The evaluation of implementation system provided several important findings. The SUS results on the limited class and the experimental class were at a good level. The usability evaluation results demonstrated a high success rate. The discussion forum with the CoI framework, generated the highest comments on cognitive presence in the exploration stage, followed by integration, trigger, and resolution. Lastly, the variables demonstrated a significant impact on students' critical thinking abilities. This research produces an adaptive online learning model and system using cognitive presence in CoI. Furthermore, this study supports improving critical thinking skills in higher education.

Keywords: critical thinking, community of inquiry, adaptive learning, online education, higher education.

DAFTAR ISI

| | |
|---|-----------|
| UCAPAN TERIMA KASIH | 2 |
| ABSTRAK..... | 4 |
| ABSTRACT | 6 |
| DAFTAR ISI | 8 |
| BAB I. PENDAHULUAN | 11 |
| 1.1 Latar Belakang | 11 |
| 1.2 Rumusan Masalah | 12 |
| 1.3 Pertanyaan Penelitian | 12 |
| 1.4 Tujuan dan Manfaat Penelitian | 13 |
| 1.5 Kontribusi Penelitian..... | 13 |
| 1.6 Batasan Penelitian | 14 |
| BAB II. TINJAUAN PUSTAKA | 15 |
| BAB III. METODOLOGI PENELITIAN..... | 18 |
| 3.1 Alur Penelitian | 18 |
| 3.2 Rancangan Penelitian | 18 |
| 3.3 Tahapan Penelitian | 18 |
| 3.5 Teknik Analisis Data..... | 20 |
| BAB IV. MODEL SISTEM PEMBELAJARAN DARING ADAPTIF | 21 |
| 4.1 Studi Kajian Literatur Model Sistem Pembelajaran Daring Adaptif..... | 21 |
| 4.2 Analisis Komponen pada Model Pembelajaran Daring Adaptif..... | 22 |
| 4.3 Validasi Model Pembelajaran Daring Adaptif..... | 22 |
| 4.4 Model Pembelajaran Daring Adaptif..... | 22 |
| 4.6 Arsitektur Pembelajaran Daring Adaptif | 23 |
| 4.7 Model Pengetahuan Pembelajaran Daring Adaptif | 25 |
| 4.8 Perbandingan Sistem Pembelajaran Daring Adaptif dengan Logika <i>Fuzzy</i> | 25 |
| 4.9 Perbandingan Sistem Model Pembelajaran Daring Adaptif | 26 |
| BAB V. PENGEMBANGAN SISTEM PEMBELAJARAN DARING ADAPTIF | 27 |

| | |
|--|-----------|
| 5.1 Pengembangan Perangkat Lunak | 27 |
| 5.2 Pengumpulan Data dan Analisis Sistem | 27 |
| 5.3 Analisis Instruksional | 27 |
| 5.3.1 Analisis Kesiapan Pengguna | 27 |
| 5.3.2 Analisis Mata Kuliah | 28 |
| 5.3.3 Analisis Aktivitas Pembelajaran Adaptif..... | 28 |
| 5.4 Desain Sistem..... | 29 |
| 5.5 Desain UML | 30 |
| 5.4.1 Desain <i>Use Case</i> | 30 |
| 5.4.2 Desain <i>Activity Diagram</i> | 31 |
| 5.4.3 Desain <i>Sequence Diagram</i> | 32 |
| 5.8 Desain Fungsi Keanggotaan <i>Fuzzy</i> | 33 |
| 5.9 Desain Eksperimen..... | 33 |
| 5.10 Implementasi Pengembangan Sistem | 34 |
| 5.11 Pengujian Sistem | 35 |
| 5.11.1 Pengujian Fungsional Logika <i>Fuzzy</i> | 35 |
| 5.11.2 Evaluasi Ahli Pembelajaran..... | 35 |
| 5.11.3 Evaluasi Ahli Sistem Pembelajaran Daring..... | 35 |
| BAB VI. EVALUASI SISTEM PEMBELAJARAN DARING ADAPTIF | 36 |
| 6.1 Hasil Perbandingan Eksperimen Lapangan | 36 |
| 6.1.1 Perbandingan Kemampuan Awal Kelas Eksperimen dan Kontrol..... | 36 |
| 6.1.2 Perbandingan Nilai Kuis dalam Sistem Pembelajaran Daring Adaptif | 36 |
| 6.1.3 Analisis Performa Belajar Mahasiswa dengan Sistem Pembelajaran Adaptif | 37 |
| 6.2 Hasil Perbandingan Performa <i>Fuzzy dan Pohon Keputusan</i> | 38 |
| 6.3 Hasil Evaluasi Pembelajaran dengan Sistem untuk Meningkatkan Keterampilan Berpikir Kritis | 39 |
| 6.4 Hasil Analisis Transkrip Diskusi Berdasarkan Kehadiran Kognitif..... | 39 |
| 6.5 Hasil Analisis Biaya Manfaat Sistem | 40 |
| 6.6 Hasil Evaluasi Kegunaan Sistem..... | 41 |

| | |
|--|-----------|
| 6.6.1 Evaluasi Sistem dengan Kuesioner SUS | 41 |
| 6.6.2 Evaluasi Sistem dengan <i>Think Aloud Task</i> | 41 |
| 6.6.4 Evaluasi Sistem dengan Wawancara..... | 41 |
| 6.7 Hasil Evaluasi Penerapan Model Adaptasi | 42 |
| BAB VII. PENUTUP | 43 |
| 7.1 Kesimpulan | 43 |
| 7.1.1 Model Sistem Pembelajaran Daring Adaptif..... | 43 |
| 7.1.2 Pengembangan Sistem Pembelajaran Daring Adaptif..... | 43 |
| 7.1.3 Evaluasi Sistem Pembelajaran Daring Adaptif... | 44 |
| 7.2 Saran | 45 |
| 7.2.1 Keterbatasan Penelitian | 45 |
| 7.2.2 Penelitian Lebih Lanjut | 45 |
| DAFTAR PUSTAKA | 46 |
| CURRICULUM VITAE | 50 |

BAB I. PENDAHULUAN

Bab pendahuluan ini berisi penjelasan mengenai latar belakang yang mendasari pemilihan permasalahan kajian, tujuan dan rumusan masalah, pertanyaan penelitian, manfaat penelitian, kontribusi penelitian, serta batasan penelitian.

1.1 Latar Belakang

Pembelajaran adaptif secara personal dapat membantu mahasiswa beradaptasi dengan tujuan pembelajaran. Sistem adaptif menggabungkan, memahami, dan mendeteksi kebutuhan spesifik pembelajar dalam konteks pembelajaran untuk mencapai target capaian pembelajaran (Al Duhayyim & Newbury, 2018).

Revolusi industri 4.0 di pendidikan tinggi menempatkan empat kemampuan utama yang harus dikuasai yaitu pemecahan masalah, berpikir kritis, kreativitas, dan spiritual melalui teknologi (Mougenot, 2016). Pengajaran keterampilan berpikir kritis diperlukan strategi khusus karena dosen harus mendorong mahasiswa untuk berpikir, memahami, melihat berbagai perspektif dari sebuah permasalahan, hingga mampu mengambil keputusan yang terbaik. Beberapa peneliti menggunakan beragam perangkat untuk meningkatkan berpikir kritis seperti berpikir tingkat tinggi atau *Higher Order Thinkings* (HOTS) (Boonprasom & Sintanakul, 2020), peta pikiran (Alkhatib, 2019), taksonomi Bloom (Troussas et al., 2021), dan kemampuan kognitif (Biasi et al., 2019).

Pembelajaran adaptif saat ini banyak berfokus pada mengidentifikasi preferensi seorang berdasarkan tipe gaya belajar (Chen & Mitrovic, 2020; Troussas et al., 2020). Pengelompokan ini memiliki keterbatasan karena gaya belajar mahasiswa cenderung berubah-ubah sesuai karakteristik materi, pengalaman, dan stimulasi lingkungan yang berbeda. Penelitian gaya belajar di pendidikan daring adaptif tidak menghasilkan perbedaan yang signifikan antara dengan perkembangan tingkat pengetahuan, keterampilan, dan kemampuan kognitif (Bozhilov et al., 2009; Melis & Monthienvichienchai, 2004). Strategi adaptif bergeser dengan menganalisis hasil belajar yang mencerminkan kemampuan kognitif individu. Beberapa teknik yang telah digunakan seperti *Fuzzy Inference System* (Sweta & Lal, 2017), *Fuzzy Cognitive Map* (D'Aniello et al., 2020; Karthika et al., 2020), dan *Neural Network*

(Zhao & Liu, 2019). *Fuzzy Inference System* (FIS) memiliki kemampuan penalaran yang serupa seperti manusia, sehingga banyak menunjukkan hasil yang baik dalam penelitian pembelajaran daring.

Penelitian ini mengusulkan peningkatan keterampilan berpikir kritis berdasarkan kerangka kerja komunitas inkuiri dalam pembelajaran daring adaptif dengan pendekatan kemampuan berpikir tingkat tinggi. Komunitas inkuiri mendukung keterampilan berpikir kritis untuk pemikiran tingkat tinggi sebagai tujuan akhir dan akhir dalam pendidikan. Oleh karena itu, pembelajaran daring adaptif dalam penelitian ini diharapkan dapat mendorong kemampuan berpikir kritis dengan komunitas inkuiri.

1.2 Rumusan Masalah

Penelitian ini mengusulkan tiga rumusan masalah dalam mengembangkan sistem pembelajaran adaptif, sebagai berikut.

1. Pembelajaran daring di perguruan tinggi saat ini belum mampu beradaptasi dan belum mengatasi perbedaan individu sehingga setiap mahasiswa mendapatkan materi, dan stimulasi pengajaran yang sama walaupun memiliki kemampuan yang tidak setara.
2. Pembelajaran daring saat ini melakukan proses adaptasi manual dengan penyesuaian instruksional pembelajaran terhadap kebutuhan siswa.
3. Sistem pembelajaran daring adaptif belum dievaluasi secara dalam mengenai kinerja dari sistem yang diimplementasikan telah mencapai tujuan pembelajaran dan sesuai dengan kepuasan pengguna.

1.3 Pertanyaan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang telah disebutkan, pertanyaan penelitian pada penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Bagaimana model sistem pembelajaran daring adaptif yang dapat meningkatkan keterampilan berpikir kritis bagi mahasiswa?
2. Bagaimana membangun sistem pembelajaran daring adaptif untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis berdasarkan kerangka kerja komunitas inkuiri?
3. Bagaimana hasil evaluasi sistem pembelajaran daring adaptif untuk ketercapaian kemampuan berpikir kritis dan kerangka kerja komunitas inkuiri?

1.4 Tujuan dan Manfaat Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan model pembelajaran daring adaptif untuk mendukung keterampilan berpikir kritis dan komunitas inkuiri di lingkungan perguruan tinggi. Sistem ini diharapkan dapat memberikan manfaat kontribusi ilmiah untuk teknologi pendidikan daring adaptif, menghasilkan model pembelajaran daring adaptif untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis mahasiswa, dan menghasilkan sistem pendidikan adaptif. Sistem yang memberikan pengetahuan setiap mahasiswa sesuai dengan kemampuannya sehingga materi dan respons dapat meningkatkan keterampilan berpikir kritis.

1.5 Kontribusi Penelitian

Kebaruan dari penelitian ini adalah menghasilkan sistem pendidikan daring yang adaptif menyesuaikan dengan keterampilan berpikir kritis berdasarkan kerangka kerja komunitas inkuiri bagi mahasiswa. Hasil penelitian memberikan kontribusi secara teoritis dan praktis pada bidang penelitian pembelajaran daring adaptif. Kontribusi dari kebaruan penelitian ini secara teoritis, yaitu:

- (1) Mengusulkan model pembelajaran daring adaptif yang terdiri dari empat komponen yaitu model siswa, adaptasi, konten, dan instruksional dengan variabel di setiap komponen mendukung keterampilan berpikir kritis dengan komunitas inkuiri.
- (2) Mengusulkan mekanisme penentuan pembelajaran yang mampu beradaptasi secara otomatis menggunakan logika *Fuzzy* dalam pengambilan keputusan.
- (3) Menganalisis evaluasi hasil implementasi pembelajaran daring adaptif yang dapat menguatkan teori yang telah diusulkan pada model dalam penelitian ini.

Kontribusi secara praktis, penelitian ini diharapkan dapat memberikan sumbangsih yaitu:

- (1) bagi perguruan tinggi, penelitian ini menghasilkan sistem pembelajaran daring adaptif yang dapat digunakan perguruan tinggi.
- (2) bagi pengembang sistem, penelitian ini menyediakan tahapan model konseptual, arsitektur, representasi model pengetahuan, *UML*.

- (3) bagi akademisi, penelitian ini menghasilkan artikel ilmiah untuk sistem pembelajaran daring adaptif sebagai acuan untuk pengembangan penelitian lebih lanjut.

1.6 Batasan Penelitian

Secara umum, batasan permasalahan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

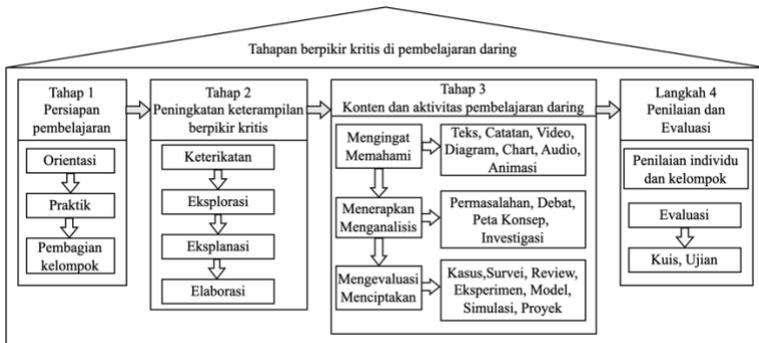
- (1) Sistem pembelajaran daring adaptif yang dibangun mengabaikan perbedaan spesifikasi pada pembelajaran daring di perguruan tinggi lainnya.
- (2) Indikator kemampuan berpikir kritis menggunakan tingkat evaluasi. Spesifikasi pendidikan daring adaptif ini terdiri dari karakteristik kemampuan berpikir kritis mahasiswa, variasi materi pembelajaran, instrumen keterampilan berpikir kritis berdasarkan kerangka kerja komunitas inkuiri, sumber daya, dan evaluasi sistem.
- (3) Penelitian ini dibangun berbasis web berfokus pada penyusunan konten dan alur pembelajaran untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis. Namun mengabaikan masalah teknis meliputi infrastruktur, dukungan teknis, manajemen akun mahasiswa yang, koneksi *bandwidth* ke *server*, dan kemampuan *server* untuk menangani permintaan yang tinggi.
- (4) Lingkungan pembelajaran daring adaptif menyajikan bentuk adaptasi pada materi pembelajaran yang disesuaikan dengan keterampilan berpikir tingkat tinggi dalam taksonomi *Bloom* dan alur pembelajaran yang berbeda untuk setiap personal sesuai dengan kemampuan berpikir mahasiswa.

BAB II. TINJAUAN PUSTAKA

Bagian kedua laporan ini membahas kajian literatur yang terkait dengan topik penelitian. *Platform* pembelajaran adaptif saat ini sangat beragam dalam tujuan dan fungsinya. Beberapa kemajuan yang diteliti pada pembelajaran daring adaptif ini seperti jalur pembelajaran, penilaian berkelanjutan yang dimasukkan ke dalam proses instruksional, pengalihan ke pengetahuan dan keterampilan yang dibutuhkan, modalitas instruksional yang disesuaikan, pengaturan status mahasiswa, dan sistem responsif terhadap berbagai perilaku belajar. Namun, penelitian pembelajaran daring adaptif yang ada sekarang banyak membahas penerapan gaya belajar. Padahal gaya belajar ini memiliki kelemahan utama yaitu gaya belajar seorang mahasiswa berubah-ubah dan dinamis. Penelitian ini berupaya untuk membangun pembelajaran daring adaptif dengan menerapkan perbedaan kemampuan kognitif yang lebih komprehensif dan dapat mengikuti perubahan kemampuan mahasiswa.

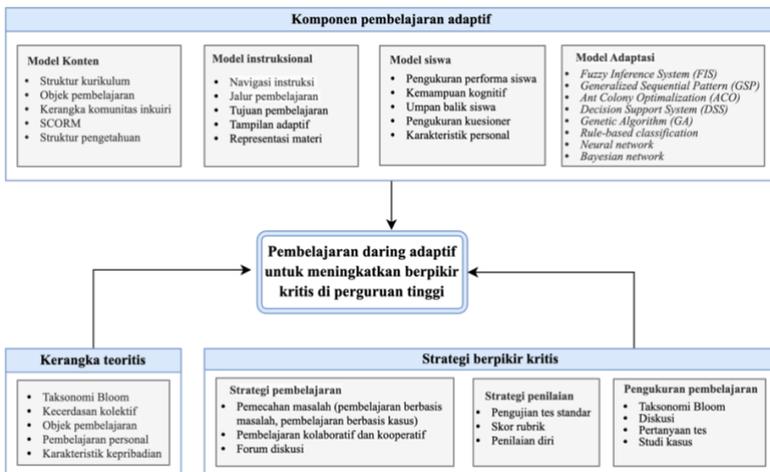
Penelitian yang diusulkan ini memiliki perbedaan dengan penelitian yang telah ada sebelumnya baik dalam bidang pendidikan daring adaptif maupun keterampilan berpikir kritis. Analisis studi literatur mengkaji komponen pembelajaran adaptif, kerangka teoritis, algoritma, dan strategi berpikir kritis. Komponen pembelajaran adaptif terdiri dari tiga model yaitu model konten, model instruksional, dan model siswa. Pada model konten, penelitian terkait banyak menggunakan tujuan pembelajaran yang adaptif sebagai alur pembelajaran. Model instruksional yang banyak diadaptasi menggunakan umpan balik dan navigasi instruksi.

Taksonomi *Bloom* adalah kerangka teori pembelajaran yang paling banyak digunakan karena mampu mendorong analisis, evaluasi, dan proses kreatif untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis. Taksonomi ini dapat memastikan bahwa kegiatan dan penilaian selaras dengan tujuan dan pengembangan pembelajaran (Gulcu, 2016; Troussas et al., 2021). FIS menjadi algoritma adaptasi yang paling banyak digunakan. Banyak peneliti lebih memfokuskan pada model pembelajar dengan penilaian pembelajar, dan kinerja pembelajar adaptasi. Tahapan berpikir kritis dalam sistem pembelajaran daring berdasarkan analisis studi literatur yang telah dilakukan dapat dilihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Tahapan berpikir kritis di pembelajaran daring

Tiga jenis strategi pembelajaran untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis yang ditemukan dalam sistem pembelajaran adaptif menggunakan: (1) pemecahan masalah, (2) pembelajaran kolaboratif dan kooperatif, dan (3) forum diskusi. Pengukuran pembelajaran yang banyak digunakan adalah Taksonomi *Bloom*, studi kasus, diskusi, dan pertanyaan melalui ujian tes.



Gambar 2.2 Tinjauan sistem pembelajaran adaptif untuk meningkatkan berpikir kritis di perguruan tinggi (Purwandari, 2023)

Aplikasi yang telah dibuat pada penelitian sebelumnya secara umum membahas penggunaan taksonomi *Bloom*, kecerdasan kolektif, objek pembelajaran, personal, dan karakteristik kepribadian sebagai dasar sistem adaptasi (Gambar 2.2). Oleh karena itu, penelitian ini memberikan usulan untuk dapat berkontribusi dalam pengembangan pembelajaran daring adaptif yang dapat meningkatkan keterampilan berpikir kritis dengan kerangka komunitas inkuiri.

Penelitian menggunakan HOTS untuk meningkatkan kemampuan inferensi pada keterampilan berpikir kritis dan interaksi pada komunitas inkuiri yang dikembangkan dalam model pembelajaran daring yang adaptif. HOTS melibatkan analisis proses berpikir, evaluasi, dan kreasi untuk menjawab suatu permasalahan yang sejalan dengan berpikir kritis yang menangani masalah dan membuat keputusan dalam situasi yang kompleks (Miterianifa et al., 2021). Kerangka kerja komunitas inkuiri dapat memfasilitasi dan memicu proses berpikir kritis mahasiswa (Shea & Bidjerano, 2010).

Strategi adaptif bergeser dengan menganalisis hasil belajar yang mencerminkan kemampuan kognitif individu. Setiap mahasiswa memiliki kemampuan kognitif berbeda yang mempengaruhi cara memproses informasi dan mempengaruhi kinerja belajar (Balasubramanian, 2018; Chrysafiadi, 2020). Kinerja belajar dikumpulkan dari keterampilan dan preferensi individu yang memengaruhi cara memahami, mengumpulkan, memproses materi pembelajaran, dan hasil nilai pembelajaran. Oleh karena itu, pengembangan sistem pendidikan adaptif dapat beradaptasi mengikuti kemampuan kognitif dan pemrosesan informasi. Penelitian ini diharapkan dapat meningkatkan proses belajar mahasiswa untuk mencapai kemampuan berpikir kritis, sehingga dapat berkontribusi peningkatan kecakapan hidup yang harus dimiliki mahasiswa.

BAB III. METODOLOGI PENELITIAN

Bagian ketiga dari proposal ini berisi penjelasan metodologi penelitian mencakup alur penelitian, rancangan penelitian, rencana tahapan penelitian.

3.1 Alur Penelitian

Kegiatan penelitian ini dimulai dengan tahap persiapan dengan pengumpulan studi literatur. Tahapan penelitian dimulai dengan analisis melalui studi literatur kemampuan berpikir kritis, analisis identifikasi instrumen untuk pembelajaran adaptif berdasarkan kerangka kerja komunitas inkuiri, dan studi awal kesiapan responden yang menjadi objek penelitian dengan pembelajaran daring dan komunitas inkuiri. Selanjutnya merancang desain sistem dan mengembangkan sistem pembelajaran adaptif yang telah divalidasi pakar. Kemudian implementasi pembelajaran daring pada kelas kontrol dan pembelajaran daring adaptif pada eksperimen. Terakhir kegiatan evaluasi, pengujian sistem, dan pengukuran ketercapaian pembelajaran pada kedua kelas, sehingga memperoleh temuan penelitian.

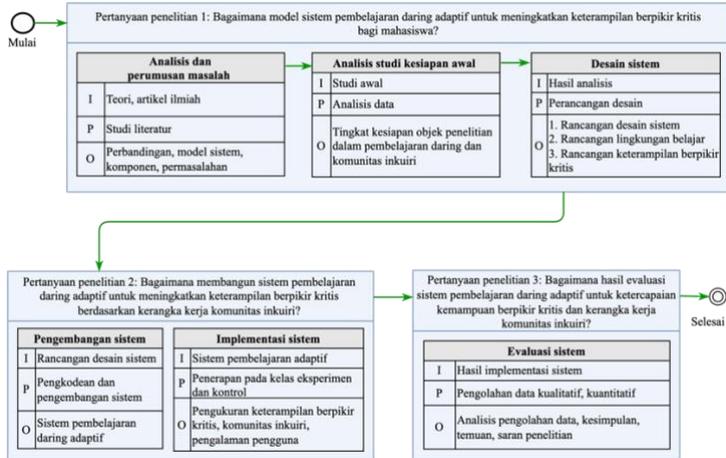
3.2 Rancangan Penelitian

Eksperimen menggunakan desain kuasi eksperimental untuk mengetahui pengaruh dari pembelajaran daring adaptif dengan untuk kemampuan berpikir kritis dan kerangka kerja komunitas inkuiri. Rancangan penelitian diterapkan pada dua kelas yaitu kelas kontrol, dan kelas eksperimen. Kelas kontrol adalah kelas tradisional dengan perlakuan (X_1). Kelas eksperimen adaptif adalah kelas dengan perlakuan (X_2) yang menerapkan pendidikan daring adaptif. Kelas ini menggunakan instrumen untuk berpikir kritis dan instrumen komunitas inkuiri. Populasi pada penelitian ini pada kelas mata kuliah bahasa pemrograman di tahun pertama perkuliahan pada program studi Informatika dan Sistem Informasi di Universitas Bengkulu.

3.3 Tahapan Penelitian

Tahap dalam penelitian ini disusun untuk menjawab pertanyaan penelitian yang telah dirumuskan. Setiap tahapan dilaksanakan secara sistematis dan berkesinambungan. Luaran dari setiap tahapan menjadi masukan di tahapan selanjutnya sampai

dengan penelitian selesai. Diagram alur tahapan penelitian pembelajaran daring adaptif ini, dapat dilihat pada Gambar 3.1.



Gambar 3. 1 Tahapan penelitian

Gambar 3.1 ditunjukkan tahapan penelitian yang terbagi menjadi enam. Tahap pertama pengumpulan data untuk merancang rumusan masalah penelitian melalui analisis artikel ilmiah terkait dengan studi literatur yang menghasilkan peluang permasalahan dan tantangan yang dapat diteliti lebih lanjut. Tahap kedua analisis studi kesiapan kelas melalui uji coba skala terbatas menggunakan pembelajaran daring pada perguruan tinggi yang nantinya diimplementasikan pembelajaran daring adaptif dengan menggunakan kerangka kerja komunitas inkuiri. Tahap ketiga penyusunan rancangan desain sistem pembelajaran daring adaptif yang meliputi desain sistem lingkungan pembelajaran, desain keterampilan berpikir kritis, desain kolaborasi berdasarkan kerangka kerja komunitas inkuiri. Tahap keempat yaitu pengembangan sistem pembelajaran daring adaptif dengan menggunakan hasil analisis komponen adaptif melalui mengkodekan dan menerapkan model dalam sistem. Tahap kelima yaitu implementasi sistem pada kelas eksperimen dan kontrol untuk pengukuran hasil implementasi sistem. Tahap terakhir evaluasi hasil pengukuran pada kelas dengan diskusi dan analisis hasil pelaksanaan eksperimen di lapangan untuk

menghasilkan temuan penelitian dan saran pengembangan sistem lebih lanjut.

3.5 Teknik Analisis Data

Penelitian ini menggunakan teknik analisis data untuk data kualitatif dan data kuantitatif. Analisis data dilaksanakan setelah seluruh data terkumpul. Kegiatan analisis data ini adalah pengelompokan data berdasarkan variabel, mentabulasi, menyajikan data yang diteliti, dan melakukan perhitungan. Analisis data dilakukan secara deskriptif dan pengujian hipotesis. Data kuantitatif dianalisis menggunakan IBM SPSS *Statistics* versi 26

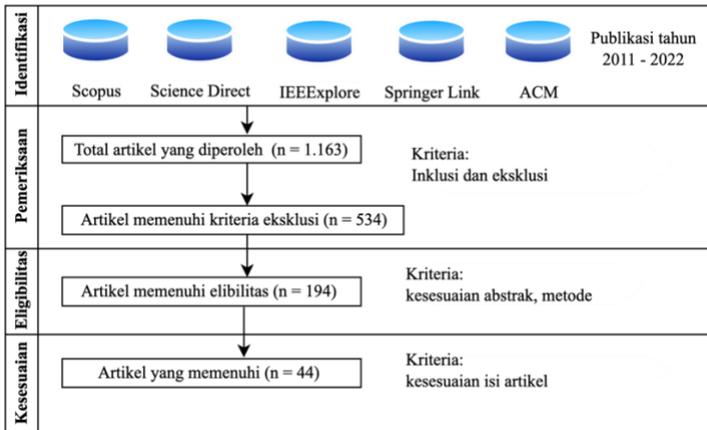
Kedua perhitungan statistik deskriptif dan statistik inferensial ini digunakan untuk mendapatkan kesimpulan berdasarkan eksperimen yang telah dilakukan. Hasil analisis data deskriptif tidak dapat digunakan untuk mengambil kesimpulan karena informasi sebaran data yang disampaikan berlaku secara umum. Sedangkan hasil dari analisis data inferensial dapat dijadikan panduan dalam pengambilan kesimpulan dari sampel data yang berlaku untuk populasi.

BAB IV. MODEL SISTEM PEMBELAJARAN DARING ADAPTIF

Bagian keempat dari disertasi ini membahas pertanyaan penelitian pertama yaitu model pembelajaran daring adaptif.

4.1 Studi Kajian Literatur Model Sistem Pembelajaran Daring Adaptif

Studi kajian tinjauan literatur ini menggunakan artikel jurnal dan prosiding konferensi dari bulan Januari 2011 hingga Desember 2022. Basis data akademik dipilih sebagai sumber utama: *Scopus*, *Science Direct*, Perpustakaan Digital ACM, *IEEE Xplore*, dan *SpringerLink*. Berdasarkan Gambar 4.1, pencarian identifikasi awal menghasilkan 1.163 artikel yang diperoleh dari kata kunci. Proses seleksi menghasilkan 44 artikel relevan dengan kajian model pembelajaran daring adaptif di tingkat perguruan tinggi.



Gambar 4.1 Hasil pemilihan artikel kajian literatur

Gambar 4.1 menunjukkan hasil pemilihan artikel kajian literatur. Artikel yang terpilih telah sesuai dengan identifikasi, pemeriksaan, eligibilitas, dan kesesuaian dengan model pembelajaran daring adaptif diperoleh sebanyak 44 artikel. Kemudian dianalisis lebih lanjut untuk mendapatkan komponen penyusun model pembelajaran daring adaptif.

4.2 Analisis Komponen pada Model Pembelajaran Daring Adaptif

Berdasarkan analisis kajian literatur yang terkait pembelajaran daring adaptif, terdapat komponen-komponen utama penyusun model. Secara umum dari kajian literatur, model dalam pembelajaran daring adaptif terdiri dari model siswa, model adaptasi, model konten, dan model instruksional.

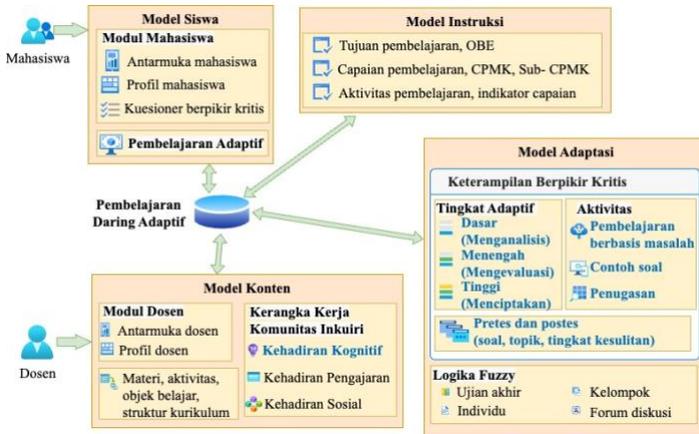
4.3 Validasi Model Pembelajaran Daring Adaptif

Validasi model pembelajaran daring adaptif dalam penelitian ini dilakukan dengan meminta pendapat dan penilaian dari pakar sistem pendidikan daring. Pakar yang dilibatkan dalam validasi ini terdiri dari empat orang. Seluruh pakar tersebut terbagi menjadi dua orang pakar melakukan validasi untuk mengevaluasi materi pembelajaran, dan dua orang mengevaluasi sistem pembelajaran daring. Setelah melakukan validasi model pembelajaran daring adaptif, pakar juga mengusulkan beberapa perbaikan. Revisi yang dilakukan berdasarkan usulan perbaikan pakar sebagai berikut:

- (1) Bagian modul berpikir kritis berubah menjadi keterampilan berpikir kritis
- (2) Bagian repositori penilaian tes menjadi pretes dan postes
- (3) Posisi model instruksi dipindahkan ke bagian atas agar gambar jelas mudah dipahami
- (4) Komponen kerangka kerja komunitas inkuiri digambarkan berada di dalam model konten
- (5) Komponen logika *Fuzzy* digambarkan berada di dalam model adaptasi.

4.4 Model Pembelajaran Daring Adaptif

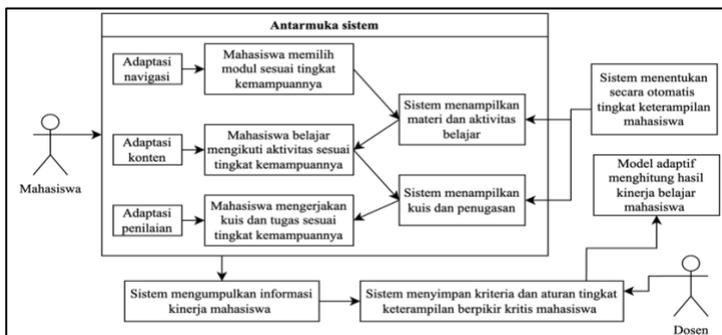
Karakteristik utama dari sistem pembelajaran daring adaptif untuk menyediakan pembelajaran yang sesuai dengan perkembangan belajar mahasiswa. Pada Gambar 4.2 menunjukkan komponen-komponen model sistem pembelajaran daring adaptif yang telah direvisi. Model ini diperoleh dari hasil kajian literatur dan telah direvisi berdasarkan validasi pakar.



Gambar 4.2 Model pembelajaran daring adaptif untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis dengan kerangka komunitas inkuiri

4.6 Arsitektur Pembelajaran Daring Adaptif

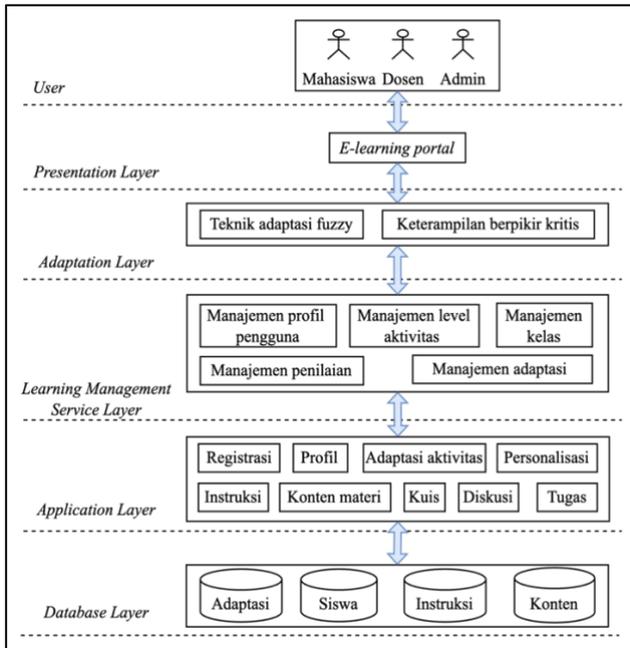
Model konseptual ini memberikan informasi bentuk dalam sistem yang dapat diadaptasi pada antar muka sistem. model konseptual sistem diwujudkan dalam tiga bentuk penyajian yaitu bentuk konten pembelajaran, penilaian, dan navigasi yang adaptif. Bentuk model konseptual pada sistem adaptif dapat dilihat pada Gambar 4.3.



Gambar 4.3 Model konseptual sistem pembelajaran daring adaptif

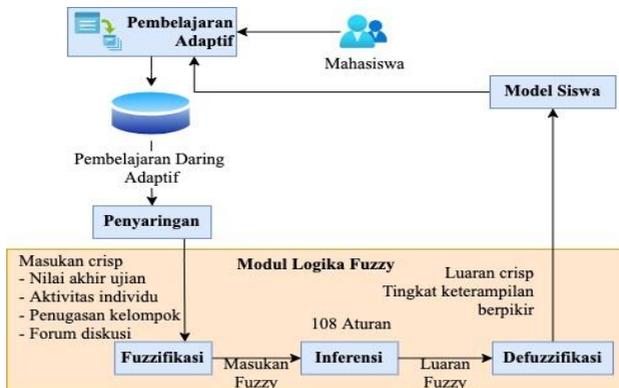
Perbedaan arsitektur pembelajaran daring dengan pembelajaran daring adaptif terletak pada adanya lapisan adaptasi menghasilkan

rekomendasi tingkatan dari konsep yang dipelajari dan diberikan ke mahasiswa secara otomatis dengan menggunakan logika *fuzzy*.



Gambar 4.4 Arsitektur sistem pembelajaran daring adaptif

Gambar 4.4 menyajikan arsitektur pembelajaran daring adaptif yang terdiri dari lima lapisan yaitu lapisan presentasi, lapisan adaptasi, lapisan layanan manajemen pembelajaran, lapisan aplikasi, dan lapisan basis data. Karakteristik arsitektur ini memiliki lapisan adaptif yang menyimpan teknik adaptasi dengan logika *Fuzzy* dan keterampilan berpikir kritis sebagai landasan dalam pengambilan keputusan. Setelah lapisan adaptif merekomendasikan sebuah tingkatan, sistem pembelajaran daring adaptif mulai bekerja untuk memilih bentuk pembelajaran. Sistem berkoneksi dengan lapisan berikutnya untuk mengakses data pada data konten, instruksi, adaptasi, dan siswa sesuai tingkat kemampuan mahasiswa.



Gambar 4. 6 Diagram alir logika *Fuzzy*

4.9 Perbandingan Sistem Model Pembelajaran Daring Adaptif

Bagian ini menjelaskan perbandingan antara model pembelajaran daring adaptif dengan penelitian yang ada sebelumnya. Setiap model memiliki perbedaan penggunaan, komponen penyusun, dan alur sesuai dengan tujuan penelitian yang dicapai. Ketiga model terdahulu Shute & Towle, (2003), Hou & Fidopiastis (2017), Yagale et al. (2018) memiliki tiga komponen utama yang berbeda. Komponen model instruksional tidak dicantumkan oleh Yagale et al. (2018) dan Hou & Fidopiastis (2017). Keduanya menganggap model instruksional sebagai pedagogis termasuk ke dalam model adaptasi.

Penelitian ini mencantumkan model instruksional dalam model pembelajaran adaptif karena sebagai landasan yang berkaitan dengan penyajian instruksi pembelajaran kepada siswa. Model instruksional berfungsi sebagai panduan merancang pengajaran, seperti tujuan, capaian, dan aktivitas pembelajaran, pemilihan media pembelajaran yang sesuai, menentukan stimulus belajar melalui persepsi awal, merencanakan bentuk umpan balik, langkah untuk merespons kinerja mahasiswa.

Bagian ini menghasilkan komponen penyusun dalam model pembelajaran daring adaptif. Model telah divalidasi oleh pakar dan direvisi. Model komponen pembelajaran daring adaptif ini melibatkan empat komponen utama yaitu konten, adaptasi, siswa, dan instruksional dengan representasi pengetahuan dari setiap komponen

BAB V. PENGEMBANGAN SISTEM PEMBELAJARAN DARING ADAPTIF

Bagian kelima membangun pembelajaran daring adaptif untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis mahasiswa.

5.1 Pengembangan Perangkat Lunak

Model pengembangan perangkat lunak dalam penelitian ini menggunakan sekuensial linier atau *waterfall*. Model sekuensial linier menyarankan pendekatan yang sistematis dan sekuensial terhadap pengembangan perangkat lunak melalui analisis, desain, mengkodekan, pengujian, dan dukungan (Pressman, 2005). Pengembangan sistem pembelajaran daring adaptif dalam penelitian ini tidak hanya terfokus pada perspektif desain instruksional pembelajaran tetapi juga pada aspek pengembangan perangkat lunak.

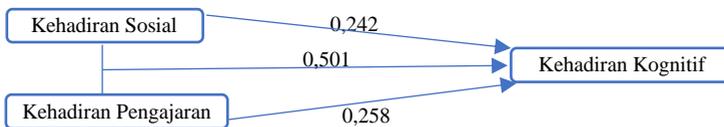
5.2 Pengumpulan Data dan Analisis Sistem

Analisis sistem berjalan berfungsi untuk memahami dan mengetahui proses bisnis pada proses belajar mengajar yang sedang berjalan dan menemukan kelemahannya agar dapat diatasi pada penelitian ini. Tahap ini dilakukan melalui diskusi dengan ketua program studi, dosen pengampu mata kuliah, dan mahasiswa. Hasil analisis terlihat pada sistem yang berjalan ada 3 aktor yang berperan dalam proses belajar mengajar, yaitu ketua program studi sebagai administrator, dosen pengampu MK, dan mahasiswa. Aktivitas yang terjadi seperti persiapan kegiatan pembelajaran, kegiatan belajar mengajar, dan evaluasi hasil belajar. Sistem yang dibangun memiliki tiga peran pengguna yaitu administrator, pengajar atau dosen, dan peserta didik atau mahasiswa.

5.3 Analisis Instruksional

5.3.1 Analisis Kesiapan Pengguna

Tahapan ini mengumpulkan data menggunakan kuesioner pembelajaran daring, dan kerangka komunitas inkuiri (Junus et al., 2019). Data ini menjadi dasar kesiapan pengguna dalam menerapkan pembelajaran berdasarkan kerangka kerja komunitas inkuiri. Proses pengumpulan data melibatkan dua program studi yaitu Sistem Informasi dan Informatika, Fakultas Teknik di Universitas Bengkulu.



Gambar 5.1 Analisis jalur untuk elemen kerangka komunitas inkuiri (Purwandari et al., 2022)

Gambar 5.1 menunjukkan model analisis jalur untuk tiga elemen kerangka komunitas inkuiri. Kehadiran kognitif dipengaruhi secara signifikan dari kehadiran pengajaran dan sosial. Hasil menunjukkan bahwa mahasiswa pengguna sistem telah siap mengonstruksi kerangka kerja komunitas inkuiri dalam pembelajaran daring, dan memiliki umpan balik positif untuk evaluasi komunitas inkuiri untuk mendukung keterampilan berpikir kritis (Purwandari et al., 2022).

5.3.2 Analisis Mata Kuliah

Penelitian ini diterapkan pada mata kuliah Komputer dan Pemrograman. Materi yang dibahas mengenai dasar-dasar pemrograman Java mencakup lima modul hingga ujian tengah semester. Lima sub topik modul yaitu (1) tipe data; (2) operasi operator; (3) kelas, objek, *method*; (4) percabangan dengan *if* dan *switch*; dan (5) perulangan dengan *for* dan *while*. Penelitian ini mengikuti skenario pembelajaran kurikulum berbasis OBE/ KKNI/ SKKNI APTIKOM untuk jenjang S1 Informatika. Profil Lulusan (PL) untuk Program Studi Informatika/Ilmu Komputer disusun dari 4 (empat) aspek yaitu Sikap (S), Pengetahuan (P), Keterampilan Umum (KU), dan Keterampilan Khusus (KK).

5.3.3 Analisis Aktivitas Pembelajaran Adaptif

Pada pembelajaran adaptif merekomendasikan jenis aktivitas dan jenis materi sebagai bentuk adaptasi berdasarkan data kemajuan belajar mahasiswa. Pada tabel 5.5 menunjukkan delapan aktivitas utama yaitu materi, video, materi pengayaan, tugas individu, tugas kelompok, kuis, contoh soal, dan forum diskusi. Mahasiswa yang memiliki keinginan untuk memperdalam pengetahuan dapat mengakses materi pengayaan. Contoh kode pemrograman sebagai media pemahaman konsep yang lebih konkret dari materi yang telah disampaikan secara teoritis untuk menyelesaikan permasalahan di

dunia nyata. Tugas kelompok diberikan secara umum pada tingkatan keterampilan berpikir tingkat tinggi yang teratas yakni level menciptakan. Kompleksitas soal pada kuis berkaitan dengan tingkat kesulitan pada taksonomi *Bloom* untuk meningkatkan keterampilan berpikir tingkat tinggi. Forum diskusi yang menggunakan kerangka komunitas inkuiri ini menjadi salah satu indikator tingkat partisipasi dan interaksi mahasiswa dalam pembelajaran daring.

5.4 Desain Sistem

Desain sistem adalah proses mendefinisikan arsitektur, antarmuka, dan data untuk sistem berdasarkan hasil analisis sistem. Tabel 5.6 mencantumkan variabel yang menjadi aturan adaptif dalam pembelajaran daring adaptif yang meliputi konten, ujian, dan tugas individu. Mahasiswa yang berada pada level dasar (menganalisis) telah memenuhi standar capaian mata kuliah. Jalur navigasi pembelajaran disesuaikan dengan hasil analisis sistem untuk setiap level berpikir. Mahasiswa hanya dapat mengakses tombol pada tingkatan level berpikirnya saja untuk mempermudah navigasi dalam sistem sedangkan tombol lainnya tidak aktif. Data tingkat berpikir mahasiswa dikumpulkan melalui tes awal dan tes akhir yang dilakukan sebanyak jumlah sub-topik. jika hasilnya tetap dan tidak menunjukkan peningkatan, berarti pada materi selanjutnya mahasiswa tetap berada pada keterampilan berpikir pada tingkat sebelumnya.

Tabel 5.1 Susunan aturan personal setiap level

| Variabel | | Keterampilan berpikir tingkat tinggi | | |
|-----------------------------------|--|---|---|--|
| | | Dasar (Menganalisis) | Sedang (Mengevaluasi) | Tinggi (Menciptakan) |
| Ujian (tes awal, tes akhir) | Jumlah butir soal = 10 | 5 – menganalisis 3 – mengevaluasi 2 –menciptakan | 3 – menganalisis 5 – mengevaluasi 2 – menciptakan | 2 – menganalisis 3 – mengevaluasi 5 – menciptakan |
| Konten | studi kasus, pembelajaran berbasis masalah | Menguraikan Memerinci Membandingkan | Mengevaluasi Merekomendasikan Mempertimbangkan | Menciptakan Mengonstruksi Merancang |
| Tugas individu | Pemecahan masalah | Menguraikan Mengaitkan Menganalisis | Mengevaluasi Merekomendasikan Menyimpulkan | Mengonstruksi Menyusun lagi Merancang Mengembangkan |
| Materi | Dokumen <i>powerpoint</i> , video pembelajaran | Materi terdiri dari materi inti dan materi pengayaan disusun untuk mencapai CPMK, Sub-CPMK, dan indikator capaian pembelajaran. | | |

| Variabel | | Keterampilan berpikir tingkat tinggi | | |
|----------------|--------------------|--|--------------------------|-------------------------|
| | | Dasar (Menganalisis) | Sedang (Mengevaluasi) | Tinggi (Menciptakan) |
| Tugas Kelompok | Pemrograman | Anggota kelompok gabungan dari ketiga level. | | |
| Forum Diskusi | Kehadiran kognitif | Ketiga level dapat berkontribusi bersama dalam forum diskusi untuk kehadiran kognitif (pemicu, eksplorasi, integrasi, dan resolusi). | | |

Kerangka komunitas inkuiri terdiri dari kehadiran pengajaran, kehadiran sosial, dan kehadiran kognitif. Variabel forum diskusi dalam penelitian ini berfokus utama pada kehadiran kognitif. Berdasarkan studi kesiapan awal terhadap kerangka komunitas inkuiri oleh (Purwandari et al., 2022) dan penelitian oleh Shea dan Bidjerano (2010), menyatakan kehadiran kognitif memiliki kontribusi terbesar terhadap keterampilan berpikir kritis. Kehadiran sosial dan kehadiran pengajaran memiliki pengaruh yang positif terhadap pengembangan kehadiran kognitif (Almasi & Zhu, 2020; Lim & Richardson, 2021; Maranna et al., 2022). Mahasiswa yang memiliki kehadiran kognitif tinggi maka juga memiliki kehadiran sosial dan kehadiran pengajaran yang tinggi.

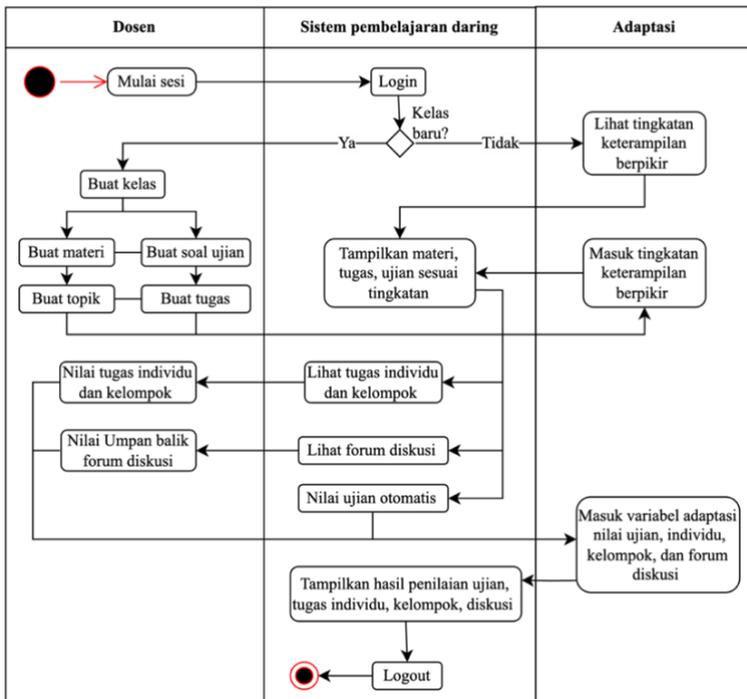
5.5 Desain UML

5.4.1 Desain Use Case

Diagram *use case* merupakan pemodelan deskripsi interaksi antara satu atau lebih aktor dalam sistem. Pada Gambar 5.2 menunjukkan tanggung jawab masing-masing aktor yaitu mahasiswa, dosen, dan administrator dalam pembelajaran daring adaptif.



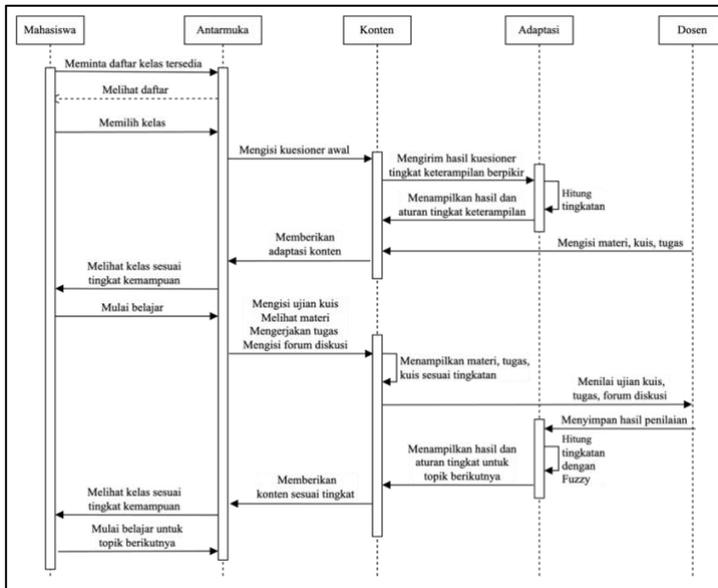
Gambar 5.2 Diagram *use case* pembelajaran daring adaptif



Gambar 5.4 Diagram *activity* untuk dosen

5.4.3 Desain *Sequence Diagram*

Diagram sekuens menjelaskan alur suatu operasi dilakukan, pesan yang akan dikirim, dan waktu pelaksanaannya. Pada Gambar 5.5 komunikasi dimulai mahasiswa mendaftar kelas mata kuliah. Konten pembelajaran menampilkan kuesioner, kemudian mengirim hasil isian untuk dihitung tingkatannya oleh komponen adaptasi. Adaptasi mengirimkan hasil tingkatan, mahasiswa mulai belajar sesuai tingkat keterampilan berpikirnya. Dosen menilai tugas dan forum diskusi, kemudian mengirimkan ke komponen adaptasi untuk dihitung tingkatan kinerjanya. Mahasiswa melanjutkan kembali belajar di topik berikutnya sesuai keterampilannya.



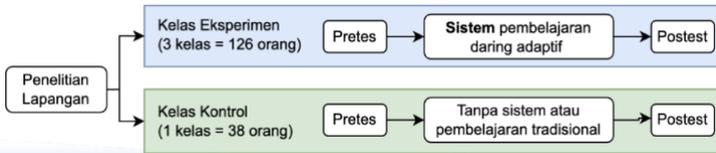
Gambar 5.5 Diagram *sequence* sistem pembelajaran daring adaptif

5.8 Desain Fungsi Keanggotaan *Fuzzy*

Pembelajaran daring adaptif ini menggunakan teknik logika *Fuzzy* untuk menyelidiki data sistem pembelajaran. Teknik ini dapat mempertimbangkan dan menerapkan penalaran seperti manusia. Penelitian ini membandingkan tiga bentuk fungsi keanggotaan *Fuzzy* yaitu segitiga, *Gaussian*, dan trapesium. Variabel masukan terdiri dari nilai ujian, penugasan kelompok, penugasan individu, dan forum diskusi. Variabel luaran adalah tingkat keterampilan berpikir kritis. Penyusunan variabel masukan dan luaran menggunakan perangkat lunak Matlab R2023a.

5.9 Desain Eksperimen

Penelitian ini melibatkan dua kelas yang masing-masing melakukan tes awal dan tes akhir sebelum dan sesudah perlakuan yang berbeda. Desain eksperimen penelitian ini menggunakan *pretest – posttest control group design* untuk menyelidiki pengaruh pembelajaran daring terhadap proses pembelajaran.

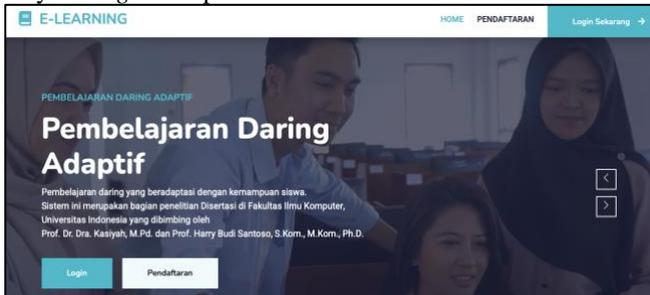


Gambar 5. 6 Desain eksperimen

Gambar 5.6 menunjukkan pembagian kelas penelitian dilakukan di Universitas Bengkulu pada program studi Informatika dan Sistem Informasi, Fakultas Teknik. Pembelajaran berlangsung selama 7 minggu dan 1 minggu untuk ujian tengah semester pada semester pertama tahun ajaran 2022/2023.

5.10 Implementasi Pengembangan Sistem

Tahap pengembangan merupakan proses pembuatan sistem pembelajaran daring adaptif berdasarkan data yang dikumpulkan dari dua tahap sebelumnya yaitu tahap analisis dan perancangan. Tahap awal mahasiswa mengakses laman <http://adaptlearn.cs.ui.ac.id/>. Pada Gambar 5.7 menunjukkan halaman depan *website* dengan dua tombol utama yaitu *login* dan pendaftaran.



Gambar 5.7 Antarmuka halaman depan dan halaman *login*



Gambar 5.8 Antarmuka materi yang dapat diakses

Gambar 5.8 ditunjukkan materi yang dapat diakses dalam bentuk teks warna biru dan tautan yang aktif. Tingkatan ini dibangkitkan secara otomatis oleh sistem ketika mahasiswa sudah berhasil mengikuti proses pembelajaran. Mahasiswa tidak dapat mengakses modul berikutnya apabila belum menyelesaikan proses belajar di modul sebelumnya. Sedangkan materi yang tidak dapat diakses dalam bentuk warna merah dan tautan yang tidak aktif.

5.11 Pengujian Sistem

Penelitian ini melakukan tiga evaluasi, yaitu pengujian fungsional, evaluasi pakar pembelajaran, dan sistem daring.

5.11.1 Pengujian Fungsional Logika *Fuzzy*

Tes fungsional diberikan dengan menguji tingkatan keterampilan berpikir dengan masukan empat variabel dalam logika *Fuzzy*. Evaluasi menunjukkan 108 kombinasi untuk setiap masukan variabel tes akhir, individu, kelompok, dan forum diskusi. Sistem telah mampu mengidentifikasi luaran tingkat keterampilan berpikir mahasiswa secara otomatis.

5.11.2 Evaluasi Ahli Pembelajaran

Penilaian bidang pendidikan mengevaluasi isi materi pembelajaran di setiap tingkatan berpikir (analisis, evaluasi, dan kreasi) sudah sesuai untuk mengembangkan keterampilan berpikir kritis dan sesuai dengan tuntutan kurikulum. Evaluasi dilakukan oleh dua orang ahli yaitu bidang pendidikan dan pendidikan informatika. Hasil validitas instrumen materi pembelajaran diperoleh nilai koefisien $0,97 > 0,60$ sehingga dinyatakan instrumen valid dan dapat digunakan. Perhitungan reliabilitas nilai koefisien instrumen materi pembelajaran $0,98 > 0,60$ instrumen reliabel digunakan penelitian.

5.11.3 Evaluasi Ahli Sistem Pembelajaran Daring

Evaluasi kinerja perangkat lunak dilakukan oleh dua orang ahli. Pada Tabel 5.20 menunjukkan hasil validitas untuk penilaian program sebesar 0,66 dan logika *Fuzzy* sebesar 0,70. Kedua nilai ini berada lebih dari 0,60 sehingga dinyatakan kedua instrumen telah valid dan dapat digunakan dalam penelitian. Perhitungan reliabilitas diperoleh nilai instrumen penilaian program sebesar 0,77 dan instrumen logika *Fuzzy* sebesar 0,86. Kedua instrumen ini memiliki nilai lebih besar dari 0,60 sehingga reliabel dan layak dipergunakan dalam penelitian.

BAB VI. EVALUASI SISTEM PEMBELAJARAN DARING ADAPTIF

Bab ini menyajikan pembahasan evaluasi hasil dari implementasi pembelajaran daring adaptif.

6.1 Hasil Perbandingan Eksperimen Lapangan

6.1.1 Perbandingan Kemampuan Awal Kelas Eksperimen dan Kontrol

Penelitian membandingkan nilai dari kelas kontrol secara tradisional tanpa pembelajaran daring adaptif dan kelas eksperimen dengan pembelajaran daring adaptif. Sebelum diberikan perlakuan yang berbeda, kedua kelas diukur menggunakan data nilai ujian SMA untuk mengetahui kemampuan awal di kedua kelas setara atau tidak. Pengujian kesetaraan antara kedua kelas menggunakan analisis *independent sample t-test* untuk mengetahui homogenitas kelas. Apabila nilai sigma berada di atas $> 0,05$ maka homogenitas terpenuhi, artinya kedua kelas sudah setara dan dapat dilakukan perbandingan lebih lanjut. Namun, bila sigma berada di bawah $< 0,05$ maka homogenitas tidak terpenuhi dan kedua kelas memiliki kemampuan awal yang berbeda. Hasil pengujian kesetaraan menggunakan data nilai ujian SMA sebagai kemampuan awal pada kelas kontrol yang berjumlah 38 mahasiswa dan kelas eksperimen yang berjumlah 126 mahasiswa. Nilai rata-rata ujian SMA pada kelas kontrol sebesar 85,06 dan kelas eksperimen sebesar 87,78 dengan selisih sebesar 2,72. Hasil uji kesetaraan menggunakan homogenitas *t-test independent sample* menghasilkan nilai sigma 0,72 $> 0,05$ berarti kedua kelas memiliki kemampuan yang setara sehingga dapat dibandingkan lebih lanjut dengan perlakuan yang berbeda.

6.1.2 Perbandingan Nilai Kuis dalam Sistem Pembelajaran Daring Adaptif

Perbandingan ini berfokus pada perbandingan nilai kuis tes awal dan tes akhir untuk mengetahui tingkat pencapaian setiap mahasiswa sebelum dan setelah mengikuti pembelajaran. Berdasarkan data yang dikumpulkan dari tes awal dan tes akhir untuk kelima topik yang diberikan pada kelas eksperimen dan kontrol. Hasil menunjukkan bahwa nilai tes awal kedua kelas tidak terpaat perbedaan jauh. Hal ini menunjukkan proses belajar dengan sistem pembelajaran adaptif

telah meningkatkan keterampilan berpikir kritis secara signifikan. Selanjutnya uji non para metrik pada data hasil kuis untuk mengetahui perbedaan pengaruh antara kelas kontrol dan eksperimen (Tabel 6.1).

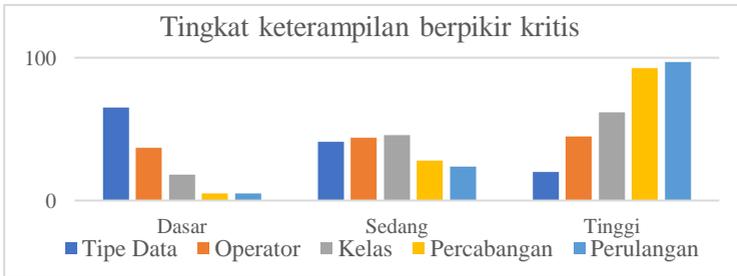
Tabel 6.1 Hasil uji non parametrik

| | Tes awal | Tes akhir |
|---|-----------------|------------------|
| Mann-Whitney U | 43995,00 | 16367,50 |
| Wilcoxon W | 61761,00 | 34133,50 |
| Z | -5,53 | -15,25 |
| Asymp. Sig. (2-tailed) | 0,00 | 0,00 |
| a. Pengelompokan variabel: kelas_kontrol_eksperimen | | |

Pada tabel 6.1 menunjukkan nilai signifikansi pada nilai tes awal dan tes akhir dengan pengelompokan variabel kelas kontrol dan eksperimen diketahui bahwa nilai *Asymp Sig (2-tailed)* sebesar 0,00 lebih kecil dari nilai probabilitas 0,05. Oleh karena itu, *Ha* diterima, sehingga ada perbedaan yang signifikan di nilai tes awal dan tes akhir antara kelas kontrol dan eksperimen. Perbedaan ini menunjukkan bahwa ada pengaruh penggunaan pembelajaran daring adaptif pada kelas eksperimen. Sistem pembelajaran daring adaptif memberikan banyak peningkatan hasil belajar mahasiswa.

6.1.3 Analisis Performa Belajar Mahasiswa dengan Sistem Pembelajaran Adaptif

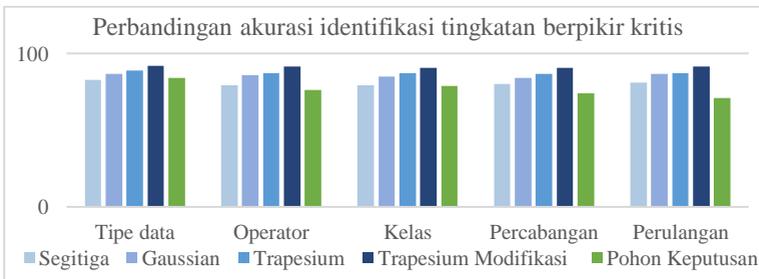
Performa tingkat keterampilan berpikir kritis mahasiswa pada setiap modul topik pembelajaran ditunjukkan pada Gambar 6.1. Tipe data merupakan modul pertama dalam pembelajaran adaptif. Modul ini memiliki keterampilan berpikir kritis pada tingkat dasar yang tertinggi. Topik awal tipe data memiliki jumlah mahasiswa terbanyak di tingkatan dasar. Topik terakhir tentang perulangan memiliki jumlah mahasiswa terbanyak di tingkatan tinggi. Aktivitas-aktivitas yang berbeda di setiap tingkatan pembelajaran daring seperti pembelajaran berbasis masalah (Halpern & Dunn, 2021), tingkatan materi yang berbeda-beda (Yang et al., 2014), penilaian pemrograman baik individu dan kelompok (Guggemos et al., 2022), dan desain forum diskusi (Giacumo & Savenye, 2020). Perubahan ini menunjukkan sistem dan aktivitas yang diberikan pada pembelajaran daring adaptif secara bertahap telah dapat meningkatkan keterampilan berpikir kritis mahasiswa.



Gambar 6.1 Performa tingkat mahasiswa di sistem adaptif

6.2 Hasil Perbandingan Performa *Fuzzy* dan *Pohon Keputusan*

Perbandingan performa *Fuzzy* untuk mengetahui akurasi fungsi keanggotaan trapesium modifikasi yang digunakan dalam sistem di penelitian ini. Dataset diambil dari website, kemudian diuji terhadap fungsi keanggotaan yang berbeda yaitu segitiga, trapesium, dan *Gaussian* dengan nilai parameter yang diatur secara *default*.



Gambar 6.2 Hasil akurasi identifikasi dengan empat bentuk fungsi keanggotaan logika *Fuzzy* dan pohon keputusan

Pada Gambar 6.2 menunjukkan perbandingan tingkat akurasi untuk keempat fungsi keanggotaan *Fuzzy*. Fungsi dengan trapesium modifikasi dalam penelitian ini menunjukkan akurasi yang tertinggi rata-rata 91.12% bila dibandingkan dengan fungsi *gaussian* dan segitiga (Ali et al., 2015; Janková & Rakovská, 2022; Khairuddin et al., 2021; Saha et al., 2016; Setiawan et al., 2020). Fungsi trapesium ini memiliki beberapa kelebihan (Wu, 2012) yaitu representasi fungsi parameter yang sederhana, konstruksi dapat dibangun dengan *model-*

driven dan *knowledge-driven*, struktur analitik yang lebih sederhana, fungsi mudah didesain dan disusun batasannya. Secara umum, nilai akurasi untuk identifikasi tingkatan keterampilan berpikir lebih tinggi daripada dengan pohon keputusan (Babavalian & Eftekhari Moghadam, 2013; Ismanto et al., 2023; Narayanan et al., 2015). Pada Gambar 6.3 menunjukkan hasil akurasi menggunakan logika Fuzzy dengan fungsi keanggotaan Gaussian dan trapesium yang lebih baik daripada pohon keputusan.

6.3 Hasil Evaluasi Pembelajaran dengan Sistem untuk Meningkatkan Keterampilan Berpikir Kritis

Evaluasi pembelajaran daring adaptif melibatkan variabel dependen dan independen. Variabel dependen yaitu tingkat keterampilan berpikir kritis dan variabel independen yaitu nilai tes akhir, penilaian kehadiran kognitif dengan kerangka komunitas inkuiri dalam forum diskusi, penilaian tugas kelompok dan individu. Selanjutnya uji *t* untuk menguji signifikansi statistik variabel independen berpengaruh terhadap variabel dependen.

Tabel 6.2 Hasil uji *t*

| Model | Koefisien | | Koefisien | t | Sigma |
|--|-----------|------------|-----------|-------|-------|
| | B | Std. Error | Beta | | |
| (Constant) | 0,062 | 0,112 | | 0,557 | 0,579 |
| RataIndividu | 0,571 | 0,061 | 0,532 | 9,414 | 0,000 |
| RataKelompok | 0,378 | 0,058 | 0,337 | 6,469 | 0,000 |
| RataDiskusi | 0,140 | 0,034 | 0,191 | 4,146 | 0,000 |
| Kuis | 0,300 | 0,019 | 0,065 | 1,588 | 0,015 |
| Variabel Dependen: LevelKeterampilanBerpikir | | | | | |

Pada tabel 6.2 terlihat bahwa keempat variabel independen (nilai individu, nilai kelompok, forum diskusi, dan nilai kuis) memiliki nilai sigma yang lebih rendah dari taraf signifikansi (0,05). Hal ini menyatakan bahwa seluruh variabel independen berpengaruh signifikan terhadap tingkat berpikir kritis.

6.4 Hasil Analisis Transkrip Diskusi Berdasarkan Kehadiran Kognitif

Analisis terhadap hasil transkrip diskusi menunjukkan penerapan kerangka kerja komunitas inkuiri dalam pembelajaran daring adaptif

dengan menggunakan elemen kehadiran kognitif. Kehadiran kognitif terdiri dari empat tahap yaitu (a) tahap pemicu yang menggunakan peristiwa pemicu, (b) tahap eksplorasi dengan saling berpendapat, bertanya, dan bertukar informasi, (c) tahap integrasi yang berfokus pada konstruksi makna, (d) tahap resolusi yang menghasilkan penyelesaian masalah yang ditimbulkan oleh peristiwa pemicu.

Jumlah total komentar untuk keseluruhan topik pembelajaran pemrograman adalah 1.176 komentar. Konsistensi penilaian kategori menggunakan validasi dua rater dengan hasil nilai Kappa ($k = 0,857$) $> 0,75$ menunjukkan tingkat kesepakatan antara kedua *rater* tinggi. Semakin tinggi nilai kesepakatan antar *rater* maka semakin reliabel hasil penilaian komentar dalam forum diskusi untuk kehadiran kognitif dalam pembelajaran daring adaptif. Forum menghasilkan: (1) bukan kehadiran kognitif terdapat 100 komentar yang konsisten, (2) pemicu memiliki 216 komentar, (3) eksplorasi sebanyak 446 komentar, (4) integrasi sebanyak 166 komentar, dan (5) resolusi sebanyak 125 komentar. Hasil analisis kehadiran kognitif tertinggi di eksplorasi kemudian integrasi menunjukkan mahasiswa telah mampu berpikir kritis dengan mengombinasikan informasi, menyelesaikan permasalahan melalui ide baru di forum diskusi

6.5 Hasil Analisis Biaya Manfaat Sistem

Analisis biaya atau *cost analysis* diperlukan agar institusi dapat mengetahui investasi yang dikeluarkan. Penelitian ini menggunakan mata kuliah Komputer dan Pemrograman yang merupakan Mata Kuliah Wajib Universitas. Perhitungan analisis biaya dengan nilai *Return of Investment* (ROI) selama 5 tahun adalah Rp. 1.408.500.000. Jumlah manfaat yang diterima dari penerapan sistem dalam waktu 5 tahun adalah Rp. 2.064.000.000. Berdasarkan besaran biaya investasi dan manfaat dihitung nilai ROI diperoleh sebesar 46%. Nilai ini menunjukkan sistem pembelajaran daring adaptif layak untuk dijadikan investasi yang bermanfaat bagi universitas.

Penerapan sistem pembelajaran daring adaptif juga memberikan manfaat *intangible*. Pertama, aktivitas sistem untuk peningkatan keterampilan berpikir kritis mahasiswa yang tidak ditemui di pembelajaran konvensional. Pengembangan berpikir kritis di pembelajaran konvensional juga membutuhkan biaya dan waktu khusus yang tinggi. Kedua, peningkatan pengalaman mahasiswa dalam pemkodean karena sistem memberikan beragam aktivitas.

6.6 Hasil Evaluasi Kegunaan Sistem

Evaluasi kegunaan sistem menghasilkan data kuantitatif dan kualitatif. Data kuantitatif berupa tingkat kesuksesan setiap responden terhadap penyelesaian skenario tugas dan pengisian kuesioner SUS. Data kualitatif berupa wawancara untuk mengetahui detail permasalahan dan evaluasi desain antar muka yang dialami saat pengujian sistem.

6.6.1 Evaluasi Sistem dengan Kuesioner SUS

Hasil kuesioner SUS di skala terbatas ini dapat dilihat pada Lampiran 19. Berdasarkan hasil perhitungan SUS diperoleh nilai sebesar 75,08. Hasil ini berada di antara skor 68 sampai 80,3 sehingga produk program ini berada pada tingkat “Baik”. Evaluasi pengujian kuesioner pada skala terbatas menghasilkan skor SUS yaitu 75,08 yang berada pada skala B dan tingkatan baik. Kemudian peneliti memperbaiki fitur-fitur yang ada dalam pembelajaran daring adaptif berdasarkan masukan dari uji coba skala terbatas. Setelah diperbaiki, program pembelajaran digunakan pada kelas eksperimen. Pengujian di kelas eksperimen ini melibatkan mahasiswa berjumlah 126 orang dari ketiga kelas eksperimen. Hasil menunjukkan skor SUS yaitu 80,48. Menurut kategori tingkatan di Tabel 2.8, nilai skor tersebut berada pada skala A dengan tingkatan sangat baik yang berarti fitur-fitur dalam pembelajaran daring adaptif telah berguna dengan baik.

6.6.2 Evaluasi Sistem dengan *Think Aloud Task*

Pengujian dengan metode *think aloud task* untuk mendapatkan data kuantitatif menggunakan 13 skenario tugas. Setiap skenario tugas dihitung tingkat kesuksesan dan kegagalan. Hasil perhitungan diperoleh tingkat keberhasilan penyelesaian skenario tugas adalah 95%. Hal ini menunjukkan bahwa semua responden mahasiswa dapat menyelesaikan skenario tugas yang diberikan dengan baik.

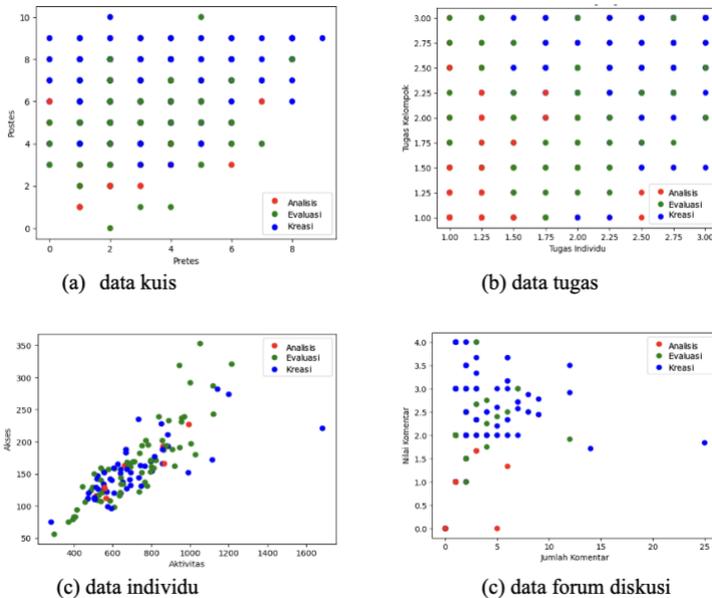
6.6.4 Evaluasi Sistem dengan Wawancara

Wawancara dilakukan untuk mengetahui pengalaman dan pendapat responden selama menggunakan aplikasi pembelajaran daring adaptif. Mahasiswa diminta untuk mengakses sistem dengan informasi *login* yang telah dibagikan sebelumnya. Kemudian, mahasiswa mengakses dan menggunakan sistem ini secara berurutan mengikuti skenario tugas yang telah disusun. *Observer* mengamati mahasiswa sambil mengisi lembar observasi, mencatat temuan dan

kendala lapangan ketika mahasiswa mengikuti skenario tugas. Hasil wawancara dan observasi wawancara menghasilkan lima masalah desain antar muka dan perbaikan fitur agar sistem dapat digunakan dengan baik.

6.7 Hasil Evaluasi Penerapan Model Adaptasi

Evaluasi model adaptasi mempertimbangkan variabel kuis, penugasan, usaha individu, dan forum diskusi sebagai dasar tingkatan keterampilan berpikir kritis. Beberapa mahasiswa dapat berada di tingkat evaluasi walaupun memiliki nilai aktivitas yang sedikit dan nilai kuis yang kurang. Hal ini karena mereka aktif berdiskusi dengan kualitas komentar yang tinggi di integrasi dan resolusi, serta dapat menyelesaikan penugasan dengan sangat baik.



Gambar 6.3 Hasil kluster variabel model adaptasi

Pada Gambar 6.3 mahasiswa yang dapat mengikuti kuis dengan nilai tinggi, memiliki nilai tugas tinggi, aktif dalam mengakses pembelajaran, dan aktif berdiskusi akan berada pada tingkat keterampilan berpikir kritis yang tinggi.

BAB VII. PENUTUP

Bagian ini berisi tentang kesimpulan dari hasil penelitian, batasan, dan rekomendasi pengembangan penelitian mendatang.

7.1 Kesimpulan

7.1.1 Model Sistem Pembelajaran Daring Adaptif

Model pembelajaran daring adaptif diperoleh dari analisis kajian literatur 1.163 artikel, kemudian dipilih 44 artikel menghasilkan model awal pembelajaran daring adaptif. Model awal divalidasi oleh empat pakar sistem dengan hasil model sistem pembelajaran daring adaptif yaitu konten, adaptasi, siswa, dan instruksional. Model siswa terdiri dari modul mahasiswa dan pembelajaran terpersonalisasi. Model adaptasi menyediakan jalur pembelajaran sesuai dengan tingkat pengetahuan mahasiswa dengan merekam dan menganalisis data kinerja siswa menggunakan kerangka kerja komunitas inkuiri melalui kehadiran kognitif. Model adaptasi dengan logika *Fuzzy* menyajikan tingkatan materi pembelajaran menggunakan Taksonomi *Bloom* untuk mendorong perkembangan keterampilan berpikir kritis. Model konten meliputi penyajian konten, pengajaran instruksional, strategi pembelajaran, dan materi pembelajaran kepada mahasiswa. Model instruksional mewakili pengetahuan, keterampilan, dan perilaku yang dicapai mahasiswa dalam pembelajaran. Komponen model adaptasi dengan logika *Fuzzy* menghasilkan otomatisasi penentuan tingkatan kemampuan mahasiswa. Model konseptual sistem mampu beradaptasi untuk konten pembelajaran, penilaian, dan navigasi dalam arsitektur sistem

7.1.2 Pengembangan Sistem Pembelajaran Daring Adaptif

Model yang telah dihasilkan kemudian digunakan sebagai dasar pengembangan sistem untuk menjawab pertanyaan penelitian kedua. Analisis literatur menghasilkan variabel masukan *Fuzzy* yang mempengaruhi keterampilan berpikir kritis adalah ujian, tugas, usaha individu, dan forum diskusi. Desain logika *Fuzzy* membandingkan tiga fungsi keanggotaan yaitu segitiga, *Gaussian*, dan trapesium. Hasil uji fungsional terhadap 108 kombinasi aturan *Fuzzy* menunjukkan bahwa sistem pembelajaran daring adaptif telah dapat menghasilkan luaran yang diharapkan. Luaran sistem berhasil mengidentifikasi keterampilan berpikir sesuai tingkatan dalam

aturan. Hasil pengujian evaluasi ahli bidang pembelajaran dan sistem pembelajaran daring menunjukkan instrumen pembelajaran dan sistem telah layak dapat digunakan untuk eksperimen.

7.1.3 Evaluasi Sistem Pembelajaran Daring Adaptif

Hasil pengolahan data menunjukkan kelas eksperimen dan kontrol memiliki kemampuan awal setara sehingga dapat dibandingkan dengan perlakuan yang berbeda. Hasil analisis nilai kuis di kedua kelas menunjukkan ada pengaruh sistem pembelajaran daring adaptif. Hasil performa sistem di setiap modul menunjukkan peningkatan keterampilan berpikir kritis yang bertahap.

Evaluasi *usability* dengan kuesioner, skenario tugas, observasi, dan wawancara. Hasil kuesioner SUS di skala terbatas sebesar 75,08 pada tingkat baik, dan di kelas eksperimen sebesar 80,48 pada tingkat baik. *Usability* dengan 13 skenario tugas menghasilkan keberhasilan 95%, bahwa mayoritas mahasiswa setuju sistem pembelajaran daring adaptif telah bermanfaat, berguna, mudah digunakan, dan dipelajari.

Analisis kehadiran kognitif dalam kerangka komunitas inkuiri menghasilkan 1.176 komentar. Kehadiran kognitif tertinggi di eksplorasi kemudian integrasi, pemicu, dan resolusi yang menunjukkan mahasiswa telah mampu berpikir kritis menyelesaikan permasalahan pemrograman. Hasil analisis statistik seluruh variabel masukan sistem dari data tes akhir individu, nilai tugas kelompok, nilai tugas individu, dan komentar di forum diskusi berpengaruh signifikan terhadap keterampilan berpikir kritis mahasiswa.

Performa *fuzzy* dengan trapesium modifikasi dalam penelitian menunjukkan performa lebih baik dari fungsi *gaussian*, trapesium, dan segitiga. Analisis biaya manfaat sistem memberikan manfaat yang *tangible* melalui nilai ROI sebesar 79%. Manfaat *intangible* berupa peningkatan keterampilan berpikir kritis dan peningkatan pengalaman mahasiswa. Jadi, analisis manfaat menunjukkan sistem pembelajaran daring adaptif layak untuk dijadikan investasi bermanfaat bagi universitas.

Hasil evaluasi sistem pembelajaran daring adaptif menunjukkan sistem dapat otomatis menentukan adaptasi tingkat keterampilan mahasiswa. Umumnya, mahasiswa yang dapat mengikuti kuis dengan nilai tinggi, memiliki nilai tugas tinggi, aktif dalam mengakses pembelajaran, dan aktif berdiskusi maka berada pada tingkat keterampilan berpikir kritis yang tinggi.

Seluruh hasil penelitian ini memberikan perspektif baru terhadap pembelajaran daring adaptif terutama keterampilan berpikir kritis untuk mahasiswa di perguruan tinggi. Model penelitian menjadi dasar teori sistem adaptif, dan pengembangan sistem menjadi representasi penerapan model dalam sistem. Setelah sistem dikembangkan dan diimplementasikan, pengujian dapat menunjukkan kontribusi terhadap pengembangan pembelajaran daring adaptif.

7.2 Saran

7.2.1 Keterbatasan Penelitian

Penelitian yang dilakukan ini memiliki keterbatasan dan kendala dalam pelaksanaannya. Hasil positif dari penelitian diharapkan dapat berimplikasi pada penggunaan pembelajaran daring adaptif untuk mata kuliah lainnya. Namun, keterbatasan penelitian ini yaitu:

- (1) pengembangan model berfokus pada peningkatan keterampilan berpikir kritis di perguruan tinggi. Bila diterapkan di tingkat lain membutuhkan modifikasi sesuai kebutuhan pengguna.
- (2) implementasi pengembangan sistem di lapangan memiliki keterbatasan dalam jumlah sampel, sehingga tidak dapat digeneralisasikan ke populasi spesifik yang lebih luas.
- (3) uji coba sistem ini diterapkan pada mahasiswa semester satu. Kehadiran dosen berperan mendukung kegiatan diskusi, tanya jawab, dan membimbing seluruh proses pembelajaran.

7.2.2 Penelitian Lebih Lanjut

Berdasarkan simpulan hasil pelaksanaan penelitian terdapat saran untuk penelitian lebih lanjut. Saran penelitian terkait pembelajaran daring adaptif dapat dikembangkan lebih lanjut, sebagai berikut:

- (1) penerapan pada MK selain bidang komputer dan pemrograman
- (2) optimalisasi dukungan teknis yang meliputi infrastruktur, koneksi *bandwidth* ke server, dan kemampuan server untuk menanggapi permintaan yang tinggi.
- (3) analisis secara mendalam kebutuhan biaya dan sumber daya agar pelaksanaan pembelajaran daring adaptif lebih efektif.

Penelitian di bidang pembelajaran daring adaptif masih memiliki banyak peluang pengembangan penelitian lebih lanjut. Tantangan utama penerapan sistem adaptif adalah meyakinkan guru atau dosen untuk mau mengubah pengajaran tradisional atau daring biasa menjadi pembelajaran daring adaptif.

DAFTAR PUSTAKA

- Al Duhayyim, M., & Newbury, P. (2018). Concept-based and Fuzzy Adaptive E-learning. *Proceedings of the 2018 The 3rd International Conference on Information and Education Innovations - ICIEI 2018*, 49–56. <https://doi.org/10.1145/3234825.3234832>
- Ali, O. A. M., Ali, A. Y., & Sumait, B. S. (2015). *Comparison between the Effects of Different Types of Membership Functions on Fuzzy Logic Controller Performance*.
- Alkhatib, O. J. (2019). A Framework for Implementing Higher-Order Thinking Skills (Problem-Solving, Critical Thinking, Creative Thinking, and Decision-Making) in Engineering & Humanities. *2019 Advances in Science and Engineering Technology International Conferences (ASET)*, 1–8. <https://doi.org/10.1109/ICASET.2019.8714232>
- Almasi, M., & Zhu, C. (2020). Investigating Students' Perceptions of Cognitive Presence in Relation to Learner Performance in Blended Learning Courses: A Mixed-Methods Approach. *Electronic Journal of E-Learning*, 18(4). <https://doi.org/10.34190/EJEL.20.18.4.005>
- Biasi, M. R. D., Valencia, G. E., & Obregon, L. G. (2019). A New Educational Thermodynamic Software to Promote Critical Thinking in Youth Engineering Students. *Sustainability*, 12(1), 110. <https://doi.org/10.3390/su12010110>
- Boonprasom, C., & Sintanakul, K. (2020). The Development of Collaborative Learning Management System Using Problem-Based on Cloud Learning to Enhance Critical Thinking. *2020 7th International Conference on Technical Education (ICTechEd7)*, 13–18. <https://doi.org/10.1109/ICTechEd749582.2020.9101249>
- Bozhilov, D., Stefanov, K., & Stoyanov, S. (2009). Effect of adaptive learning style scenarios on learning achievements. *International Journal of Continuing Engineering Education and Life-Long Learning*, 19(4/5/6), 381. <https://doi.org/10.1504/IJCEELL.2009.028834>
- Chen, X., & Mitrovic, A. (2020). Learning From Worked Examples, Erroneous Examples, and Problem Solving: Toward Adaptive Selection of Learning Activities. *IEEE Transactions on Learning Technologies*, 13(1), 135–149. <https://doi.org/10.1109/TLT.2019.2896080>
- D'Aniello, G., De Falco, M., Gaeta, M., & Lepore, M. (2020). A Situation-aware Learning System based on Fuzzy Cognitive Maps to increase Learner Motivation and Engagement. *2020 IEEE International Conference on Fuzzy Systems (FUZZ-IEEE)*, 1–8. <https://doi.org/10.1109/FUZZ48607.2020.9177590>
- Giacumo, L. A., & Savenye, W. (2020). Asynchronous discussion forum design to support cognition: Effects of rubrics and instructor prompts on learner's critical thinking, achievement, and satisfaction. *Educational*

- Technology Research and Development*, 68(1), 37–66. <https://doi.org/10.1007/s11423-019-09664-5>
- Guggemos, J., Seufert, S., & Román-González, M. (2022). Computational Thinking Assessment – Towards More Vivid Interpretations. *Technology, Knowledge and Learning*. <https://doi.org/10.1007/s10758-021-09587-2>
- Halpern, D. F., & Dunn, D. S. (2021). Critical Thinking: A Model of Intelligence for Solving Real-World Problems. *Journal of Intelligence*, 9(2), 22. <https://doi.org/10.3390/jintelligence9020022>
- Hou, M., & Fidopiastis, C. (2017). A generic framework of intelligent adaptive learning systems: From learning effectiveness to training transfer. *Theoretical Issues in Ergonomics Science*, 18(2), 167–183. <https://doi.org/10.1080/1463922X.2016.1166405>
- Janková, Z., & Rakovská, E. (2022). Comparison Uncertainty of Different Types of Membership Functions in T2FLS: Case of International Financial Market. *Applied Sciences*, 12(2), 918. <https://doi.org/10.3390/app12020918>
- Junus, K., Suhartanto, H., R-Suradujono, B. S. H., Santoso, H. B., & Sadita, L. (2019). The Community of Inquiry Model Training Using the Cognitive Apprenticeship Approach to Improve Students' Learning Strategy in the Asynchronous Discussion Forum. *The Journal of Educators Online*, 16(1). <https://doi.org/10.9743/jeo.2019.16.1.7>
- Karthika, R., Jegatha Deborah, L., & Vijayakumar, P. (2020). Intelligent e-learning system based on fuzzy logic. *Neural Computing and Applications*, 32(12), 7661–7670. <https://doi.org/10.1007/s00521-019-04087-y>
- Khairuddin, S. H., Hasan, M. H., Hashmani, M. A., & Azam, M. H. (2021). Generating Clustering-Based Interval Fuzzy Type-2 Triangular and Trapezoidal Membership Functions: A Structured Literature Review. *Symmetry*, 13(2), 239. <https://doi.org/10.3390/sym13020239>
- Lim, J., & Richardson, J. C. (2021). Predictive effects of undergraduate students' perceptions of social, cognitive, and teaching presence on affective learning outcomes according to disciplines. *Computers & Education*, 161, 104063. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2020.104063>
- Maranna, S., Willison, J., Joksimovic, S., Parange, N., & Costabile, M. (2022). Factors that influence cognitive presence: A scoping review. *Australasian Journal of Educational Technology*, 38(4), 95–111. <https://doi.org/10.14742/ajet.7878>
- Melis, E., & Monthienvichienchai, R. (2004). They Call It Learning Style But It's So Much More. *Proceedings of E-Learn: World Conference on E-Learning in Corporate, Government, Healthcare, and Higher Education 2004*, 1383–1390.

- Miterianifa, M., Ashadi, A., Saputro, S., & Suciati, S. (2021). Higher Order Thinking Skills in the 21st Century: Critical Thinking. *Proceedings of the 1st International Conference on Social Science, Humanities, Education and Society Development, ICONS 2020, 30 November, Tegal, Indonesia*. Proceedings of the 1st International Conference on Social Science, Humanities, Education and Society Development, ICONS 2020, 30 November, Tegal, Indonesia, Tegal, Indonesia. <https://doi.org/10.4108/eai.30-11-2020.2303766>
- Mougenot, C. (2016). Japanese Higher Education in a Global Context: Making Students More Innovation-Minded. *Journal of JSEE*, *64*(5), 5_39-5_45. https://doi.org/10.4307/jsee.64.5_39
- Pressman, R. S. (2005). *Software Engineering: A Practitioner's Approach*. Boston. <https://books.google.co.id/books?id=bL7QZHtWvaUC>
- Purwandari, E. P., Junus, K., & Santoso, H. B. (2022). Exploring E-Learning Community of Inquiry Framework for Engineering Education. *International Journal of Instruction*, *15*(1), 619–632. <https://doi.org/10.29333/iji.2022.15135a>
- Saha, S., Bhattacharya, S., & Konar, A. (2016). Comparison between type-1 fuzzy membership functions for sign language applications. *2016 International Conference on Microelectronics, Computing and Communications (MicroCom)*, 1–6. <https://doi.org/10.1109/MicroCom.2016.7522584>
- Setiawan, A., Arumi, E. R., & Sukmasetya, P. (2020). *FUZZY MEMBERSHIP FUNCTIONS ANALYSIS FOR USABILITY EVALUATION OF ONLINE CREDIT HOUR FORM*. *15*.
- Shea, P., & Bidjerano, T. (2010). Learning presence: Towards a theory of self-efficacy, self-regulation, and the development of a communities of inquiry in online and blended learning environments. *Computers & Education*, *55*(4), 1721–1731. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2010.07.017>
- Shute, V., & Towle, B. (2003). Adaptive E-Learning. *Educational Psychologist*, *38*(2), 105–114. https://doi.org/10.1207/S15326985EP3802_5
- Sweta, S., & Lal, K. (2017). Personalized Adaptive Learner Model in E-Learning System Using FCM and Fuzzy Inference System. *International Journal of Fuzzy Systems*, *19*(4), 1249–1260. <https://doi.org/10.1007/s40815-017-0309-y>
- Troussas, C., Krouska, A., & Sgouropoulou, C. (2021). Improving Learner-Computer Interaction through Intelligent Learning Material Delivery Using Instructional Design Modeling. *Entropy*, *23*(6), 668. <https://doi.org/10.3390/e23060668>
- Troussas, C., Krouska, A., Sgouropoulou, C., & Voyiatzis, I. (2020). Ensemble Learning Using Fuzzy Weights to Improve Learning Style

- Identification for Adapted Instructional Routines. *Entropy*, 22(7), 735. <https://doi.org/10.3390/e22070735>
- Vagale, V., Niedrite, L., & Ignatjeva, S. (2018). The Architecture of the Personalized Adaptive E-Learning System. *Technical University of Aachen (RWTH)*, 2158(1), 10. <https://ceur-ws.org/Vol-2158/paper12.pdf>
- Wu, D. (2012). Twelve considerations in choosing between Gaussian and trapezoidal membership functions in interval type-2 fuzzy logic controllers. *2012 IEEE International Conference on Fuzzy Systems*, 1–8. <https://doi.org/10.1109/FUZZ-IEEE.2012.6251210>
- Yang, Y.-T. C., Gamble, J. H., Hung, Y.-W., & Lin, T.-Y. (2014). An online adaptive learning environment for critical-thinking-infused English literacy instruction: Online adaptive CT-infused English literacy. *British Journal of Educational Technology*, 45(4), 723–747. <https://doi.org/10.1111/bjet.12080>
- Zhao, Y., & Liu, G. (2019). How Do Teachers Face Educational Changes in Artificial Intelligence Era. *Proceedings of the 2018 International Workshop on Education Reform and Social Sciences (ERSS 2018)*. Proceedings of the 2018 International Workshop on Education Reform and Social Sciences (ERSS 2018), Qingdao, China. <https://doi.org/10.2991/erss-18.2019.9>

CURRICULUM VITAE

1. Data Pribadi

Nama Lengkap : Endina Putri Purwandari
Tempat/Tanggal Lahir : Bengkulu, 27 Januari 1987
NIP : 19870127 201212 2001
Pangkat/Jabatan/Gol. : Lektor Kepala/ Penata Tingkat I / IIId
E-mail : endina.putri91@ui.ac.id /
endinaputri@unib.ac.id
Asal Institusi : Program Studi Sistem Informasi,
Universitas Bengkulu
Kepakaran : E-learning, intelligent tutoring system

2. Riwayat Pendidikan Formal

| Jenjang | Tahun | Institusi | Pembimbing |
|---------|-------------|---|---|
| S-1 | 2004 – 2008 | Informatika, Universitas Bengkulu | Drs. Boko Susilo, M.Kom. Dr. Yulian Fauzi, M.Cs. |
| S-2 | 2009 – 2011 | Fasilkom UI | Prof. T. Bassaruddin, PhD. |
| S-3 | 2020 - 2023 | Fasilkom UI | Prof. Dr. Dra. Kasiyah, M.Sc. Prof. Harry Budi Santoso, S.Kom., M.Kom, Ph.D |

3. Publikasi Artikel Ilmiah

| No. | Tahun | Judul Artikel Ilmiah | Nama Jurnal | Volume/ Nomor/ Tahun |
|-----|-------|--|---|---|
| 1. | 2023 | <i>Factors influencing students continuance intention in learning through MOOC: A systematic literature review</i> | <i>Indonesian Journal of Computer Science</i> Sinta 3 (S3) | Vol. 12, No. 2, Ed. 2023 April 2023 |

| No. | Tahun | Judul Artikel Ilmiah | Nama Jurnal | Volume/ Nomor/ Tahun |
|-----|-------|--|--|--------------------------------------|
| 2. | 2022 | <i>Exploring e-learning community of inquiry framework for engineering education.</i> Purwandari, E. P., Junus, K., & Santoso, H. B. https://doi.org/10.29333/iji.2022.15135a | <i>International Journal of Instruction (IJI)</i> Scopus Q1 | <i>Volume 15 Issue (1), 619-632.</i> |

4. Perolehan HKI

| No | Judul/Tema HKI | Tahun | Jenis Hak Cipta | Nomor P/ID |
|----|---|-------|------------------------------|---------------------------------------|
| 1. | Berpikir Kritis: Cerdas Bermedia Sosial Universitas Indonesia | 2022 | Karya Rekaman Video | EC00202292661, 22 November 2022 |
| 2 | Pembelajaran Daring Adaptif untuk meningkatkan Berpikir Kritis Fasilkom Unversitas Indonesia | 2023 | Karya Program Komputer | Sedang Proses Pengajuan |