SISTEM ANALISIS BUTIR SOAL FUZZY MAMDANI BERBASIS DATA MOODLE

Eka Christianto[1], Darmin[2], Purwanto[3]
Program Studi Teknik Informatika, Institut Sains dan Teknologi Al-Kamal, Jakarta
1ekache99@gmail.com, 2darmin1112@gmail.com, 3purwanto@ista.ac.id

ABSTRACT

Item analysis is an important stage in learning evaluation to determine the quality of a test instrument based on students' responses. At SMA Labschool Jakarta, the analysis process is still performed by exporting quiz data from the Moodle Learning Management System (LMS) to a spreadsheet, requiring manual data transformation and interpretation. This study aims to develop a web-based item analysis system that retrieves data directly through a read-only connection to the Moodle database and applies the Mamdani Fuzzy method to generate item-status recommendations. The study uses a Research and Development (R&D) approach with the Waterfall software development model. The system was developed using PHP, the Yii2 framework, and MariaDB/MySQL. The analysis uses three Classical Test Theory (CTT) parameters: Point-Biserial validity, discrimination index, and difficulty index. Response data are transformed into a binary matrix before the three parameters are calculated. The parameter values are then processed through fuzzification, IF–THEN rule evaluation, implication using the MIN operator, aggregation using the MAX operator, and Centroid defuzzification. Application to 21 quizzes containing 770 items resulted in 126 items (16.36%) categorized as Accepted, 250 (32.47%) as Revised, and 394 (51.17%) as Replaced. Black Box Testing of 15 scenarios achieved 100% success. MATLAB verification produced a crisp value of 0.868 compared with 0.8684 from the application, with the same decision category. These results indicate that the system can automate the item-analysis process and produce item-status recommendations by combining CTT parameters through Mamdani Fuzzy inference.

Keywords: *item analysis; classical test theory; Mamdani fuzzy; Moodle; web-based system*

ABSTRAK

Analisis butir soal merupakan tahap penting dalam evaluasi pembelajaran untuk mengetahui kualitas instrumen tes berdasarkan respons peserta didik. Di SMA Labschool Jakarta, proses analisis masih dilakukan melalui ekspor data hasil kuis dari *Learning Management System* (LMS) Moodle ke *spreadsheet* sehingga memerlukan transformasi data dan interpretasi manual. Penelitian ini bertujuan mengembangkan sistem analisis butir soal berbasis web yang memperoleh data secara langsung melalui koneksi *read-only* ke basis data Moodle dan menggunakan Fuzzy Mamdani untuk menghasilkan rekomendasi status butir soal. Penelitian menggunakan pendekatan Research and Development (R&D) dengan model pengembangan perangkat lunak Waterfall. Sistem dikembangkan menggunakan PHP, Framework Yii2, dan MariaDB/MySQL. Analisis menggunakan tiga parameter *Classical Test Theory* (CTT), yaitu validitas *Point-Biserial*, daya pembeda, dan indeks kesukaran. Data respons ditransformasikan menjadi matriks biner sebelum ketiga parameter dihitung. Nilai parameter kemudian diproses melalui fuzzifikasi, evaluasi aturan *IF–THEN*, implikasi menggunakan operator *MIN*, agregasi menggunakan operator *MAX*, dan defuzzifikasi Centroid. Penerapan pada 21 Quiz dengan 770 butir soal menghasilkan 126 butir (16,36%) berstatus Diterima, 250 (32,47%) Diperbaiki, dan 394 (51,17%) Diganti. Pengujian Black Box terhadap 15 skenario menghasilkan keberhasilan 100%. Verifikasi menggunakan MATLAB menghasilkan nilai *crisp* 0,868, sedangkan aplikasi menghasilkan 0,8684, dengan kategori keputusan yang sama. Hasil tersebut menunjukkan bahwa sistem dapat mengotomatisasi tahapan analisis dan menghasilkan rekomendasi status butir berdasarkan kombinasi parameter CTT melalui inferensi Fuzzy Mamdani.

Kata kunci: analisis butir soal; *classical test theory*; fuzzy mamdani; Moodle; sistem berbasis *web*

1. PENDAHULUAN

Pemanfaatan *Learning Management System* (LMS) dalam evaluasi pembelajaran menghasilkan data empiris yang dapat digunakan untuk menilai kualitas instrumen tes. Moodle dapat digunakan untuk mengelola pelaksanaan kuis sekaligus menyimpan data hasil pengerjaan peserta didik. Data tersebut dapat dimanfaatkan sebagai sumber analisis butir soal untuk memperoleh informasi mengenai karakteristik setiap butir berdasarkan respons peserta didik [1], [2].

Analisis butir soal merupakan bagian penting dalam evaluasi instrumen karena hasilnya dapat digunakan untuk menentukan butir yang layak dipertahankan, diperbaiki, atau diganti. Pendekatan *Classical Test Theory* (CTT) menyediakan sejumlah parameter statistik untuk menggambarkan karakteristik butir, termasuk validitas, daya pembeda, dan indeks kesukaran [3], [4], [5].

Di SMA Labschool Jakarta, proses analisis butir soal masih dilakukan melalui ekspor data hasil kuis dari Moodle kemudian dilanjutkan dengan pengolahan menggunakan Microsoft Excel. Data harus dipersiapkan dan ditransformasikan menjadi matriks respons biner sebelum perhitungan dilakukan. Proses tersebut menyebabkan analisis bergantung pada tahapan manual, penggunaan formula *spreadsheet*, dan interpretasi pengguna. Kondisi tersebut berpotensi menambah waktu pengolahan serta risiko kesalahan pada transformasi dan interpretasi data.

Beberapa penelitian telah mengembangkan sistem analisis butir soal berbasis web. Penelitian Febri dkk. mengembangkan sistem analisis butir soal ujian berbasis web menggunakan PHP, MySQL, dan Waterfall [6]. Penelitian lain memanfaatkan data Learning Management System untuk analisis butir menggunakan Fuzzy [7], sedangkan Zaini dkk. menerapkan Fuzzy Mamdani untuk menghasilkan rekomendasi kualitas soal [8]. Pada sisi aplikasi pembelajaran, Ari dan Zakariyah mengembangkan aplikasi pembelajaran berbasis Android yang menyediakan fitur kuis untuk evaluasi pemahaman [9]. Penelitian terkait Moodle juga menunjukkan bahwa data dan statistik kuis dapat dimanfaatkan sebagai sumber informasi untuk analisis butir soal [2].

Berdasarkan penelitian tersebut, masih terdapat peluang untuk menggabungkan akuisisi data Moodle, transformasi respons, perhitungan CTT, dan inferensi Fuzzy Mamdani dalam satu aplikasi. Pada penelitian ini, Moodle diposisikan sebagai sumber data, sedangkan hasil analisis disimpan pada basis data aplikasi. Koneksi ke basis data Moodle menggunakan hak akses *read-only* sehingga sistem hanya melakukan operasi pembacaan terhadap data.

Fuzzy Mamdani dipilih karena dapat mengolah beberapa parameter masukan melalui aturan *IF–THEN* dan menghasilkan keputusan berdasarkan derajat keanggotaan. Konsep logika fuzzy memungkinkan batas antar kondisi direpresentasikan secara lebih fleksibel dibandingkan keputusan yang hanya menggunakan batas *crisp* [10], [11].

Kebaruan penelitian terletak pada penggunaan arsitektur multi-database yang menghubungkan sumber data Moodle melalui koneksi langsung *read-only* dengan transformasi otomatis respons menjadi matriks biner, perhitungan parameter CTT, dan inferensi Fuzzy Mamdani dalam satu aplikasi berbasis framework Yii2. Sistem juga menyediakan penelusuran proses inferensi sehingga pengguna dapat mengetahui dasar terbentuknya rekomendasi.

Berdasarkan permasalahan tersebut, penelitian ini bertujuan mengembangkan sistem analisis butir soal berbasis *web* yang mampu mengambil data dari Moodle secara langsung, menghitung parameter CTT, dan menghasilkan rekomendasi status butir soal menggunakan Fuzzy Mamdani.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 *Classical Test Theory*

Classical Test Theory (CTT) digunakan untuk mengevaluasi karakteristik butir berdasarkan respons empiris peserta didik. Dalam penelitian ini digunakan tiga parameter, yaitu validitas butir, daya pembeda, dan indeks kesukaran. Penggunaan parameter tersebut sejalan dengan analisis butir pada data kuis Moodle dan penelitian psikometrik yang menggunakan indeks kesukaran, daya pembeda, serta koefisien point-biserial untuk mengevaluasi kualitas butir [2], [12], [13], [14].

Validitas butir pada sistem dihitung menggunakan koefisien korelasi Point-Biserial (rPBIS). Parameter ini digunakan untuk melihat hubungan antara skor suatu butir dengan skor total peserta didik. Daya pembeda digunakan untuk melihat kemampuan butir dalam membedakan peserta didik berdasarkan tingkat kemampuan, sedangkan indeks kesukaran menunjukkan proporsi peserta didik yang memberikan jawaban benar. Ketiga ukuran tersebut juga digunakan dalam penelitian analisis

butir pilihan ganda untuk menilai karakteristik dan kualitas soal [13], [14].

Ketiga parameter tersebut digunakan sebagai variabel masukan pada proses inferensi Fuzzy Mamdani. Pada perhitungan daya pembeda, penelitian ini menggunakan kelompok atas dan bawah sebesar 27% dari jumlah peserta didik. Pendekatan kelompok 27% juga digunakan dalam penelitian analisis butir untuk memperoleh daya pembeda yang lebih representatif [12], [13]. Dengan demikian, keputusan akhir tidak hanya didasarkan pada satu parameter secara terpisah, tetapi mempertimbangkan kombinasi karakteristik butir.

2.2 Fuzzy Mamdani

Logika fuzzy digunakan untuk merepresentasikan kondisi yang tidak selalu memiliki batas tegas (*crisp*). Teori Fuzzy Sets diperkenalkan oleh Zadeh dan menjadi dasar pengembangan berbagai metode inferensi fuzzy [10]. Salah satu metode inferensi tersebut adalah Fuzzy Mamdani yang menggunakan aturan linguistik berbentuk *IF–THEN* untuk menghubungkan variabel masukan dan keluaran [11]. Penerapan Fuzzy Mamdani juga digunakan pada sistem pendukung keputusan di bidang pendidikan untuk mengolah beberapa kriteria menjadi rekomendasi [15], [16].

Dalam penelitian ini, Fuzzy Mamdani digunakan untuk mengolah tiga parameter CTT menjadi rekomendasi status butir soal. Tahapan proses terdiri atas:

1. fuzzifikasi;
2. evaluasi aturan;
3. implikasi;
4. agregasi; dan
5. defuzzifikasi.

Pada tahap fuzzifikasi, nilai validitas, daya pembeda, dan indeks kesukaran dipetakan ke dalam himpunan fuzzy berdasarkan fungsi keanggotaan yang telah dirancang. Selanjutnya, aturan *IF–THEN* dievaluasi untuk menentukan *fired rule*.

Proses implikasi menggunakan operator **MIN**, sedangkan agregasi menggunakan operator **MAX**. Defuzzifikasi dilakukan menggunakan metode **Centroid** untuk memperoleh nilai *crisp*. Implementasi kelima tahap tersebut digunakan dalam proses inferensi Fuzzy Mamdani pada sistem.

Nilai *crisp* kemudian dipetakan ke dalam tiga status rekomendasi sebagai berikut.

TABEL I. KRITERIA STATUS BUTIR

Interval *Crisp*	Status
0,00–<0,20	Diganti
0,20–<0,50	Diperbaiki
0,50–1,00	Diterima

Kriteria tersebut merupakan batas keputusan yang digunakan pada implementasi sistem.

2.2.1 Fungsi Keanggotaan dan Basis Aturan

Untuk menjaga keterulangan (*reproducibility*) proses inferensi, penelitian ini menggunakan fungsi keanggotaan berbentuk segitiga (*triangular*) dan trapesium (*trapezoidal*). Parameter setiap himpunan ditetapkan pada domain nilai 0–1 untuk tiga variabel masukan. Variabel validitas memiliki enam himpunan, variabel daya pembeda memiliki empat himpunan, dan indeks kesukaran memiliki tiga himpunan. Pada *rule base*, himpunan kedua daya pembeda disebut Cukup dan menggunakan parameter tri(0,10; 0,30; 0,50). Parameter fungsi keanggotaan yang digunakan pada implementasi sistem disajikan pada Tabel 2.

TABEL II. PARAMETER FUNGSI KEANGGOTAAN FUZZY

Himpunan Fuzzy	Fungsi Keanggotaan
Validitas – Tidak Valid	trap(-1,00; -1,00; -0,20; 0,10)
Validitas – Sangat Rendah	tri(0,00; 0,125; 0,25)
Validitas – Rendah	tri(0,15; 0,30; 0,45)
Validitas – Sedang	tri(0,35; 0,50; 0,65)
Validitas – Tinggi	tri(0,55; 0,70; 0,85)
Validitas – Sangat Tinggi	trap(0,75; 1,00; 1,00; 1,00)
Daya Pembeda – Kurang	trap(-1,00; -1,00; 0,00; 0,30)
Daya Pembeda – Cukup	tri(0,10; 0,30; 0,50)
Daya Pembeda – Baik	tri(0,30; 0,55; 0,80)
Daya Pembeda – Sangat Baik	tri(0,60; 1,00; 1,00)
Indeks Kesukaran – Sukar	trap(0,00; 0,00; 0,20; 0,30)
Indeks Kesukaran – Sedang	tri(0,30; 0,50; 0,70)
Indeks Kesukaran – Mudah	trap(0,70; 0,80; 1,00; 1,00)

Catatan: tri(a,b,c) menunjukkan fungsi keanggotaan segitiga dengan titik kaki a dan c serta titik puncak b, sedangkan trap(a,b,c,d) menunjukkan fungsi keanggotaan trapesium dengan batas a–d dan bagian bernilai satu pada interval b–c. Pada *rule base*, himpunan Cukup pada Daya Pembeda menggunakan parameter tri(0,10; 0,30; 0,50).

TABEL III. PARAMETER FUNGSI KEANGGOTAAN KELUARAN

Himpunan keluaran	Fungsi Keanggotaan
Diganti	trap(0.00, 0.00, 0.10, 0.40)

Diperbaiki	tri(0.35, 0.55, 0.75)
Diterima	trap(0.70, 0.85, 1.00, 1.00)

Selain fungsi keanggotaan pada tiga variabel masukan, keluaran Fuzzy Mamdani direpresentasikan oleh tiga himpunan, yaitu Diganti, Diperbaiki, dan Diterima. Fungsi keanggotaan keluaran yang digunakan pada implementasi sistem adalah sebagai berikut.

Basis aturan dibentuk dari seluruh kombinasi himpunan fuzzy ketiga variabel masukan. Karena terdapat enam himpunan validitas, empat himpunan daya pembeda, dan tiga himpunan indeks kesukaran, jumlah aturan adalah 6 × 4 × 3 = 72. Operator *AND* pada antecedent menggunakan fungsi minimum. Dengan demikian, untuk suatu aturan r, kekuatan aturan dihitung sebagai αr = min(μvaliditas, μdaya pembeda, μkesukaran). aturan dengan αr > 0 diperlakukan sebagai aturan aktif, kemudian digunakan pada tahap implikasi, agregasi, dan defuzzifikasi. Seluruh 72 kombinasi konsekuen yang digunakan sistem diringkas pada Tabel 4.

TABEL IV. BASIS ATURAN FUZZY MAMDANI

Kesukaran	Validitas	Kurang	Cukup	Baik	Sangat Baik
Sukar	Tidak Valid	DIGANTI	DIGANTI	DIGANTI	DIGANTI
Sukar	Sangat Rendah	DIGANTI	DIGANTI	DIGANTI	DIPERBAIKI
Sukar	Rendah	DIGANTI	DIGANTI	DIPERBAIKI	DIPERBAIKI
Sukar	Cukup	DIPERBAIKI	DIPERBAIKI	DITERIMA	DITERIMA
Sukar	Tinggi	DIPERBAIKI	DITERIMA	DITERIMA	DITERIMA
Sukar	Sangat Tinggi	DIPERBAIKI	DITERIMA	DITERIMA	DITERIMA
Sedang	Tidak Valid	DIGANTI	DIGANTI	DIGANTI	DIGANTI
Sedang	Sangat Rendah	DIPERBAIKI	DIPERBAIKI	DIPERBAIKI	DIPERBAIKI
Sedang	Rendah	DIPERBAIKI	DIPERBAIKI	DIPERBAIKI	DIPERBAIKI
Sedang	Cukup	DIPERBAIKI	DIPERBAIKI	DITERIMA	DITERIMA
Sedang	Tinggi	DITERIMA	DITERIMA	DITERIMA	DITERIMA
Sedang	Sangat Tinggi	DITERIMA	DITERIMA	DITERIMA	DITERIMA
Mudah	Tidak Valid	DIGANTI	DIGANTI	DIGANTI	DIGANTI
Mudah	Sangat Rendah	DIGANTI	DIGANTI	DIGANTI	DIGANTI
Mudah	Rendah	DIGANTI	DIPERBAIKI	DIPERBAIKI	DIPERBAIKI
Mudah	Cukup	DIPERBAIKI	DIPERBAIKI	DITERIMA	DITERIMA
Mudah	Tinggi	DIPERBAIKI	DITERIMA	DITERIMA	DITERIMA
Mudah	Sangat Tinggi	DITERIMA	DITERIMA	DITERIMA	DITERIMA

Pada tahap implikasi, fungsi keluaran dari setiap *fired rule* dipotong berdasarkan nilai *α-predicate* menggunakan operator *MIN*. Seluruh keluaran *rule* kemudian digabungkan dengan operator *MAX* pada tahap agregasi. Nilai *crisp* diperoleh melalui defuzzifikasi Centroid, lalu dipetakan ke status DIGANTI, DIPERBAIKI, atau DITERIMA sesuai interval keputusan pada Tabel 1. Penyajian parameter fungsi keanggotaan, fungsi keanggotaan keluaran, dan seluruh kombinasi *rule* tersebut membuat konfigurasi inferensi dapat direplikasi tanpa bergantung pada interpretasi kode program.

2.3 Koneksi LMS Moodle

Moodle digunakan sebagai sumber data hasil pelaksanaan kuis. Sistem tidak menggantikan fungsi Moodle sebagai LMS, tetapi memanfaatkan data yang tersimpan di dalamnya sebagai sumber analisis [1], [2]. Penelitian mengenai analisis tes pada Moodle juga menunjukkan bahwa data kuis dapat dimanfaatkan untuk memperoleh informasi karakteristik butir menggunakan parameter analisis butir [2].

Koneksi dilakukan secara *read-only* sehingga sistem hanya menjalankan operasi pembacaan terhadap data yang diperlukan. Hasil analisis tidak ditulis kembali ke basis data operasional Moodle, tetapi disimpan pada basis data aplikasi. Pendekatan ini membentuk pemisahan antara sumber data operasional dan hasil pengolahan.

3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Tahapan Penelitian

Penelitian menggunakan pendekatan Research and Development (R&D) dengan model pengembangan perangkat lunak Waterfall. Pendekatan R&D digunakan untuk menghasilkan dan mengevaluasi produk perangkat lunak, sebagaimana diterapkan pada penelitian pengembangan aplikasi pendidikan [17]. Dalam penelitian ini, model Waterfall digunakan sebagai model pengembangan perangkat lunak. Tahapan penelitian meliputi studi literatur, observasi, wawancara, analisis kebutuhan, perancangan, implementasi, pengujian, dan evaluasi.

Model Waterfall digunakan karena kebutuhan sistem telah dirumuskan melalui observasi, wawancara, dan studi pustaka sehingga pengembangan dapat dilakukan secara berurutan. Pendekatan pengembangan perangkat lunak secara berurutan digunakan untuk menerjemahkan kebutuhan menjadi

tahapan perancangan, implementasi, dan pengujian [18], [19]. Dengan demikian, R&D pada penelitian ini berfungsi sebagai pendekatan penelitian dan Waterfall digunakan sebagai model pengembangan perangkat lunak.

3.2 Data dan Sumber Data

Data penelitian berupa hasil pengerjaan kuis pilihan ganda yang tersimpan pada LMS Moodle SMA Labschool Jakarta. Dataset penerapan berasal dari 21 *Quiz* dalam *Course* Asesmen Akhir Semester-Kelas X-XI-XII pada periode November–Desember 2025, dengan total 770 butir soal.

Ruang lingkup penelitian dibatasi pada soal pilihan ganda dengan bobot nilai setiap butir yang sama. Data yang digunakan meliputi informasi *course*, *quiz*, peserta didik, respons jawaban, dan skor butir.

3.3 Pengolahan Data

Tahap pertama adalah akuisisi data. Sistem melakukan koneksi langsung ke basis data Moodle menggunakan hak akses *read-only*. Pengguna terlebih dahulu memilih course dan quiz. Sistem kemudian mengambil data peserta didik, jawaban, dan skor setiap butir sebagai masukan proses analisis. Pendekatan ini mempertahankan Moodle sebagai sumber data, sedangkan proses pengolahan dilakukan pada aplikasi penelitian.

Tahap berikutnya adalah ekstraksi data. Sistem menyeleksi data yang relevan berdasarkan *course* dan *quiz* yang dipilih. Data hasil pengerjaan selanjutnya ditransformasikan menjadi matriks respons biner dengan nilai 1 untuk jawaban benar dan 0 untuk jawaban salah. Matriks tersebut digunakan sebagai dasar perhitungan parameter CTT.

3.4 Perhitungan Parameter CTT

Matriks respons biner digunakan untuk menghitung tiga parameter, yaitu validitas Point-Biserial, daya pembeda, dan indeks kesukaran. Parameter tersebut merupakan ukuran yang umum digunakan dalam analisis butir pilihan ganda [12], [13], [14]. Seluruh perhitungan dilakukan secara otomatis pada sistem sehingga pengguna tidak perlu melakukan transformasi data dan perhitungan statistik melalui spreadsheet.

Selain hasil akhir, sistem menyediakan fasilitas penelusuran perhitungan sehingga proses pembentukan matriks, perhitungan skor, dan hasil parameter dapat diperiksa kembali. Fasilitas ini digunakan untuk meningkatkan transparansi proses analisis.

3.5 Proses Inferensi Fuzzy

Nilai validitas, daya pembeda, dan indeks kesukaran digunakan sebagai variabel masukan pada Fuzzy Mamdani. Masing-masing nilai dipetakan ke dalam himpunan fuzzy menggunakan fungsi keanggotaan segitiga (*triangular*) dan trapesium (*trapezoidal*) yang parameternya telah ditetapkan pada Tabel 2. Variabel validitas memiliki enam himpunan, daya pembeda empat himpunan, dan indeks kesukaran tiga himpunan. Keluaran Fuzzy terdiri atas tiga himpunan, yaitu Diganti, Diperbaiki, dan Diterima, dengan parameter pada Tabel 3.

Basis aturan dibentuk dari seluruh kombinasi himpunan masukan sehingga menghasilkan $6 \times 4 \times 3 = 72$ aturan *IF–THEN*. Ringkasan seluruh konsekuen ditampilkan pada Tabel 4. Nilai *α-predicate* setiap aturan dihitung menggunakan operator MIN terhadap derajat keanggotaan ketiga *antecedent*. Aturan dengan *α-predicate* > 0 dinyatakan aktif (*fired rule*). Pada tahap implikasi, keluaran setiap aturan aktif dipotong menggunakan operator *MIN* sesuai nilai *α-predicate*, kemudian seluruh keluaran digabungkan menggunakan operator *MAX* pada tahap agregasi.

Tahap akhir menggunakan defuzzifikasi Centroid untuk memperoleh nilai *crisp* pada domain keluaran 0–1. Nilai *crisp* dipetakan menjadi Diganti pada interval 0,00–<0,20, Diperbaiki pada interval 0,20–<0,50, dan Diterima pada interval 0,50–1,00. Konfigurasi fungsi keanggotaan, keluaran, dan 72 aturan tersebut ditampilkan secara eksplisit agar proses inferensi dapat direplikasi tanpa bergantung pada interpretasi kode program.

3.6 Implementasi dan Pengujian

Sistem dikembangkan menggunakan framework Yii2, bahasa pemrograman PHP, dan MariaDB/MySQL. Sistem menerapkan arsitektur *multi-database* yang memisahkan koneksi sumber data Moodle dari penyimpanan hasil analisis. Framework Yii2 digunakan sebagai kerangka pengembangan aplikasi berbasis PHP.

Pengujian fungsional menggunakan metode Black Box Testing terhadap 15 skenario. Pengujian mencakup autentikasi, pemilihan data, akuisisi data, analisis butir, proses inferensi Fuzzy Mamdani, serta ekspor laporan. Pengujian fungsional juga digunakan pada penelitian sistem pendukung keputusan berbasis Fuzzy Mamdani untuk memastikan fungsi sistem berjalan sesuai kebutuhan [16].

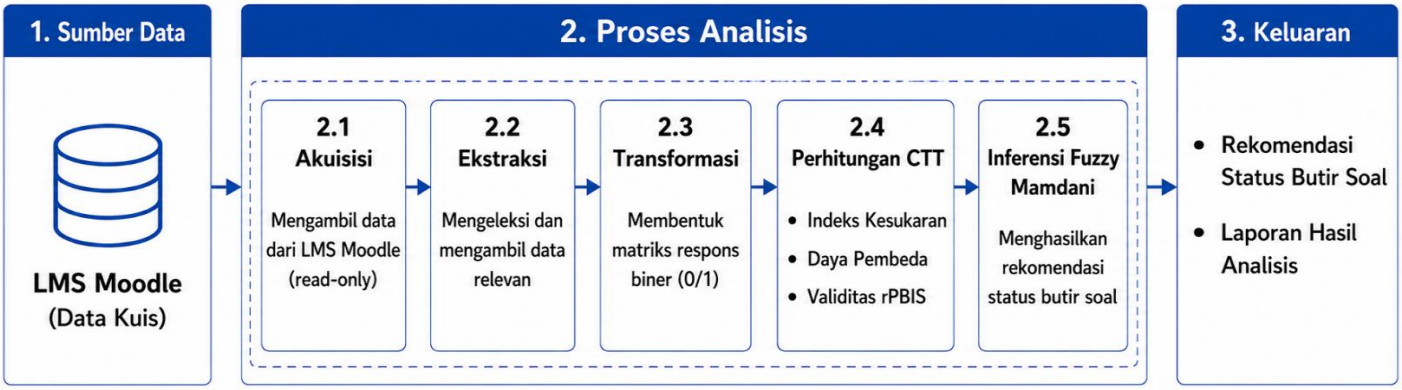
Verifikasi algoritma dilakukan dengan membandingkan hasil sistem terhadap

perhitungan manual dan MATLAB Fuzzy Logic Designer.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Arsitektur Sistem

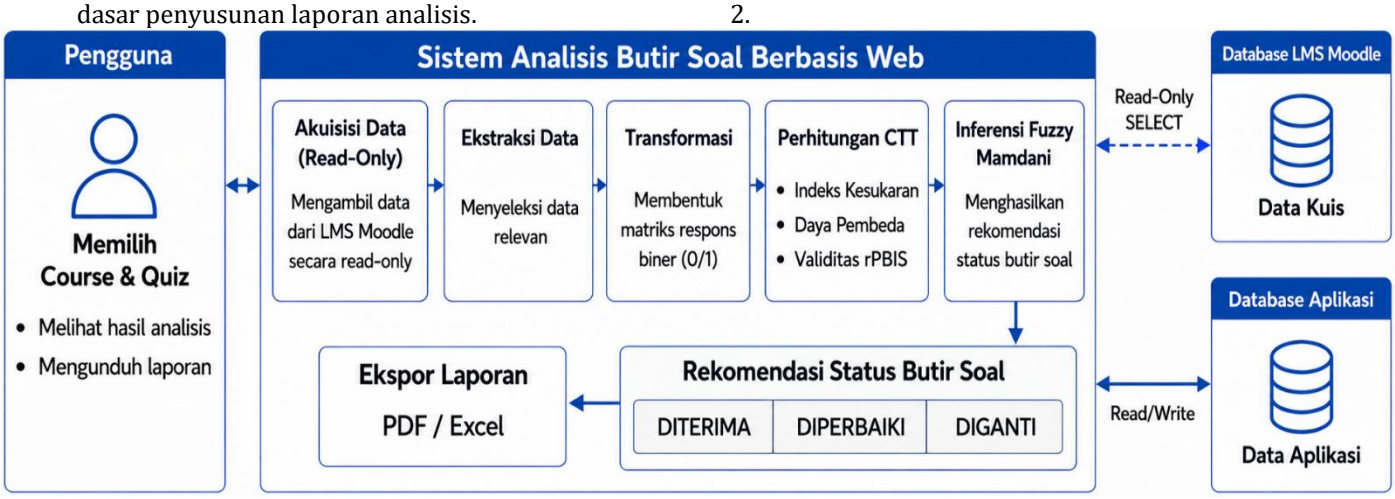
Arsitektur sistem dirancang untuk menghubungkan sumber data LMS Moodle dengan proses analisis butir soal dan penyajian hasil rekomendasi. Secara konseptual, sistem terdiri atas tiga bagian utama, yaitu sumber data, proses analisis, dan keluaran. Sumber data berasal dari LMS Moodle, sedangkan proses analisis meliputi akuisisi data, ekstraksi, transformasi respons menjadi matriks biner, perhitungan parameter *Classical Test Theory* (CTT), dan inferensi Fuzzy Mamdani. Hasil akhir proses berupa rekomendasi status butir soal dan laporan hasil analisis. Arsitektur konseptual penelitian ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Arsitektur Konseptual Penelitian
Sumber: Hasil perancangan penulis (2026)

Gambar 1 menunjukkan alur pengolahan data mulai dari LMS Moodle sebagai sumber data, kemudian data diakuisisi dan diekstraksi untuk ditransformasikan menjadi matriks respons biner. Matriks tersebut digunakan untuk menghitung parameter CTT yang selanjutnya menjadi masukan pada proses inferensi Fuzzy Mamdani. Hasil inferensi berupa rekomendasi status butir soal yang dapat digunakan sebagai dasar penyusunan laporan analisis.

Arsitektur konseptual tersebut selanjutnya direalisasikan dalam aplikasi berbasis *web*. Pada tingkat implementasi, sistem memisahkan sumber data Moodle dari basis data aplikasi. Moodle diakses menggunakan hak akses *read-only*, sedangkan basis data aplikasi digunakan untuk menyimpan hasil pengolahan dan menyediakan kebutuhan pelaporan. Arsitektur implementasi aplikasi ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Arsitektur Implementasi Aplikasi Analisis Butir Soal
Sumber: Hasil perancangan penulis (2026)

Gambar 2 menunjukkan alur implementasi mulai dari pengguna memilih course dan quiz, kemudian sistem melakukan akuisisi dan ekstraksi data dari Moodle. Data ditransformasikan menjadi matriks respons biner untuk perhitungan CTT, kemudian diproses menggunakan Fuzzy Mamdani. Hasil inferensi menghasilkan rekomendasi status butir berupa Diterima, Diperbaiki, atau Diganti. Hasil analisis

selanjutnya disimpan pada basis data aplikasi dan dapat diekspor dalam format laporan.

4.2 Implementasi Sistem Analisis

Sistem memungkinkan pengguna memilih course dan quiz yang akan dianalisis. Setelah pilihan ditentukan, data diambil secara langsung dari Moodle sehingga pengguna tidak perlu melakukan ekspor dan pemindahan data ke spreadsheet.

Data kemudian diproses menjadi matriks respons biner. Parameter CTT dihitung secara otomatis dan digunakan sebagai masukan Fuzzy Mamdani. Hasil analisis menampilkan nilai parameter, nilai *crisp*, serta rekomendasi status setiap butir.

Sistem juga menyediakan penelusuran proses inferensi sehingga pengguna dapat melihat hubungan antara nilai masukn, rule yang aktif, dan hasil akhir keputusan. Fasilitas tersebut memberikan transparansi terhadap proses pembentukan rekomendasi.

4.3 Hasil Perhitungan CTT

Setelah matriks respons biner terbentuk, sistem menghitung tiga parameter *Classical Test Theory* (CTT), yaitu validitas *Point-Biserial*, daya pembeda, dan indeks kesukaran. Ketiga parameter tersebut digunakan untuk menggambarkan karakteristik butir soal berdasarkan respons peserta didik. Sebagai contoh penerapan, dilakukan perhitungan terhadap Butir Soal Nomor 1 pada Quiz [AAS-1] Matematika Kelas X yang terdiri atas 280 peserta didik. Nilai parameter CTT yang diperoleh dari proses tersebut disajikan pada Tabel 5.

TABEL V. PARAMETER CTT BUTIR SOAL NOMOR 1

Parameter	Nilai
Validitas (rPBIS)	0,5625
Daya Pembeda	0,7763
Indeks Kesukaran	0,5679

Berdasarkan Tabel 5, Butir Soal Nomor 1 memiliki nilai validitas sebesar 0,5625, daya pembeda sebesar 0,7763, dan indeks kesukaran sebesar 0,5679. Ketiga nilai tersebut selanjutnya digunakan sebagai masukan pada proses inferensi Fuzzy Mamdani untuk menentukan rekomendasi status butir soal.

4.4 Implementasi Inferensi Fuzzy Mamdani

Nilai validitas 0,5625, daya pembeda 0,7763, dan indeks kesukaran 0,5679 digunakan sebagai masukan Fuzzy Mamdani. Sistem melakukan fuzzifikasi berdasarkan parameter fungsi keanggotaan pada Tabel 2, mengevaluasi 72 aturan pada Tabel 4, menggunakan operator *MIN* pada implikasi dan operator *MAX* pada agregasi, kemudian melakukan defuzzifikasi Centroid untuk memperoleh nilai *crisp*.

Untuk menunjukkan proses inferensi secara terukur, digunakan Butir Soal Nomor 1 sebagai contoh. Berdasarkan fungsi keanggotaan pada Tabel 2, nilai validitas 0,5625 memiliki derajat keanggotaan Sedang sebesar 0,5833 dan Tinggi sebesar 0,0833. Nilai daya pembeda 0,7763 memiliki derajat keanggotaan Baik sebesar 0,0948 dan Sangat Baik sebesar 0,4408. Nilai indeks kesukaran 0,5679 memiliki derajat keanggotaan Sedang sebesar 0,6605.

Dengan operator *AND* berupa *MIN*, aturan aktif yang menghasilkan keluaran DITERIMA antara lain kombinasi Validitas Sedang–Daya Pembeda Baik–Indeks Kesukaran Sedang dengan *α-predicate* 0,0948; Validitas Sedang–Daya Pembeda Sangat Baik–Indeks Kesukaran Sedang dengan *α-predicate* 0,4408; serta kombinasi Validitas Tinggi dengan Daya Pembeda Baik atau Sangat Baik dan Indeks Kesukaran Sedang dengan *α-predicate* 0,0833. Nilai maksimum *α-predicate* yang digunakan pada agregasi adalah 0,4408.

Pada tahap implikasi, keluaran himpunan Diterima dipotong berdasarkan nilai *α-predicate* masing-masing aturan. Seluruh keluaran aturan kemudian digabungkan menggunakan operator MAX. Defuzzifikasi Centroid pada domain keluaran 0–1 menghasilkan nilai *crisp* 0,8684. Berdasarkan kriteria pada Tabel 1, nilai tersebut berada pada interval 0,50–1,00 sehingga Butir Soal Nomor 1 memperoleh rekomendasi DITERIMA.

4.5 Pengujian Fungsional

Pengujian fungsional dilakukan untuk memastikan setiap fungsi utama sistem dapat berjalan sesuai dengan kebutuhan yang telah ditetapkan. Pengujian menggunakan metode Black Box Testing dengan menguji masukan dan keluaran sistem tanpa melihat struktur kode program. Pengujian mencakup proses autentikasi, pemilihan *course* dan *quiz*, akuisisi data, analisis butir, proses inferensi Fuzzy Mamdani, serta ekspor laporan. Hasil pengujian terhadap 15 skenario disajikan pada Tabel 6.

TABEL VI. HASIL PENGUJIAN BLACK BOX

Parameter	Hasil
Jumlah skenario	15
Berhasil	15
Gagal	0
Keberhasilan	100%

Hasil pengujian menunjukkan bahwa seluruh 15 skenario menghasilkan keluaran sesuai dengan yang diharapkan, sehingga fungsi utama sistem dapat berjalan sesuai kebutuhan fungsional yang telah ditentukan.

4.6 Verifikasi Hasil Inferensi

Verifikasi dilakukan dengan membandingkan hasil sistem dengan MATLAB Fuzzy Logic Designer.

TABEL VII. VERIFIKASI HASIL INFERENSI

Parameter	Aplikasi	MATLAB
Validitas	0,5625	0,5625
Daya pembeda	0,7763	0,7763
Indeks kesukaran	0,5679	0,5679
Crisp	0,8684	0,868
Status	Diterima	Diterima

Nilai masukan pada kedua implementasi sama. Perbedaan keluaran *crisp* sebesar 0,0004 tidak mengubah kategori keputusan karena kedua nilai berada pada interval Diterima. Hasil tersebut memberikan verifikasi bahwa implementasi Fuzzy Mamdani pada aplikasi menghasilkan keputusan yang konsisten dengan model pembanding.

4.7 Hasil Analisis 770 Butir

Penerapan sistem dilakukan terhadap 21 *Quiz* dengan total 770 butir soal. Distribusi rekomendasi yang dihasilkan ditunjukkan pada Tabel 8.

TABEL VIII. DISTRIBUSI STATUS BUTIR SOAL

Status	Jumlah	Persentase
Diterima	126	16,36%
Diperbaiki	250	32,47%
Diganti	394	51,17%
Total	770	100%

Kategori Diganti merupakan kelompok terbesar dengan 394 butir atau 51,17%. Sebanyak 250 butir atau 32,47% memperoleh rekomendasi Diperbaiki, sedangkan 126 butir atau 16,36% memperoleh rekomendasi Diterima.

Hasil tersebut menunjukkan bahwa sistem tidak berhenti pada penyajian statistik CTT, tetapi mengubah beberapa parameter menjadi rekomendasi tindakan. Dengan demikian, keluaran sistem lebih mudah digunakan sebagai informasi pendukung bagi guru dalam melakukan evaluasi terhadap instrumen.

4.8 Pembahasan Hasil dan Perbandingan dengan Penelitian Terdahulu

Distribusi hasil menunjukkan bahwa kategori DIGANTI merupakan kelompok terbesar, yaitu 394 dari 770 butir (51,17%), sedangkan DITERIMA berjumlah 126 butir (16,36%) dan DIPERBAIKI 250 butir (32,47%). Dominannya kategori DIGANTI perlu dibaca sebagai hasil inferensi terhadap kombinasi tiga parameter, bukan sebagai konsekuensi dari satu parameter saja. Berdasarkan Tabel 4, dari 72 aturan yang digunakan terdapat 22 aturan dengan konsekuen DIGANTI, 23 aturan dengan konsekuen DIPERBAIKI, dan 27 aturan dengan konsekuen DITERIMA. Pada validitas Tidak Valid, seluruh kombinasi daya pembeda dan indeks kesukaran menghasilkan DIGANTI. Pada validitas Sangat Rendah dan Rendah, beberapa kombinasi juga menghasilkan DIGANTI, khususnya pada kondisi kesukaran Sukar atau kombinasi daya pembeda yang kurang mendukung. Namun, proporsi aturan tersebut tidak dapat langsung disamakan dengan proporsi 51,17% pada dataset karena keluaran akhir juga dipengaruhi oleh derajat keanggotaan dan frekuensi karakteristik CTT pada 770 butir. Dengan demikian, dominannya DIGANTI menunjukkan bahwa kombinasi karakteristik butir yang masuk ke kondisi aturan tersebut cukup banyak pada dataset penelitian.

Temuan tersebut juga menunjukkan implikasi praktis bahwa keluaran sistem sebaiknya digunakan sebagai informasi pendukung dalam evaluasi instrumen. Proporsi 51,17% DIGANTI tidak berarti seluruh butir tersebut secara otomatis harus dihapus tanpa peninjauan. Guru tetap perlu mempertimbangkan kesesuaian butir dengan tujuan pembelajaran, materi, karakteristik peserta didik, dan konteks penyusunan tes sebelum mengambil keputusan akhir. Dengan demikian, sistem membantu memprioritaskan butir yang perlu ditinjau, sementara keputusan profesional tetap berada pada pengguna.

Jika dibandingkan dengan penelitian terdahulu, Febri dkk. [6] mengembangkan sistem analisis butir soal berbasis web menggunakan PHP, MySQL, dan Waterfall, sedangkan penelitian Pramono dan Kusrini [7] memanfaatkan data Learning Management System dan pendekatan Fuzzy untuk analisis butir. Zaini dkk. [8] menerapkan Fuzzy Mamdani untuk menghasilkan rekomendasi kualitas soal. Penelitian ini memiliki perbedaan pada alur pengolahan, yaitu data Moodle diperoleh melalui koneksi langsung *read-only*, respons ditransformasikan menjadi matriks biner, tiga parameter CTT dihitung secara otomatis, kemudian hasilnya diproses menggunakan 72 aturan Fuzzy Mamdani dalam satu aplikasi. Selain menghasilkan rekomendasi, sistem menyediakan penelusuran proses inferensi dari nilai masukan, aturan aktif, hingga keputusan akhir. Perbandingan ini menunjukkan kontribusi pada penggabungan proses dan keterlacakan hasil, bukan klaim bahwa metode Fuzzy Mamdani atau analisis butir tersebut merupakan metode yang baru.

4.9 Perbandingan dengan Proses Manual

Proses manual menggunakan spreadsheet membutuhkan persiapan data, transformasi respons menjadi 0 dan 1, penggunaan formula,

serta interpretasi hasil oleh pengguna. Sistem yang dikembangkan menggabungkan tahapan tersebut dalam satu alur.

TABEL IX. PERBANDINGAN PROSES MANUAL DAN SISTEM

Aspek	Manual	Sistem
Sumber data	Ekspor Moodle	Koneksi langsung *read-only*
Transformasi biner	Manual	Otomatis
Perhitungan CTT	*Spreadsheet*	Sistem
Keputusan	Interpretasi pengguna	Fuzzy Mamdani
Penyimpanan hasil	File *spreadsheet*	Basis data aplikasi
Penelusuran proses	Terbatas	Tersedia
Laporan	Manual	PDF/Excel

Perbandingan tersebut menunjukkan bahwa kontribusi sistem tidak hanya berupa otomatisasi perhitungan. Sistem juga menggabungkan akuisisi data, transformasi, analisis CTT, inferensi fuzzy, penyimpanan, dan pelaporan. Dengan demikian, ketergantungan pada pengolahan spreadsheet dapat dikurangi.

Namun, rekomendasi yang dihasilkan sistem tetap merupakan informasi pendukung keputusan, bukan pengganti penilaian profesional guru. Karakteristik materi, tujuan pembelajaran, dan konteks penyusunan soal tetap perlu dipertimbangkan dalam keputusan akhir.

5. KESIMPULAN

Penelitian ini menghasilkan sistem analisis butir soal berbasis web yang mengambil data dari LMS Moodle melalui koneksi *read-only*, membentuk matriks respons biner, menghitung tiga parameter CTT, serta menerapkan inferensi Fuzzy Mamdani untuk menghasilkan rekomendasi status butir soal.

Penerapan sistem terhadap 21 Quiz dengan total 770 butir menghasilkan 126 butir (16,36%) berstatus Diterima, 250 butir (32,47%) berstatus Diperbaiki, dan 394 butir (51,17%) berstatus Diganti. Pada contoh butir yang diverifikasi, nilai validitas 0,5625, daya pembeda 0,7763, dan indeks kesukaran 0,5679 menghasilkan *crisp* 0,8684 dengan rekomendasi Diterima.

Pengujian Black Box terhadap 15 skenario menghasilkan keberhasilan 100%. Verifikasi menggunakan MATLAB menghasilkan *crisp* 0,868 dibandingkan 0,8684 pada aplikasi, dengan kategori keputusan yang sama. Hasil tersebut menunjukkan bahwa sistem dapat menjalankan proses analisis dan inferensi sesuai rancangan.

Pengembangan berikutnya dapat memperluas dataset, menguji sistem pada institusi yang berbeda, dan mempertimbangkan variasi jenis soal serta parameter analisis lainnya untuk meningkatkan generalisasi sistem.

DAFTAR PUSTAKA

[1] Moodle, "Moodle documentation," 2025. [Online]. Available: https://docs.moodle.org/ [Accessed: Aug. 19, 2026].

[2] S. Priyadi, "Analisis Tes dan Butir Soal Pada Moodle," *Jurnal Evaluasi Pendidikan*, vol. 15, no. 1, pp. 33–42, 2024, doi: 10.21009/jep.v15i1.48944.

[3] B. Hayat, "Klasika: Program Analisis Item dan Tes dengan Pendekatan Klasik," *Jurnal Pengukuran Psikologi dan Pendidikan Indonesia (JP3I)*, vol. 10, no. 1, pp. 1–11, 2021, doi: 10.15408/jp3i.v10i1.20551.

[4] S. N. Ningsih, E. Istiyono, and Widihastuti, "An Application of Classical Test Theory for Item Characteristic Analysis of Chemical Literacy Instruments," *Jurnal Pendidikan Kimia Indonesia*, vol. 7, no. 2, pp. 58–68, 2023, doi: 10.23887/jpki.v7i2.68983.

[5] R. Ahmad, R. R. Talib, and M. E. W. Kau, "Item Analysis of an English Summative Test: A Classical Test Theory Approach in Indonesian Junior High School Context," *IDEAS: Journal on English Language Teaching and Learning, Linguistics and Literature*, vol. 14, no. 1, pp. 1433–1438, 2026, doi: 10.24256/ideas.v14i1.10243.

[6] R. I. F. Febri, A. Arwan, and F. Amalia, "Pengembangan Sistem Analisis Butir Soal Ujian berbasis Web (Studi Kasus: SMP Negeri 1 Donomulyo)," *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, vol. 5, no. 3, pp. 943–949, 2021, [Online]. Available: https://j-ptiik.ub.ac.id/index.php/j-ptiik/article/view/8685

[7] A. Pramono and Kusrini, "Analisis Butir Soal Pilihan Ganda Menggunakan Fuzzy Berdasar Data Learning Management System Studi Kasus: SMK Negeri 2 Kediri," *CAHAYAtech*, vol. 7, no. 1, p. 36, 2018, doi: 10.47047/ct.v7i1.3.

[8] M. Zaini, M. Bettiza, and A. Uperiati, "Rancang Bangun Sistem Analisis Kualitas Soal Ujian Menggunakan Metode Fuzzy Mamdani (Studi Kasus: SMP Negeri 6 Tanjungpinang)," *Student Online Journal (SOJ) UMRAH-Teknik*, vol. 3, no. 1, pp.

163–177, 2022, [Online]. Available: https://soj.umrah.ac.id/index.php/SOJFT/article/view/3569

[9] E. N. Ari and M. Zakariyah, "Implementasi Aplikasi Diskusi dan Pembelajaran Pasar Modal Berbasis Android," *Jurnal Informatika dan Rekayasa Elektronik*, vol. 7, no. 2, 2024, [Online]. Available: https://e-journal.stmiklombok.ac.id/index.php/jire/article/view/1326

[10] L. A. Zadeh, "Fuzzy sets," *Information and Control*, vol. 8, no. 3, pp. 338–353, 1965, doi: 10.1016/S0019-9958(65)90241-X.

[11] E. H. Mamdani and S. Assilian, "An experiment in linguistic synthesis with a Fuzzy logic controller," *Int. J. Man. Mach. Stud.*, vol. 7, no. 1, pp. 1–13, 1975, doi: 10.1016/S0020-7373(75)80002-2.

[12] Y. H. Kim, B. H. Kim, J. Kim, B. Jung, and S. Bae, "Item difficulty index, discrimination index, and reliability of the 26 health professions licensing examinations in 2022, Korea: a psychometric study," *J. Educ. Eval. Health Prof.*, vol. 20, p. 31, 2023, doi: 10.3352/jeehp.2023.20.31.

[13] A. A. Rezigalla *et al.*, "Item analysis: the impact of distractor efficiency on the difficulty index and discrimination power of multiple-choice items," *BMC Med. Educ.*, vol. 24, p. 445, 2024, doi: 10.1186/s12909-024-05433-y.

[14] L. B. Wilson, C. DiStefano, H. Wang, and E. L. Blanck, "Comparison of Multiple-Choice Question Formats in a First Year Medical Physiology Course," *Journal of CME*, vol. 13, p. 2390264, 2024, doi: 10.1080/28338073.2024.2390264.

[15] K. N. Fauziah and F. Arifin, "Decision Support System for Major Selection in Higher Education for Multimedia Graduate Students using Fuzzy Mamdani Logic," *Elinvo (Electronics, Informatics, and Vocational Education)*, vol. 8, no. 2, pp. 231–240, 2024, doi: 10.21831/elinvo.v8i2.57643.

[16] M. Kholifaturrahman, S. Rachmatullah, and B. Said, "Decision Support System for Single Tuition Scholarship Awardees in Higher Education Using Mamdani Fuzzy Inference," *Journal of Information Technology and Cyber Security*, vol. 1, no. 2, pp. 85–97, 2023, doi: 10.30996/jitcs.10009.

[17] K. K. Wardani, N. A. Alwiyanti, and T. Widodo, "Pemanfaatan Augmented Reality untuk Memvisualisasi Perubahan Wujud Benda bagi Siswa Sekolah Dasar," *Jurnal Informatika dan Rekayasa Elektronik*, vol. 7, no. 1, pp. 132–139, 2024, doi: 10.36595/jire.v7i1.1164.

[18] F. Anisa, F. S. Harahap, H. Al Khosyi, I. P. Sari, and Yahfizham, "Pengembangan Software Menggunakan Model SDLC Guna Mencapai Keselarasan dengan Kebutuhan Pengguna," *Journal Of Informatics And Busisnes*, vol. 1, no. 4, pp. 229–232, 2024, doi: 10.47233/jibs.v1i1.522.

[19] R. Sofian and A. F. Ghozali, "Perancangan Perangkat Lunak Berbasis Website Menggunakan Metode Waterfall," *Jurnal Teknologi Informasi dan Komunikasi*, vol. 16, no. 1, pp. 26–31, 2026, doi: 10.56244/fiki.v16i1.1159.