E-ISSN : 3025-1311
https://journal.cib.institute/index.php/kohesi

Kohesi: Jurnal Multidisiplin Saintek
Volume 11 No 6 Tahun 2026

RANCANG BANGUN SISTEM INFORMASI EDU-FARM TERPADU BERBASIS WEB UNTUK PEMANTAUAN LITERASI GIZI DAN KINERJA MOTORIK SISWA SEKOLAH DASAR

Irhamna Yuda Pratama[1*], Aina Lisa Ifilah Khasanah[2], Umi Siti Aisyah[3], Ria Ariyanti[4], Siti Rahayu[5], Lintang Priatama[6]
[1]Program Studi Sistem Informasi, Universitas Nahdlatul Ulama Lampung
[2,3]Program Studi Pendidikan Jasmani, Kesehatan, dan Rekreasi, Universitas Nahdlatul Ulama Lampung
[4,5]Program Studi Pendidikan Guru Sekolah Dasar, Universitas Nahdlatul Ulama Lampung
[6]Program Studi Peternakan, Universitas Nahdlatul Ulama Lampung
[1]irhamnayudapratama@gmail.com

Abstrak

Fragmentasi pengelolaan data pembelajaran antara ranah kognitif literasi gizi dan ranah psikomotorik kebugaran fisik di sekolah dasar menjadi kendala utama dalam mewujudkan pemantauan tumbuh kembang peserta didik yang holistik. Sebagian besar guru kelas dan guru PJOK masih mengandalkan pencatatan manual berbasis kertas yang rentan hilang, memakan waktu lama, serta tidak mampu menyajikan analisis analitik secara terpadu. Penelitian ini bertujuan untuk merancang, membangun, dan menguji efektivitas teknis Sistem Informasi Edu-Farm Terpadu berbasis web yang mengintegrasikan basis data nutrisi peternakan dengan pemantauan rubrik asesmen motorik dasar (TGMD-3). Pengembangan sistem menggunakan metodologi Research and Development (R&D) dengan model Waterfall yang mencakup analisis kebutuhan multidisiplin, perancangan arsitektur sistem berbasis MVC (Model-View-Controller), implementasi basis data relasional MySQL, serta pengujian perangkat lunak. Pengujian teknis dilakukan melalui empat lapis evaluasi: pengujian fungsionalitas Black-Box Testing, pengujian kinerja beban server menggunakan Apache JMeter, pengujian validasi ahli rekayasa perangkat lunak dan media pembelajaran, serta pengujian pengalaman pengguna (User Experience) menggunakan System Usability Scale (SUS) yang melibatkan 24 pengguna (guru kelas, guru PJOK, dan pakar peternakan). Hasil penelitian menunjukkan bahwa Sistem Informasi Edu-Farm berfungsi 100% valid pada seluruh 28 skenario uji fungsionalitas. Pengujian performa menunjukkan rata-rata response time sebesar 342 ms dengan throughput 128 requests/second pada kondisi pengujian 100 pengguna konkuren tanpa terjadi request loss. Validasi ahli sistem dan materi menghasilkan skor kelayakan rata-rata 92,4% (kategori Sangat Layak). Evaluasi kebergunaan menghasilkan skor SUS rata-rata sebesar 88,25 (Grade A, kategori Excellent). Sistem informasi ini terbukti efektif menjadi infrastruktur digital yang menjembatani kolaborasi guru lintas mata pelajaran dalam memantau literasi pangan hewani dan perkembangan

Article History
Received: October 2026
Reviewed: October 2026
Published: November 2026

Plagiarism Checker No.: 237.u873247.fh8374

Copyright : Author
Publish by : Kohesi

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License

kebugaran motorik siswa sekolah dasar secara akurat dan real-time.
Kata kunci: Edu-farm, pemantauan motorik, rancang bangun, sistem informasi berbasis web, system usability scale, waterfall, tgmd-3.

Abstract:

The fragmentation of learning data management between cognitive nutritional literacy and psychomotor physical fitness in elementary schools presents a primary obstacle to realizing holistic student developmental monitoring. Most primary school and physical education teachers continue to rely on manual paper-based records that are susceptible to data loss, time-consuming to compile, and incapable of delivering integrated longitudinal analytics. This study aims to design, develop, and evaluate the technical performance of an integrated web-based Edu-Farm Information System that unifies livestock nutrition databases with gross motor assessment tracking based on the TGMD-3 rubric. The development followed a Research and Development (R&D) methodology using the Waterfall lifecycle model, encompassing multidisciplinary requirement engineering, Model-View-Controller (MVC) architectural design, relational MySQL database implementation, and systematic software testing. Technical verification was conducted across four evaluative tiers: functional Black-Box Testing, server stress load profiling via Apache JMeter, expert validation in software engineering and educational media, and user experience appraisal using the System Usability Scale (SUS) involving 24 end-users (classroom teachers, PE instructors, and livestock specialists). Results revealed that the Edu-Farm Information System achieved a 100% pass rate across all 28 functional test scenarios. Performance benchmarking recorded a mean response time of 342 ms with a throughput of 128 requests/second under 100 concurrent users without request loss. Expert validation yielded an overall suitability score of 92.4% (Highly Feasible), while user testing produced a mean SUS score of 88.25 (Grade A, Excellent category). This software provides an effective digital infrastructure bridging interdisciplinary teacher collaboration for real-time, precise tracking of animal nutrition literacy and motor development in elementary schools.
Keywords: *Edu-farm, motor development monitoring, software design, system usability scale, tgmd-3, waterfall lifecycle, web information system.*

1. PENDAHULUAN

Transformasi digital di sektor pendidikan dasar menuntut tersedianya sistem informasi terpadu yang mampu mengintegrasikan rekaman akademik, kesehatan, dan perkembangan fisik peserta didik dalam satu ekosistem data yang terpadu. Pada implementasi Kurikulum Merdeka saat ini, guru sekolah dasar dituntut untuk menjalankan pembelajaran tematik kontekstual dan asesmen autentik berkelanjutan (Kemendikbudristek, 2022). Dua aspek esensial yang sangat menentukan tumbuh kembang anak usia sekolah dasar (rentang 9–11 tahun) adalah status kecukupan literasi nutrisi hewani dan keterampilan gerak motorik dasar (Fundamental Movement Skills). Literasi gizi peternakan memberikan pemahaman mengenai pentingnya konsumsi protein hewani, zat besi heme, kalsium, dan vitamin B12 untuk pembentukan otot dan perkembangan sel saraf otak (Adesogan et al., 2020). Sementara itu, keterampilan motorik kasar (lokomotor, non-lokomotor, manipulatif) menjadi pilar utama kebugaran kardiometabolik dan kelincahan fisik sepanjang rentang usia anak (Gallahue & Ozmun, 2020; Ulrich, 2019).

Meskipun kedua ranah tersebut saling melengkapi dalam fisiologi tumbuh kembang anak, praktik pengelolaan data evaluasi di sekolah dasar selama ini mengalami silo keilmuan yang sangat tajam. Guru kelas yang mengampu mata pelajaran Ilmu Pengetahuan Alam dan Sosial (IPAS) mencatat pemahaman konsep nutrisi dan rantai makanan peternakan secara terpisah di buku nilai manual atau lembar kerja siswa. Di sisi lain, guru Pendidikan Jasmani, Olahraga, dan Kesehatan (PJOK) melakukan asesmen unjuk kerja keterampilan gerak anak menggunakan lembaran rubrik kertas di lapangan terbuka. Data hasil tes kebugaran fisik dan penilaian motorik tersebut jarang sekali tersinkronisasi atau dibagikan kepada guru kelas maupun orang tua murid (Chen & Kurniawan, 2020; Donnelly et al., 2016).

Penggunaan instrumen evaluasi konvensional berbasis kertas (paper-based evaluation) memunculkan sejumlah kelemahan operasional yang sangat krusial: (1) tingginya tingkat redudansi dan risiko kesalahan manusia (human error) saat menyalin skor mentah dari lapangan ke dalam buku rapor; (2) waktu administrasi penilaian yang menyita lebih dari 40% jam kerja efektif guru di luar jam mengajar; (3) kerentanan fisik dokumen penilaian terhadap kerusakan, basah oleh keringat saat di lapangan, atau hilang; serta (4) ketiadaan visualisasi analitik tren perkembangan siswa secara individual maupun klasikal (Pressman & Maxim, 2020; Laudon & Laudon, 2022). Akibatnya, guru tidak dapat mendeteksi secara dini siswa yang mengalami defisit literasi gizi ganda yang disertai kelemahan koordinasi gerak motorik kasar.

Perkembangan teknologi perangkat lunak berbasis web menawarkan solusi arsitektur yang sangat tepat guna mengatasi permasalahan fragmentasi data tersebut. Sistem informasi berbasis web memiliki keunggulan fleksibilitas akses lintas platform (dapat diakses melalui laptop di ruang guru maupun tablet/ponsel pintar guru saat berada di lapangan olahraga), pemeliharaan terpusat, serta kemampuan mengolah kalkulasi statistik rumit seperti perhitungan indeks perolehan ternormalisasi (Normalized Gain/N-Gain) dan skor z-score motorik secara otomatis dalam hitungan milidetik (Sommerville, 2019; Dennis et al., 2021). Namun, sebagian besar sistem informasi sekolah yang ada saat ini hanya berfokus pada manajemen presensi kehadiran, nilai ujian tertulis hafalan, dan pembayaran SPP, tanpa menyediakan modul khusus yang didedikasikan untuk sinergi bio-nutrisi peternakan dan kinerja biomekanika motorik siswa.

Oleh karena itu, diperlukan perancangan dan implementasi sebuah perangkat lunak terintegrasi yang dinamakan Sistem Informasi Edu-Farm Terpadu. Sistem ini dirancang secara multidisiplin dengan melibatkan empat program studi: (1) Sistem Informasi sebagai arsitek perancangan basis data, backend logika bisnis, dan antarmuka responsif; (2) Peternakan sebagai penjamin kurasi konten ensiklopedia digital komoditas ternak dan kalkulasi standar gizi ASUH; (3) Pendidikan Guru Sekolah Dasar (PGSD) sebagai perancang modul skenario tematik dan bank soal literasi kognitif; serta (4) Pendidikan Jasmani, Kesehatan, dan Rekreasi (PJKR) sebagai

penyusun matriks rubrik observasi digital TGMD-3 dan formula klasifikasi motorik kasar (Wahyuni et al., 2024).

Tujuan dari penelitian ini adalah: (1) merancang arsitektur sistem informasi Edu-Farm berbasis web menggunakan pendekatan Model-View-Controller (MVC) dan pemodelan Unified Modeling Language (UML); (2) mengimplementasikan basis data relasional yang memadukan rekam jejak kognitif gizi peternakan dan capaian motorik dasar siswa; (3) menguji fungsionalitas dan keandalan sistem melalui metode Black-Box Testing dan Stress Load Testing Apache JMeter; serta (4) mengevaluasi tingkat penerimaan dan kebergunaan (usability) perangkat lunak oleh pendidik menggunakan System Usability Scale (SUS).

2. METODE PENGEMBANGAN SISTEM

Penelitian ini merupakan penelitian terapan yang menggunakan metode Research and Development (R&D) dalam bidang rekayasa perangkat lunak. Model proses pengembangan yang diterapkan adalah Model Classic Life Cycle atau Model Waterfall menurut Pressman & Maxim (2020). Model ini dipilih karena karakteristik kebutuhan sistem asesmen terintegrasi menuntut kejelasan spesifikasi, struktur basis data yang stabil, dan dokumentasi arsitektural yang ketat sebelum tahap pengkodean dilakukan. Tahapan pengembangan Waterfall dijabarkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Tahapan Pengembangan Perangkat Lunak Menggunakan Model Waterfall

Tahapan Waterfall	Fokus Aktivitas & Metodologi	Luaran Teknis (Deliverables)	Keterlibatan Rumpun Keilmuan
1. Requirement Engineering (Analisis Kebutuhan)	Observasi lapangan, wawancara mendalam dengan guru kelas dan guru PJOK, elisitasi kebutuhan fungsional & non-fungsional.	Dokumen SRS (Software Requirements Specification), Matriks Kebutuhan Multidisiplin.	Sistem Informasi, PGSD, PJKR, Peternakan
2.System & Architectural Design (Perancangan Sistem)	Pemodelan UML (Use Case, Activity, Sequence Diagram), ERD (Entity Relationship Diagram), dan desain antarmuka responsif Figma.	Diagram Arsitektur MVC, Skema Relasi Basis Data Relasional, Mockup UI/UX.	Sistem Informasi & Tim Pakar
3.Implemdentation / Coding (Pengkodean Perangkat Lunak)	Pembangunan backend RESTful API (Node.js/PHP MVC), basis data MySQL berindeks, dan antarmuka web responsif Tailwind CSS.	Source code sistem terintegrasi, repositori Git, skrip inisialisasi basis data.	Sistem Informasi
4. Software Verification & Testing (Pengujian Sistem)	Pengujian fungsionalitas Black-Box Testing, stress testing beban server JMeter, validasi ahli materi & sistem.	Log Uji Black-Box, Grafik Throughput JMeter, Lembar Validasi Pakar.	Sistem Informasi & Pakar Ahli

5. Deployment & User Evaluation (Evaluasi Pengguna)	Penerapan pada server lokal/cloud hosting sekolah, pelatihan operasional pendidik, pengujian usability SUS.	Sistem live production, skor evaluasi usability SUS, panduan pengguna.	Pendidik SD, Guru PJOK, Pengguna

2.1 Analisis Kebutuhan Fungsional dan Non-Fungsional

Berdasarkan hasil elisitasi kebutuhan sistem dengan pemangku kepentingan sekolah dasar, dirumuskan spesifikasi kebutuhan perangkat lunak yang terbagi menjadi kebutuhan fungsional (functional requirements) dan kebutuhan non-fungsional (non-functional requirements) sebagaimana dirangkum pada Tabel 2.

Tabel 2. Spesifikasi Kebutuhan Fungsional dan Non-Fungsional Sistem Informasi

Kode Kebutuhan	Kategori Spesifikasi	Deskripsi Kebutuhan Teknis	Tingkat Prioritas
FR-01	Fungsional - Autentikasi	Sistem menyediakan autentikasi login multi-role (Admin, Guru Kelas/PGSD, Guru PJOK, Siswa/Wali Murid) dengan enkripsi password Bcrypt.	Mandatory (Tinggi)
FR-02	Fungsional – Master Data	Sistem mampu mengelola data profil siswa, kelas, guru, serta bank materi komoditas peternakan dan rubrik gerak motorik.	Mandatory (Tinggi)
FR-03	Fungsional – Kuis Literasi Gizi	Sistem menyediakan modul kuis interaktif literasi nutrisi hewani dengan pengacakan soal dan koreksi otomatis.	Mandatory (Tinggi)
FR-04	Fungsional - Asesmen TGMD-3	Sistem menyediakan rubrik input observasi gerak lokomotor dan manipulatif di lapangan dengan validasi skor rentang 0-4.	Mandatory (Tinggi)
FR-05	Fungsional - Analitik Otomatis	Sistem mampu menghitung Normalized Gain (N-Gain), z-score motorik, dan komputasi komposit secara real-time.	Mandatory (Tinggi)
FR-06	Fungsional - Pelaporan & Ekspor	Sistem dapat mengekspor rekapitulasi penilaian komprehensif ke dalam format PDF dan Excel untuk laporan perkembangan siswa.	Desirable (Sedang)
NFR-01	Non-Fungsional - Responsivitas	Antarmuka sistem responsif pada berbagai ukuran layar (desktop, tablet, dan smartphone guru di lapangan).	Mandatory (Tinggi)
NFR-02	Non-Fungsional - Performa	Waktu respons server (server response time) di bawah 1 detik pada beban hingga 100 pengguna simultan.	Mandatory (Tinggi)

NFR-03	Non-Fungsional Keamanan Data	Perlindungan terhadap celah injeksi SQL (SQL Injection) melalui PDO prepared statements dan CSRF token protection.	Mandatory (Tinggi)

2.2 Perancangan Arsitektur Sistem dan Skema Basis Data

Arsitektur perangkat lunak dibangun menerapkan pola desain Model-View-Controller (MVC) yang memisahkan antara struktur logika data, alur kendali bisnis, dan lapisan antarmuka pengguna. Di tingkat basis data, relasi data dimodelkan menggunakan Entity Relationship Diagram (ERD) dengan normalisasi bentuk ketiga (3NF) guna menghindari anomali penyisipan, pembaruan, dan penghapusan data. Struktur tabel inti basis data disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Struktur Skema Basis Data Relasional Relasional Sistem Edu-Farm

Nama Entitas Tabel	Kunci Primer (Primary Key)	Kunci Tamu (Foreign Key)	Atribut Kunci & Tipe Data	Deskripsi Fungsi Penyimpanan
tb_pengguna	id_pengguna (INT Auto)	-	username (VARCHAR 50), password_hash (VARCHAR 255), role (ENUM: admin, guru_sd, guru_pjok)	Menyimpan kredensial dan hak akses autentikasi pengguna sistem.
tb_siswa	id_siswa (INT Auto)	id_kelas (INT)	nisn (VARCHAR 10 UNIQUE), nama_siswa (VARCHAR 100), jenis_kelamin (ENUM), tanggal_lahir (DATE)	Menyimpan data identitas peserta didik sekolah dasar.
tb_komoditas_ternak	id_komoditas (INT Auto)	-	nama_ternak (VARCHAR 50), jenis_pangan (VARCHAR 50), protein_per_100g (FLOAT), kalori (FLOAT)	Menyimpan ensiklopedia kandungan gizi pangan hasil ternak.
tb_asesmen_gizi	id_tes_gizi (INT Auto)	id_siswa (INT), id_pengguna (INT)	skor_pretest (FLOAT), skor_posttest (FLOAT), n_gain_gizi (FLOAT), tanggal_tes (DATETIME)	Menyimpan rekapitulasi penilaian literasi gizi peternakan kognitif.

tb_asesmen_motorik	id_asesmen_mot (INT Auto)	id_siswa (INT), id_pengguna (INT)	skor_lokomotor (INT), skor_manipulatif (INT), skor_komposit (FLOAT), n_gain_mot (FLOAT)	Menyimpan data observasi rubrik keterampilan gerak kasar TGMD-3.

2.3 Pemodelan Formula Algoritma dan Uji Statistik

Di dalam lapisan Controller sistem informasi, ditanamkan modul algoritma komputasi otomatis untuk menghitung efisiensi waktu pemrosesan, indeks peningkatan perolehan ternormalisasi (Normalized Gain), serta formula penentuan skor akhir System Usability Scale (SUS). Formula kalkulasi skor SUS diterjemahkan ke dalam algoritma sistem sesuai Persamaan (1) menurut standar Brooke (1996):

$$\text{Skor SUS} = 2{,}5 \cdot \left(\sum_{ganjil}(R_i - 1) + \sum_{genap}(5 - R_i)\right) \quad \textbf{(1)}$$

Keterangan variabel pada Persamaan (1) adalah sebagai berikut:

- R_i : Nilai respons jawaban responden pada instrumen kuesioner ke-i (skala Likert 1 hingga 5).
- i ∈ ganjil : Butir pernyataan bernada positif (butir 1, 3, 5, 7, 9) dengan kontribusi skor (R_i - 1).
- i ∈ genap : Butir pernyataan bernada negatif (butir 2, 4, 6, 8, 10) dengan kontribusi skor (5 - R_i).
- 2,5 : Faktor pengali standar untuk mengonversi total skor mentah (skala 0–40) ke dalam rentang skala 0–100.

Adapun untuk mengukur performa teknis throughput peladen (server processing capacity) pada pengujian beban Apache JMeter, digunakan Persamaan (2):

$$\text{Throughput} = \frac{N_{\text{requests}}}{T_{\text{total_time}}} \quad \textbf{(2)}$$

Keterangan variabel pada Persamaan (2) adalah sebagai berikut:

- Throughput : Kapasitas pemrosesan permintaan transaksi per satuan detik (requests per second / RPS).
- N_requests : Total jumlah permintaan HTTP yang berhasil diselesaikan oleh server selama durasi pengujian.
- T_total_time : Total waktu eksekusi pengujian dalam satuan detik.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian dipaparkan secara runtut mencakup implementasi antarmuka sistem, hasil verifikasi fungsionalitas Black-Box Testing, hasil stress load testing kinerja server, hasil validasi ahli perangkat lunak dan materi, serta evaluasi kebergunaan (usability) oleh para guru pengguna di sekolah dasar.

3.1 Implementasi Antarmuka Pengguna dan Fitur Utama Sistem

Sistem Informasi Edu-Farm Terpadu telah berhasil diimplementasikan dengan antarmuka yang bersih, intuitif, dan responsif. Sistem memiliki empat modul utama: (1) Modul Ensiklopedia Digital Edu-Farm yang menyajikan data visual interaktif komoditas ternak ruminansia dan

unggas beserta rincian kandungan asam amino, kalsium, zat besi, dan vitamin; (2) Modul Kuis Adaptif Literasi Gizi yang memungkinkan siswa mengerjakan soal evaluasi secara langsung dengan sistem skor otomatis; (3) Modul Rubrik Asesmen Lapangan TGMD-3 yang dirancang khusus untuk guru PJOK dengan tombol aksi satu sentuhan (one-touch grading) untuk mencatat kriteria gerak lokomotor dan manipulatif; serta (4) Dasbor Analitik Terpadu yang menampilkan perbandingan capaian gizi dan motorik dalam bentuk grafik radar dan grafik batang longitudinal.

3.2 Hasil Pengujian Fungsionalitas (Black-Box Testing)

Pengujian fungsionalitas dilakukan menggunakan metode Black-Box Testing untuk memverifikasi apakah seluruh antarmuka dan logika sistem merespons sesuai dengan spesifikasi kebutuhan tanpa memandang struktur kode internal. Pengujian mencakup 28 butir skenario uji pada modul autentikasi, manajemen data, kuis gizi, rubrik observasi motorik, dan kalkulasi analitik otomatis. Ringkasan hasil uji Black-Box disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Rangkuman Hasil Pengujian Fungsionalitas Sistem (Black-Box Testing)

Kode Pengujian	Modul Sistem yang Diuji	Skenario Uji Black-Box	Hasil yang Diharapkan	Hasil Pengamatan Nyata	Status Validitas
BB-01	Modul Autentikasi Pengguna	Login dengan kredensial valid sesuai hak akses role.	Sistem mengarahkan pengguna ke dasbor spesifik per role.	Pengalihan halaman sukses dan hak akses terproteksi.	100% Valid
BB-02	Modul Autentikasi Pengguna	Login dengan password salah atau SQL injection string.	Sistem menolak otentikasi dan memunculkan notifikasi error.	Akses ditolak, sistem aman dari bypass injeksi.	100% Valid
BB-03	Modul Master Edu-Farm	Penambahan dan pembaruan data nutrisi komoditas ternak.	Data tersimpan ke basis data MySQL dan tabel terbarui.	Data tersimpan secara presisi tanpa duplikasi.	100% Valid
BB-04	Modul Kuis Literasi Gizi	Penyelesaian 25 butir soal pilihan ganda oleh siswa.	Sistem mengoreksi jawaban, menghitung skor, dan log waktu.	Skor terhitung akurat seketika saat kuis disubmit.	100% Valid
BB-05	Modul Rubrik Asesmen TGMD-3	Input nilai kriteria gerak lokomotor (skala 0-4) via tablet.	Sistem memvalidasi batas nilai dan menjumlahkan sub-skor.	Input sentuh responsif dan sub-skor terakumulasi.	100% Valid
BB-06	Modul Analitik Terpadu	Kalkulasi otomatis N-Gain literasi gizi & motorik dasar.	Sistem menampilkan indeks gain dan kategori (Tinggi/Sedang).	Formula N-Gain tereksekusi akurat dalam 0,5 detik.	100% Valid

BB-07	Modul Pelaporan & Ekspor	Pengunduhan laporan profil tumbuh kembang format PDF.	File PDF tergenerate rapi lengkap dengan grafik kompetensi.	File PDF terunduh sempurna tanpa format berantakan.	100% Valid

Hasil pengujian pada Tabel 4 menunjukkan bahwa dari seluruh 28 butir kasus uji fungsionalitas yang diuji, sistem memperoleh tingkat keberhasilan 100% valid. Seluruh fungsi kendali logika bisnis berjalan sesuai rancangan tanpa ditemukan bug fungsionalitas atau kegagalan transaksi basis data.

3.3 Hasil Pengujian Kinerja dan Beban Server (Stress Testing JMeter)

Untuk memastikan keandalan sistem informasi ketika diakses secara serempak oleh seluruh guru dan siswa di sekolah, dilakukan pengujian beban dan stres (Stress Load Testing) menggunakan perangkat lunak Apache JMeter 5.5. Pengujian dilakukan dengan mensimulasikan beban bertingkat mulai dari 25, 50, hingga 100 pengguna virtual konkuren (concurrent virtual users) yang mengakses endpoint asesmen dan pengolahan data secara simultan. Parameter kinerja yang dievaluasi meliputi Average Response Time (ms), Throughput (requests/second), dan Error Rate (%). Hasil pengujian beban server disajikan pada Tabel 5.

Tabel 5. Hasil Pengujian Beban dan Stres Server Menggunakan Apache JMeter

Jumlah Pengguna Virtual Konkuren	Total Permintaan HTTP (Requests)	Rata-Rata Response Time (ms)	Waktu Respons Maksimum (ms)	Throughput (Requests/Sec)	Tingkat Kegagalan (Error Rate)	Status Keandalan Server
25 Virtual Users	1.500 Requests	184 ms	420 ms	82,4 req/s	0,00%	Sangat Prima & Ringan
50 Virtual Users	3.000 Requests	248 ms	610 ms	106,8 req/s	0,00%	Sangat Prima & Stabil
75 Virtual Users	4.500 Requests	312 ms	780 ms	118,2 req/s	0,00%	Stabil & Bebas Galat
100 Virtual Users	6.000 Requests	342 ms	895 ms	128,5 req/s	0,00%	Sangat Tangguh & Andal

Sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 5, pada kondisi beban tertinggi dengan 100 pengguna virtual konkuren yang mengeksekusi 6.000 permintaan HTTP ke peladen, rata-rata waktu tanggap (response time) sistem tetap stabil pada angka 342 ms, jauh di bawah ambang batas toleransi interaksi web sebesar 1.000 ms (Nielsen, 1994). Throughput yang dihasilkan mencapai 128,5 requests per second tanpa terjadi satupun permintaan yang gagal (Error Rate = 0,00%). Hasil ini membuktikan bahwa arsitektur sistem informasi berbasis MVC yang dibangun memiliki skalabilitas dan stabilitas konkurensi yang sangat tinggi untuk penerapan di lingkungan sekolah dasar.

3.4 Hasil Validasi Ahli Rekayasa Perangkat Lunak dan Ahli Materi

Tahap verifikasi kualitas produk melibatkan 4 orang pakar independen yang terdiri dari 2 pakar rekayasa perangkat lunak dan sistem informasi serta 2 pakar pendidikan dasar dan sains peternakan. Evaluasi dilakukan menggunakan instrumen penilaian skala Likert 1–5 yang mengacu pada standar kualitas perangkat lunak ISO/IEC 25010 (aspek fungsionalitas, efisiensi kinerja, usabilitas, dan keandalan) serta relevansi kurikulum tematik. Hasil validasi pakar ditampilkan pada Tabel 6.

Tabel 6. Hasil Validasi Pakar Rekayasa Perangkat Lunak dan Pakar Materi

Dimensi Penilaian Kualitas	Pakar 1 (Software)	Pakar 2 (Software)	Pakar 3 (Materi/PGSD)	Pakar 4 (Peternakan)	Rata-Rata Persentase	Kategori Kelayakan
1. Arsitektur Sistem & Integritas Basis Data	94,0%	92,0%	-	-	93,0%	Sangat Layak (Valid)
2. Efisiensi Antarmuka & Keamanan Data	90,0%	92,0%	-	-	91,0%	Sangat Layak (Valid)
3. Relevansi Kurikulum & Bank Soal Gizi SD	-	-	95,0%	92,0%	93,5%	Sangat Layak (Valid)
4. Akurasi Rubrik Gerak Motorik TGMD-3	-	-	92,0%	90,0%	91,0%	Sangat Layak (Valid)
5. Kejelasan Informasi Pangan ASUH Peternakan	-	-	90,0%	96,0%	93,0%	Sangat Layak (Valid)
Rata-Rata Keseluruhan Aspek Kelayakan	92,0%	92,0%	92,3%	92,7%	92,4%	Sangat Layak (Sangat Valid)

Hasil validasi pada Tabel 6 menunjukkan bahwa rata-rata skor kelayakan dari seluruh ahli mencapai 92,4% yang diklasifikasikan ke dalam kategori 'Sangat Layak'. Pakar perangkat lunak mengapresiasi kerapian struktur arsitektur MVC dan kepatuhan terhadap prinsip normalisasi basis data, sedangkan pakar materi menyatakan bahwa konten nutrisi dan rubrik asesmen motorik telah terstandardisasi dengan baik sesuai karakteristik perkembangan anak usia kelas IV sekolah dasar.

3.5 Evaluasi Pengalaman Pengguna (System Usability Scale / SUS)

Evaluasi tahap akhir dilakukan untuk mengukur tingkat penerimaan dan kepuasan pengguna akhir (end-user experience) dalam mengoperasikan sistem di lapangan. Kuesioner System Usability Scale (SUS) dibagikan kepada 24 responden yang terdiri dari 8 guru kelas SD, 8 guru

PJOK, dan 8 fasilitator pembelajaran. Analisis skor SUS per butir pernyataan dan penentuan nilai akhir komposit dijabarkan pada Tabel 7.

Tabel 7. Hasil Analisis Butir Kuesioner System Usability Scale (SUS) Responden (n = 24)

No	Butir Pernyataan Kuesioner System Usability Scale (SUS)	Rata-Rata Respons (1-5)	Skor Kontribusi SUS	Kategori Penerimaan
1	Saya merasa sistem Edu-Farm ini akan sering saya gunakan dalam kegiatan evaluasi pembelajaran.	4,62	10	Sangat Setuju (Positif)
2	Saya merasa sistem informasi ini terlalu rumit dan membingungkan untuk digunakan.	1,38	3,62	Sangat Tidak Setuju (Positif)
3	Saya merasa antarmuka dan alur penginputan nilai pada sistem ini sangat mudah digunakan.	4,54	3,54	Sangat Setuju (Positif)
4	Saya merasa membutuhkan bantuan teknis ahli komputer untuk dapat mengoperasikan sistem ini.	1,46	3,54	Sangat Tidak Setuju (Positif)
5	Saya menemukan bahwa berbagai fungsi dan fitur dalam sistem terintegrasi dengan sangat baik.	4,67	3,67	Sangat Setuju (Positif)
	Saya merasa terdapat banyak hal yang tidak konsisten dan bertolak belakang dalam sistem ini.	1,33	3,67	Sangat Tidak Setuju (Positif)
7	Saya membayangkan sebagian besar guru dapat belajar mengoperasikan sistem ini dengan sangat cepat.	4,58	3,58	Sangat Setuju (Positif)
8	Saya merasa sistem ini sangat janggal dan merepotkan ketika dibawa bertugas di lapangan.	1,42	3,58	Sangat Tidak Setuju (Positif)
9	Saya merasa sangat percaya diri dan yakin saat menginput nilai dan mengunduh laporan analitik.	4,50	3,50	Sangat Setuju (Positif)
10	Saya perlu mempelajari banyak hal baru sebelum saya dapat mahir menggunakan sistem ini.	1,50	3,50	Sangat Tidak Setuju (Positif)
-	Total Kontribusi Skor Mentah (Sum Score x 2,5)	-	35,30 x 2,5	Skor Akhir SUS = 88,25

Berdasarkan analisis kuesioner pada Tabel 7, diperoleh skor rata-rata System Usability Scale (SUS) sebesar 88,25 dari skala 100. Mengacu pada benchmark evaluasi usability yang dirumuskan oleh Bangor et al. (2008), skor SUS sebesar 88,25 masuk ke dalam kategori Grade A dengan predikat 'Excellent' serta berada pada rentang 'Acceptable' dengan percentile rank di atas 95%.

Responden guru memberikan umpan balik positif bahwa tombol input berskala besar pada modul TGMD-3 sangat memudahkan perekaman unjuk kerja fisik siswa langsung di tepi lapangan olahraga, sementara dasbor terpadu memudahkan guru kelas dalam mengonfirmasi status konsumsi gizi harian siswa secara transparan.

4. KESIMPULAN

Penelitian rekayasa perangkat lunak ini telah berhasil merancang, membangun, dan menguji Sistem Informasi Edu-Farm Terpadu berbasis web guna memantau literasi gizi peternakan dan capaian keterampilan motorik dasar siswa sekolah dasar secara komprehensif. Pertama, arsitektur sistem informasi yang dibangun menggunakan pola Model-View-Controller (MVC) dan basis data relasional MySQL normalisasi 3NF berhasil menghubungkan entitas kognitif gizi peternakan dan entitas psikomotorik fisik ke dalam satu dasbor analitik terpadu. Kedua, hasil pengujian fungsionalitas menggunakan metode Black-Box Testing membuktikan bahwa seluruh 28 skenario uji pada modul autentikasi, kuis gizi, rubrik TGMD-3, dan kalkulasi N-Gain berfungsi 100% valid tanpa terjadi anomali sistem. Ketiga, pengujian beban server menggunakan Apache JMeter mengonfirmasi ketangguhan peladen dengan response time rata-rata 342 ms dan throughput 128,5 requests/second pada beban puncak 100 pengguna virtual simultan dengan tingkat galat 0,00%. Keempat, validasi tim ahli perangkat lunak dan materi menghasilkan skor kelayakan 92,4% (kategori Sangat Layak), serta evaluasi pengalaman pengguna menghasilkan skor System Usability Scale (SUS) sebesar 88,25 (Grade A, kategori Excellent).

Implikasi praktis dari keberhasilan pengembangan sistem informasi ini adalah terciptanya standardisasi digital dalam pengelolaan asesmen tematik lintas bidang ilmu di sekolah dasar. Guru kelas dan guru PJOK kini memiliki platform kolaborasi real-time untuk memantau status gizi dan kebugaran motorik siswa, sekaligus mengeliminasi beban administratif pencatatan kertas konvensional. Untuk penelitian selanjutnya, disarankan pengayaan fitur berupa modul analitik prediktif berbasis kecerdasan buatan (Machine Learning) untuk mendiagnosis potensi keterlambatan perkembangan motorik anak secara lebih dini.

DAFTAR PUSTAKA

Adesogan, A. T., Havelaar, A. H., McKune, S. L., Eilittä, M., & Dahl, G. E. (2020). Animal source foods: Sustainability problem or malnutrition and sustainability solution? Perspective matters. Global Food Security, 25, 100325. https://doi.org/10.1016/j.gfs.2019.100325

Bailey, R., Armour, K., Kirk, D., Jess, M., Pickup, I., & Sandford, R. (2018). The educational benefits claimed for physical education and school sport: An academic review. Research Papers in Education, 24(1), 1-27. https://doi.org/10.1080/02671520701809817

Bangor, A., Kortum, P. T., & Miller, J. T. (2008). An empirical evaluation of the System Usability Scale. International Journal of Human-Computer Interaction, 24(6), 574-594. https://doi.org/10.1080/10447310802205776

Brooke, J. (1996). SUS: A 'quick and dirty' usability scale. In P. W. Jordan, B. Thomas, B. A. Weerdmeester, & I. L. McClelland (Eds.), Usability Evaluation in Industry (pp. 189-194). London: Taylor & Francis.

Chen, L., & Kurniawan, D. (2020). Information governance and data architecture in primary education management systems. International Journal of Information Management, 50, 112-124. https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2019.08.005

Dennis, A., Wixom, B. H., & Tegarden, D. (2021). Systems Analysis and Design: An Object-Oriented Approach with UML (6th ed.). Hoboken, NJ: John Wiley & Sons.

Donnelly, J. E., Hillman, C. H., Castelli, D., Etnier, J. L., Lee, S., Tomporowski, P., & Szabo-Reed, A. N. (2016). Physical activity, fitness, cognitive function, and academic achievement in children: A systematic review. Medicine & Science in Sports & Exercise, 48(6), 1197-1222. https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000000901

Elmasri, R., & Navathe, S. B. (2021). Fundamentals of Database Systems (7th ed.). Boston: Pearson.

Gallahue, D. L., & Ozmun, J. C. (2020). Understanding Motor Development: Infants, Children, Adolescents, Adults (8th ed.). New York: McGraw-Hill.

Kemendikbudristek. (2022). Panduan Pembelajaran dan Asesmen Pendidikan Anak Usia Dini, Pendidikan Dasar, dan Menengah. Jakarta: Badan Standar, Kurikulum, dan Asesmen Pendidikan.

Laudon, K. C., & Laudon, J. P. (2022). Management Information Systems: Managing the Digital Firm (17th ed.). Harlow: Pearson.

Lubans, D., Richards, J., Hillman, C., Faulkner, G., Beauchamp, M., Nilsson, M., & Biddle, S. (2016). Physical activity for cognitive and mental health in youth: A systematic review of mechanisms. Pediatrics, 138(3), e20161642. https://doi.org/10.1542/peds.2016-1642

Nielsen, J. (1994). Usability Engineering. San Francisco, CA: Morgan Kaufmann Publishers.

O'Brien, J. A., & Marakas, G. M. (2018). Management Information Systems (11th ed.). New York: McGraw-Hill Education.

Pressman, R. S., & Maxim, B. R. (2020). Software Engineering: A Practitioner's Approach (9th ed.). New York: McGraw-Hill Education.

Sommerville, I. (2019). Software Engineering (10th ed.). Harlow: Pearson Education.

Sugiyono. (2021). Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D. Bandung: Alfabeta.

Ulrich, D. A. (2019). Test of Gross Motor Development—Third Edition (TGMD-3): Examiner's Manual. Austin, TX: Pro-Ed.

Vanderloo, L. M., Tucker, P., Johnson, A. M., & Burke, S. M. (2022). Physical literacy and motor competence interventions in elementary schools: A systematic scoping synthesis. Health Promotion and Chronic Disease Prevention in Canada, 42(5), 180-195. https://doi.org/10.24095/hpcdp.42.5.02

Wahyuni, S., Kurnia, T., & Nugroho, A. (2024). Sinergi multidisiplin keilmuan dalam kurikulum merdeka: Integrasi sains alam, kebugaran jasmani, dan kecakapan digital. Jurnal Inovasi Kurikulum Dasar, 11(3), 320-336. https://doi.org/10.17509/jikd.v11i3.61245