Rancang Bangun Sistem Informasi Manajemen Penyelenggaraan dan Otomasi Penilaian *Computer Assisted Test* pada Ujian Dinas dan Ujian Penyesuaian Kenaikan Pangkat

Design and Development of a Management Information System for Administration and Automated Scoring of Computer Assisted Test in Civil Service Examinations and Grade Promotion Adjustment Examinations

Sulistyo Cahyo Gumilang[1], Christian Dwi Suhendra[2], Lilis Indrayani[3]
[1,2,3]Program Studi Teknik Informatika, Jurusan Teknik Informatika, Fakultas Teknik, Universitas Papua, Manokwari, Indonesia
[1]202565130@student.unipa.ac.id, [2]c.suhendra@unipa.ac.id, [3]lilisindrayani8@gmail.com

Info Artikel

Riwayat Artikel:

Diterima 29 Oktober 2026
Direvisi 30 Oktober 2026
Disetujui 31 Oktober 2026

Key Words:

Computer Assisted Test
Civil Service Examination
Scoring Automation
Laravel
Black-Box Testing

Kata Kunci:

Computer Assisted Test
Ujian Dinas
Otomasi Penilaian
Laravel
Black-Box Testing

ABSTRACT

The administration of Civil Service Examinations and Grade Promotion Adjustment Examinations (UPKP) based on Computer Assisted Test (CAT) faces challenges in logistics governance, session mapping, supervisor assignment, and the risk of human error in multi-criteria scoring recapitulation. Prior studies have generally focused only on question-bank engines and raw score recording, without integrating the pre- and post-implementation stages of the examination. This study aims to design, implement, and evaluate an integrated CAT Service Administration Information System (SILAP-CAT) that combines logistical management with automated scoring calculation. The system was developed using the Waterfall method with the Laravel framework, Model-View-Controller (MVC) architecture, and a Filament back-office panel. Evaluation was conducted through Black-Box functional testing and business-logic accuracy testing using Boundary Value Analysis (BVA). Black-Box testing on seven core modules showed 100% functional success. Accuracy testing on nine critical score samples for Level I and Level II Civil Service Examinations and UPKP showed that automated calculation was consistent with manual calculation (100% accuracy), including at the 70.00 passing-score boundary. E-certificates with dynamic Quick Response (QR) Codes support public verification of document authenticity. SILAP-CAT has the potential to serve as a more efficient and reliable governance solution for civil-service examinations than manual spreadsheet-based processing.

ABSTRAK

Penyelenggaraan Ujian Dinas dan Ujian Penyesuaian Kenaikan Pangkat (UPKP) berbasis *Computer Assisted Test* (CAT) menghadapi tantangan pada tata kelola logistik, pemetaan sesi, penugasan pengawas, serta potensi *human error* pada rekapitulasi penilaian multikriteria. Penelitian terdahulu umumnya hanya berfokus pada mesin pembuat soal dan pencatatan skor tanpa mengintegrasikan tahap pra- dan pascapelaksanaan ujian. Penelitian ini bertujuan merancang, mengimplementasikan, dan mengevaluasi Sistem Informasi Layanan Pelaksanaan CAT (SILAP-CAT) yang mengintegrasikan manajemen logistik penyelenggaraan dengan otomasi perhitungan skor kelulusan. Sistem dikembangkan dengan metode *Waterfall* menggunakan *framework* Laravel berarsitektur *Model-View-Controller* (MVC) dan panel *back-office* Filament. Evaluasi dilakukan melalui pengujian fungsional *Black-Box Testing* dan pengujian akurasi logika bisnis menggunakan *Boundary Value Analysis* (BVA). Hasil pengujian pada tujuh modul utama menunjukkan keberhasilan fungsi sebesar 100%. Pengujian pada sembilan sampel nilai kritis Ujian Dinas Tingkat I, Tingkat II, dan UPKP

menunjukkan bahwa perhitungan otomatis konsisten dengan perhitungan manual (akurasi 100%), termasuk pada batas kelulusan 70,00. E-sertifikat ber-*Quick Response* (QR) *Code* dinamis mendukung validasi keaslian dokumen secara publik. SILAP-CAT berpotensi menjadi solusi tata kelola ujian kepegawaian yang lebih efisien dan andal dibandingkan pengolahan manual berbasis *spreadsheet*.

Koresponden:

Sulistyo Cahyo Gumilang
Program Studi Teknik Informatika / Sistem Informasi, Universitas Papua, Manokwari, Indonesia
Email: 202565130@student.unipa.ac.id

1. PENDAHULUAN

Pengembangan karier Aparatur Sipil Negara (ASN) dan pegawai pada instansi pemerintah maupun lembaga publik diatur melalui mekanisme kenaikan pangkat dan jenjang jabatan yang ketat. Salah satu instrumen evaluasi wajib yang harus ditempuh adalah Ujian Dinas, yang terdiri atas Ujian Dinas Tingkat I dan Tingkat II, serta Ujian Penyesuaian Kenaikan Pangkat (UPKP). Seiring dengan dorongan transformasi digital pada sektor publik, penyelenggaraan ujian tersebut secara bertahap beralih dari metode konvensional berbasis kertas (*paper-based test*) menuju *Computer Assisted Test* (CAT) guna meningkatkan transparansi dan efisiensi proses seleksi [1].

Meskipun modul ujian berbasis CAT telah banyak diterapkan pada tahap pelaksanaan soal, permasalahan mendasar justru lebih sering muncul pada tahap pra-pelaksanaan dan pasca-pelaksanaan. Pada tahap pra-pelaksanaan, pengelola kegiatan kerap menghadapi kendala dalam melakukan survei kelayakan prasarana lokasi, pembagian kapasitas ruangan, pemetaan sesi ujian yang berbenturan dengan hari libur, serta penyusunan penugasan pengawas dan koordinator lapangan. Pada tahap pasca-pelaksanaan, kendala kritis terletak pada rekapitulasi penilaian. Skema penilaian Ujian Dinas dan UPKP tidak sekadar mengambil nilai mentah hasil ujian CAT, melainkan melibatkan formula kombinasi multikriteria; sebagai contoh, Ujian Dinas Tingkat II dan UPKP menggabungkan nilai CAT terkonversi dengan bobot nilai wawancara, misalnya pada skema 60:40 atau 50:50.

Pengolahan data yang masih mengandalkan lembar kerja (*spreadsheet*) terpisah secara manual sangat rentan terhadap *human error*, seperti kesalahan penulisan nilai, kekeliruan penerapan rumus konversi skala, hingga keterlambatan penerbitan pengumuman kelulusan. Selain itu, pendaftaran dan pengesahan bukti kelulusan berupa sertifikat fisik rawan mengalami pemalsuan apabila tidak dilengkapi dengan mekanisme verifikasi digital yang tepercaya [2].

Beberapa penelitian terdahulu telah membahas pengembangan sistem ujian berbasis CAT. Kharisma dan Supriadi [1] merancang sistem ujian daring untuk evaluasi hasil belajar dengan penekanan pada mekanisme input soal dan otomatisasi penilaian objektif. Ramadhan dan Setiawan [3] mengembangkan otomatisasi rekapitulasi penilaian seleksi pegawai menggunakan *framework* Laravel, namun fokus penelitian tersebut hanya tertuju pada mesin pembuat soal (*exam engine*) dan pencatatan skor murni, tanpa mengintegrasikan alur persiapan logistik lokasi maupun manajemen sertifikasi pasca-ujian. Pratama *et al.* [2] membahas penggunaan *QR Code* sebagai pengaman keaslian sertifikat digital, tetapi belum diintegrasikan ke dalam satu kesatuan sistem penyelenggaraan ujian. Dengan demikian, terdapat celah penelitian (*research gap*) berupa belum tersedianya sistem informasi terpadu yang menjembatani seluruh tahapan penyelenggaraan ujian kepegawaian, mulai dari kesiapan logistik, penjadwalan, otomasi penilaian, hingga penerbitan sertifikat yang terverifikasi secara digital.

Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengimplementasikan Sistem Informasi Layanan Pelaksanaan CAT (SILAP-CAT) berbasis *framework* Laravel. Kontribusi utama penelitian ini adalah: (1) integrasi alur operasional penyelenggaraan ujian mulai dari survei lokasi, penugasan delegasi, dan penjadwalan sesi ke dalam satu platform; (2) otomasi kalkulasi pembobotan nilai kelulusan Ujian Dinas dan UPKP yang dieksekusi langsung pada lapisan model data sehingga meminimalkan intervensi manual; dan (3) penerbitan e-sertifikat ber-*QR Code* yang dapat diverifikasi secara publik. Keandalan sistem dievaluasi melalui pengujian fungsionalitas *Black-Box Testing* serta pengujian presisi algoritme penilaian menggunakan *Boundary Value Analysis* untuk memastikan tidak ada penyimpangan kalkulasi data pada titik batas kelulusan.

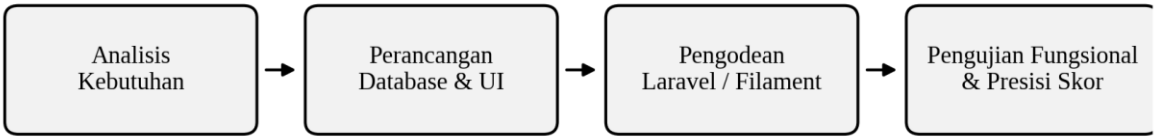
Struktur artikel ini disusun sebagai berikut. Bagian 2 menguraikan metode penelitian, mencakup alur pengembangan perangkat lunak, formulasi penilaian, dan metode pengujian. Bagian 3 memaparkan hasil implementasi sistem serta pembahasan hasil pengujian fungsional dan akurasi. Bagian 4 menyajikan kesimpulan dan arah pengembangan lanjutan.

2. METODE

2.1. Alur Pengembangan Perangkat Lunak

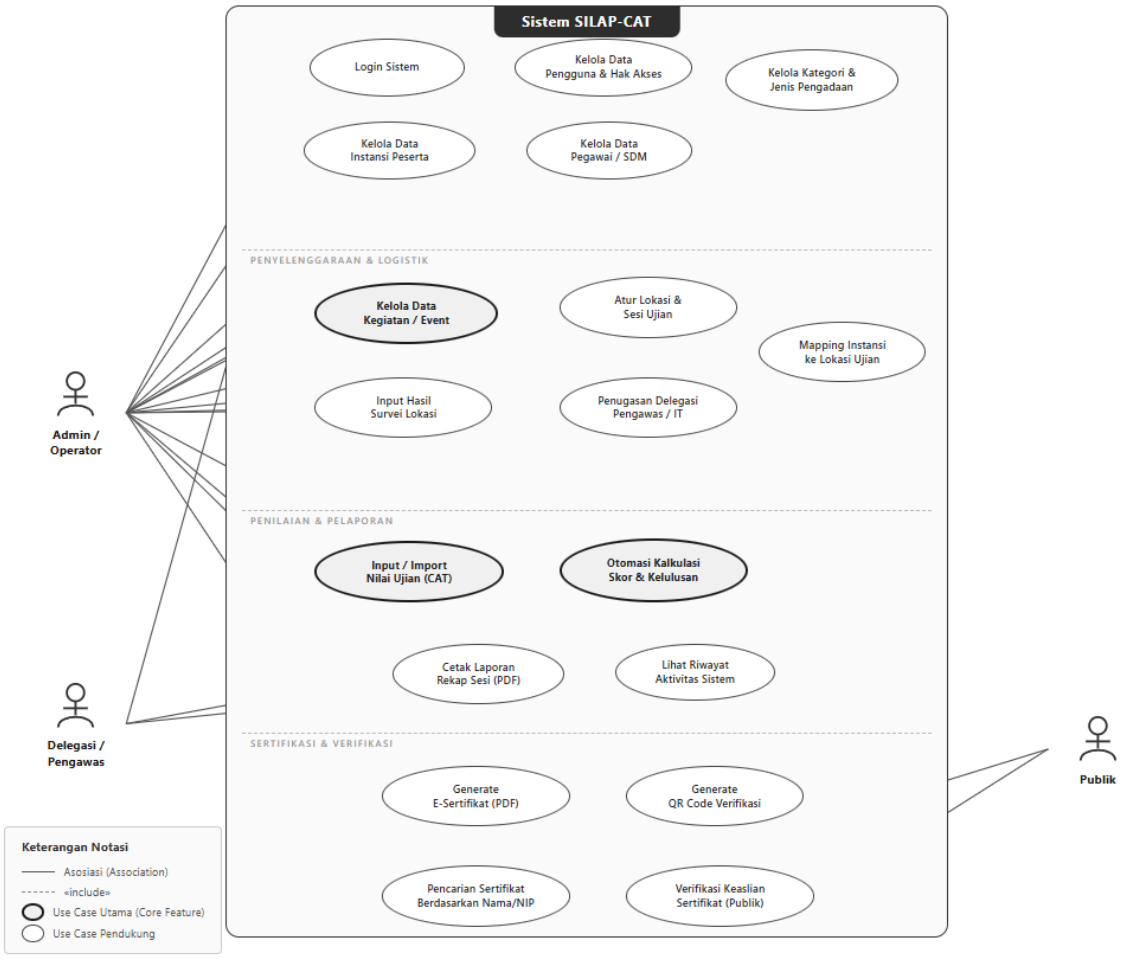
Penelitian ini menerapkan model pengembangan perangkat lunak *Waterfall* secara sistematis dan terstruktur karena kebutuhan sistem telah terdefinisi secara jelas sejak tahap awal, sehingga meminimalkan risiko perubahan lingkup pekerjaan. Tahapan penelitian, sebagaimana diringkas pada Gambar 1, meliputi:

1. **Analisis Kebutuhan (*Requirements Analysis*):** mengidentifikasi proses bisnis Ujian Dinas dan UPKP, mencakup aturan pembobotan skor, kebutuhan manajemen lokasi, serta kebutuhan pencatatan riwayat aktivitas pengguna.
2. **Perancangan Sistem (*System Design*):** memodelkan arsitektur basis data relasional, alur kerja *use case*, dan perancangan antarmuka menggunakan kerangka kerja Filament PHP pada *framework* Laravel.
3. **Implementasi (*Implementation*):** mengembangkan kode program menggunakan PHP 8.x, ORM Eloquent, dan *template engine* Blade untuk sintesis laporan PDF.
4. **Pengujian (*Testing*):** melakukan verifikasi teknis secara objektif tanpa melibatkan pengujian opini subjektif responden, yaitu melalui *Black-Box Testing* dan *Boundary Value Analysis*.

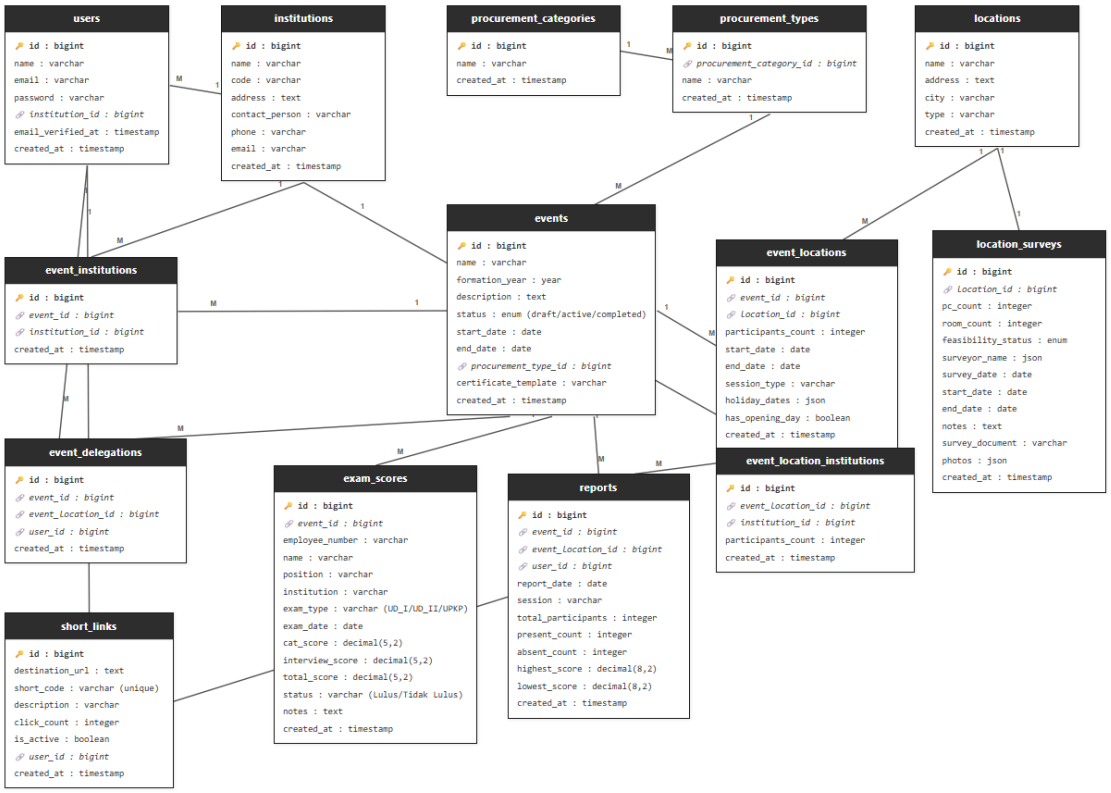


Gambar 1. Alur tahapan penelitian rekayasa SILAP-CAT

Hasil tahap perancangan sistem berupa *Use Case Diagram* dan *Entity Relationship Diagram* (ERD) masing-masing ditunjukkan pada Gambar 2 dan Gambar 3.



Gambar 2. *Use Case Diagram* SILAP-CAT



Gambar 3. *Entity Relationship Diagram* (ERD) SILAP-CAT

2.2. Aturan Bisnis dan Formulasi Penilaian

Sistem mengimplementasikan tiga aturan bisnis kalkulasi nilai kelulusan yang dieksekusi secara otomatis pada *saving event* model data ExamScore. Sebelum dikombinasikan dengan nilai wawancara ($S_{interview}$), nilai mentah CAT (S_{CAT}, skala 0–500) dikonversi terlebih dahulu ke skala 100 (S_{scaled}) sesuai Persamaan (1).

$$S_{\text{scaled}} = \frac{S_{\text{CAT}}}{5} \tag{1}$$

Selanjutnya, penentuan skor akhir (S_{total}) dan status kelulusan diatur berdasarkan jenis ujian, sebagaimana dirumuskan pada Persamaan (2) hingga Persamaan (4).

a. Ujian Dinas Tingkat I (UD-I)

$$S_{\text{total}} = S_{\text{scaled}} \tag{2}$$

b. Ujian Dinas Tingkat II (UD-II)

$$S_{\text{total}} = (S_{\text{scaled}} \times 0{,}6) + (S_{\text{interview}} \times 0{,}4) \tag{3}$$

c. Ujian Penyesuaian Kenaikan Pangkat (UPKP)

$$S_{\text{total}} = (S_{\text{scaled}} \times 0{,}5) + (S_{\text{interview}} \times 0{,}5) \tag{4}$$

Aturan pembulatan diterapkan hingga dua digit desimal. Peserta dinyatakan LULUS apabila $S_{total} \geq 70{,}00$, dan dinyatakan TIDAK LULUS apabila $S_{total} < 70{,}00$. Nilai batas 70,00 tersebut selanjutnya dijadikan titik uji kritis pada tahap pengujian akurasi (lihat Subbagian 2.3 dan Subbagian 3.3).

2.3. Metode Pengujian

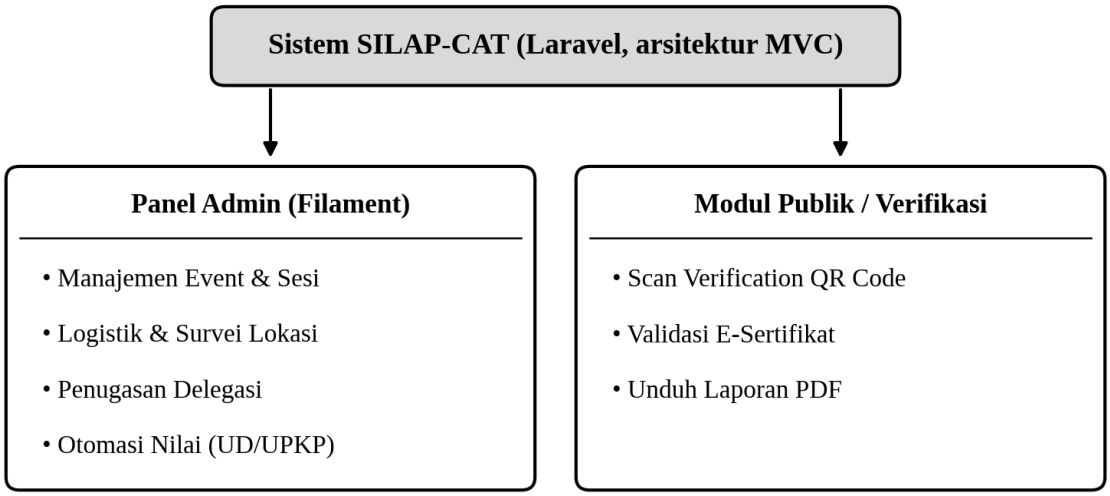
Pengujian keandalan dan kelayakan sistem dilakukan melalui dua metode utama, yaitu:

1. ***Black-Box Testing*:** menguji seluruh fungsi antarmuka dan modul utama berdasarkan spesifikasi *input-output* tanpa memeriksa struktur kode internal [4].
2. ***Boundary Value Analysis* (BVA):** menguji ketepatan logika kalkulasi nilai pada titik batas kritis, misalnya nilai total 69,99 dibandingkan 70,00, untuk memvalidasi presisi penentuan status kelulusan [5].

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Arsitektur dan Implementasi Sistem

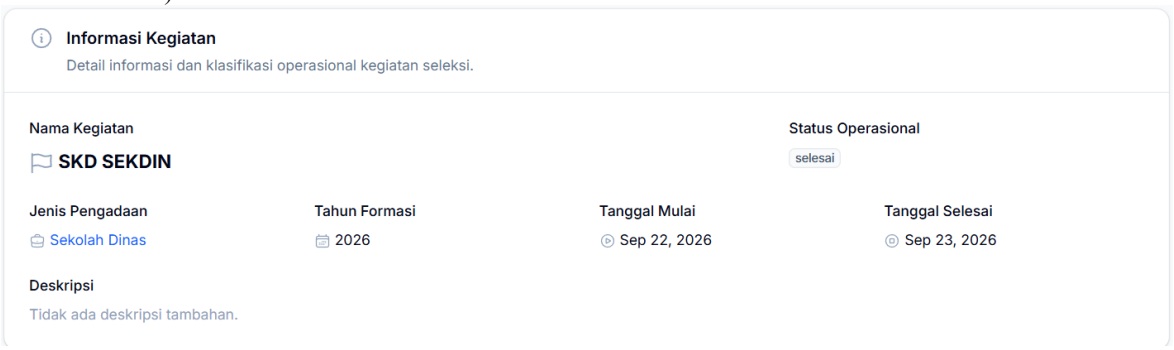
Sistem SILAP-CAT berhasil dikembangkan menggunakan arsitektur Laravel dengan pola *Model-View-Controller* (MVC). Sistem dibagi menjadi dua komponen utama, yaitu panel administratif (*back-office*) berbasis Filament untuk pengelola kegiatan, dan antarmuka publik untuk keperluan verifikasi dokumen, sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 4.



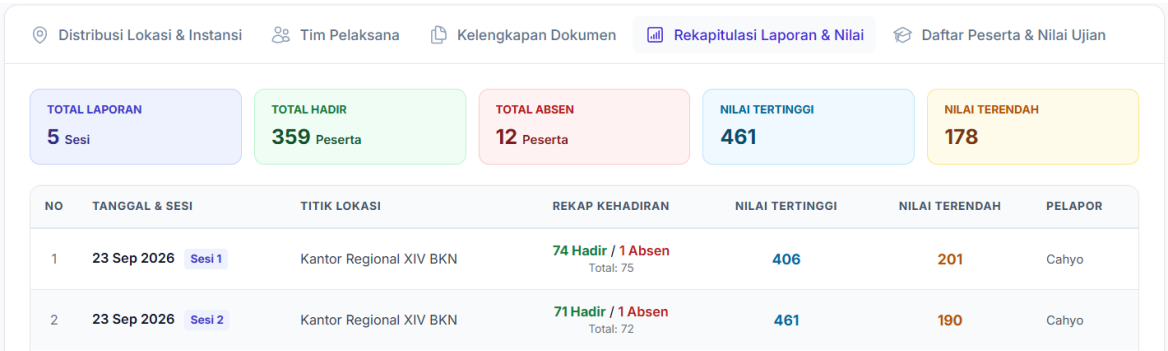
Gambar 4. Diagram blok arsitektur komponen SILAP-CAT

Beberapa fitur kunci yang diimplementasikan pada sistem meliputi:

1. **Manajemen Survei Kesiapan Lokasi:** mencatat rincian infrastruktur (komputer, jaringan, CCTV, dan kapasitas ruangan) untuk memastikan kelayakan lokasi sebelum ujian diselenggarakan (Gambar 5 dan Gambar 6).

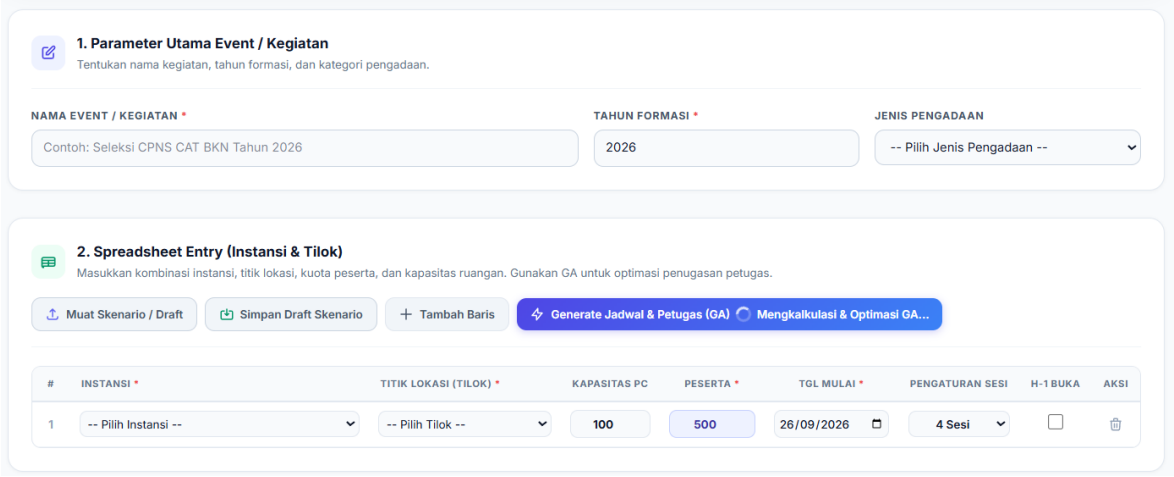


Gambar 5. Detail *event*

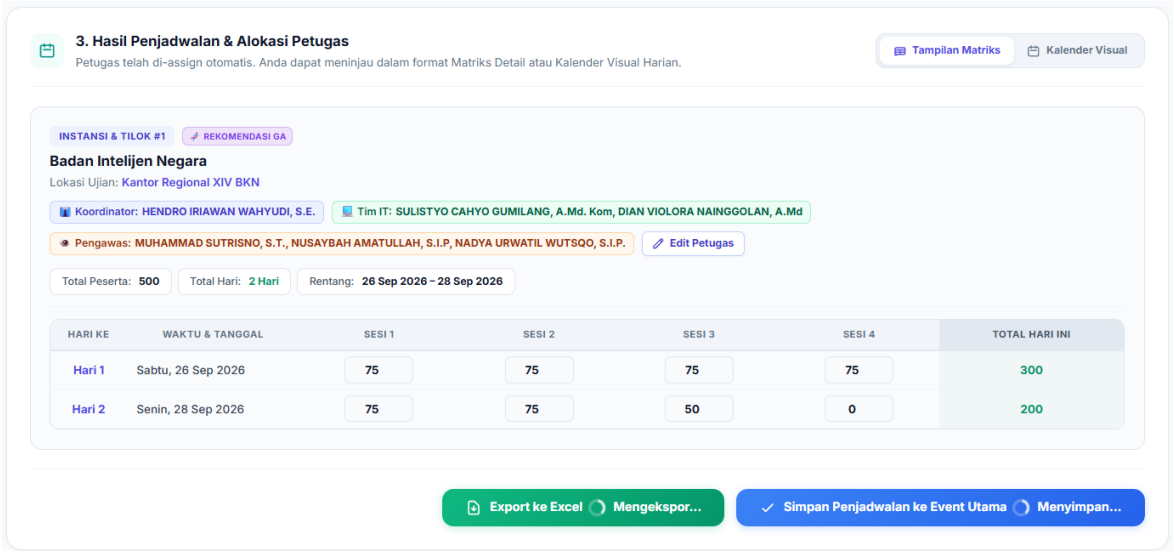


Gambar 6. Tampilan detail *event* pada kolom laporan

2. **Penjadwalan Sesi dan Penugasan Delegasi:** menyediakan fitur pengaturan *holiday dates* dan pemetaan sesi ujian guna mencegah penumpukan peserta, serta penyusunan penugasan pengawas (*event delegations*) (Gambar 7 dan Gambar 8).

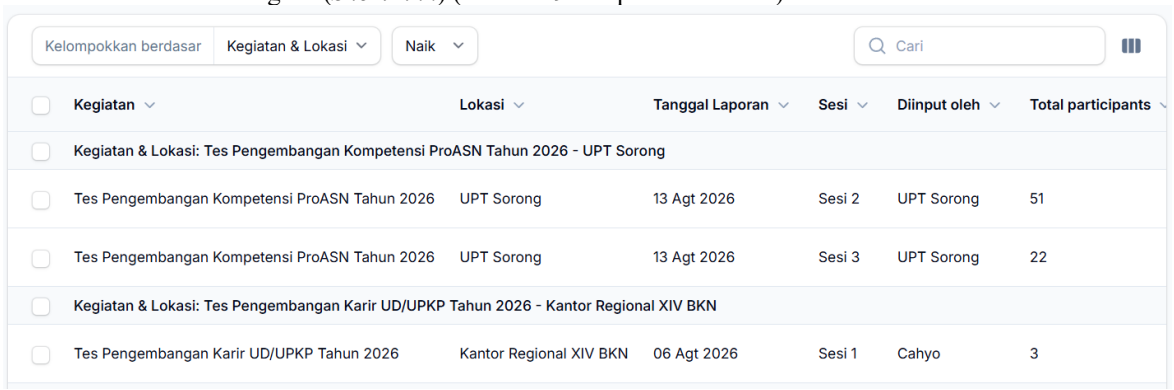


Gambar 7. Fitur penjadwalan sesi dan penugasan tim

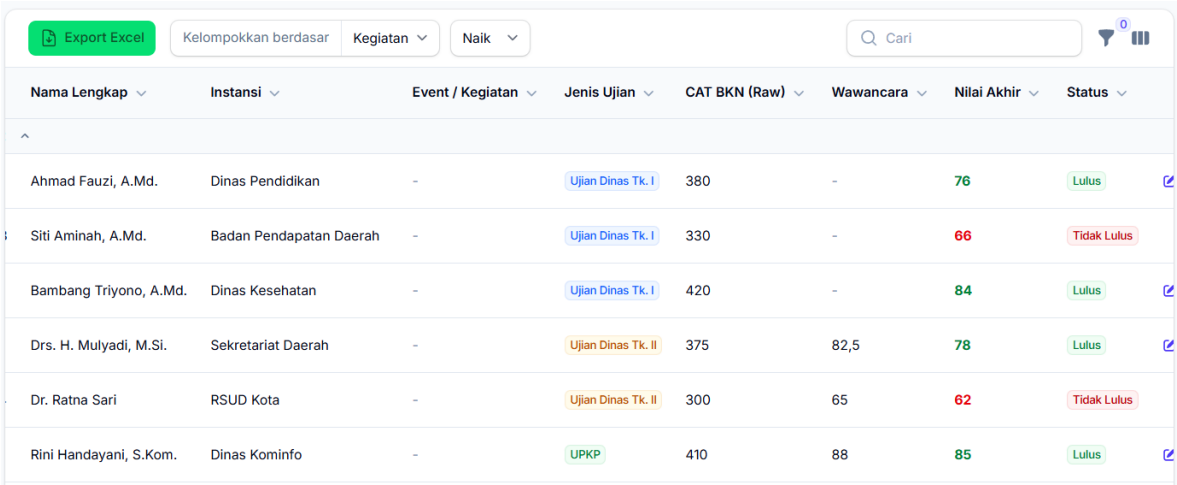


Gambar 8. Hasil *generate* sesi dan petugas

3. **Penerbitan E-Sertifikat dengan *QR Code*:** menghasilkan sertifikat kelulusan secara otomatis dalam format PDF A4 *landscape* yang memuat tanda tangan digital dan *QR Code* unik yang terhubung dengan tautan verifikasi ringkas (*ShortLink*) (Gambar 9 sampai Gambar 11).



Gambar 9. Fitur pelaporan harian pada tiap-tiap titik lokasi



Nama Lengkap	Instansi	Event / Kegiatan	Jenis Ujian	CAT BKN (Raw)	Wawancara	Nilai Akhir	Status
Ahmad Fauzi, A.Md.	Dinas Pendidikan	-	Ujian Dinas Tk. I	380	-	76	Lulus
Siti Aminah, A.Md.	Badan Pendapatan Daerah	-	Ujian Dinas Tk. I	330	-	66	Tidak Lulus
Bambang Triyono, A.Md.	Dinas Kesehatan	-	Ujian Dinas Tk. I	420	-	84	Lulus
Drs. H. Mulyadi, M.Si.	Sekretariat Daerah	-	Ujian Dinas Tk. II	375	82,5	78	Lulus
Dr. Ratna Sari	RSUD Kota	-	Ujian Dinas Tk. II	300	65	62	Tidak Lulus
Rini Handayani, S.Kom.	Dinas Kominfo	-	UPKP	410	88	85	Lulus

Gambar 10. Pengujian peserta pada Ujian Dinas Tingkat II



Gambar 11. *Draft* sertifikat untuk peserta yang telah mengikuti ujian

3.2. Hasil Pengujian Fungsional (*Black-Box Testing*)

Pengujian fungsionalitas dilakukan pada tujuh modul inti sistem. Setiap skenario diuji dengan memasukkan variasi data valid dan data tidak valid untuk mengamati respons sistem. Rekapitulasi hasil pengujian disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil pengujian fungsionalitas sistem (*Black-Box Testing*)

No	Modul / Fitur Uji	Skenario Input & Aksi	Hasil yang Diharapkan	Hasil Pengujian	Status
1	Manajemen Event	Menginput nama kegiatan, rentang tanggal, dan instansi penyelenggara.	Data tersimpan di basis data, status event aktif, dan relasi instansi terhubung.	Sesuai ekspektasi; data tersimpan dengan benar.	Pass
2	Survei Lokasi	Input kondisi fisik lokasi, ruangan, jaringan, dan kuantitas unit PC.	Sistem mencatat hasil survei dan menampilkan status kesiapan lokasi.	Status kesiapan lokasi berhasil diperbarui.	Pass
3	Penugasan Delegasi	Memetakan pengawas dan koordinator ke lokasi ujian tertentu.	Pengawas terdaftar pada lokasi event tanpa mengalami penugasan ganda.	Penugasan terikat pada ID event dan lokasi secara presisi.	Pass

No	Modul / Fitur Uji	Skenario Input & Aksi	Hasil yang Diharapkan	Hasil Pengujian	Status
4	Manajemen Sesi	Pengaturan hari libur dan jumlah sesi harian pada lokasi ujian.	Sesi ujian terkonfigurasi otomatis sesuai tanggal aktif.	Sesi terbagi tanpa bentrok jadwal libur.	Pass
5	Impor Data Nilai	Mengunggah berkas Excel nilai peserta ujian (CAT & wawancara).	Data terurai ke tabel exam_scores; baris salah masuk ke failed_import_rows.	Impor berhasil; data tidak valid diisolasi.	Pass
6	E-Sertifikat PDF	Mengunduh e-sertifikat peserta yang dinyatakan lulus.	Berkas PDF tercetak rapi dengan layout elegan beserta QR Code verifikasi.	Dokumen PDF berhasil digenerasi secara otomatis.	Pass
7	Verifikasi QR Code	Pemindaian QR Code sertifikat menggunakan pemindai kamera seluler.	Perangkat mengarahkan ke halaman verifikasi status kelulusan publik.	Tautan terbuka dan menampilkan data peserta yang sah.	Pass

Berdasarkan Tabel 1, seluruh fungsi pada tujuh modul utama berjalan dengan persentase keberhasilan 100%. Hal ini menunjukkan bahwa sistem bebas dari penyimpangan alur kerja (*logic workflow defect*) pada skenario pengujian yang telah didefinisikan.

3.3. Hasil Pengujian Akurasi Perhitungan Nilai

Pengujian akurasi dilakukan untuk memastikan bahwa logika pemrosesan otomatis pada model ExamScore menghitung nilai total dan memutuskan status kelulusan secara tepat tanpa margin kesalahan. Pengujian menggunakan teknik *Boundary Value Analysis* (BVA) pada titik batas nilai kelulusan (≥ 70,00), dengan hasil disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil pengujian presisi formula penilaian (*Boundary Value Analysis*)

Kode Sampel	Jenis Ujian	Nilai CAT	CAT Terskala (100)	Nilai Wawancara	Formula Kalkulasi Manual	Nilai Total Sistem	Status Kelulusan	Akurasi (%)
SMP-01	UD-I	420,00	84,00	-	84,00	84,00	LULUS	100
SMP-02	UD-I	345,00	69,00	-	69,00	69,00	TIDAK LULUS	100
SMP-03	UD-I	350,00	70,00	-	70,00	70,00	LULUS	100
SMP-04	UD-II	400,00	80,00	80,00	(80×0,6)+(80×0,4)=80,00	80,00	LULUS	100
SMP-05	UD-II	350,00	70,00	65,00	(70×0,6)+(65×0,4)=68,00	68,00	TIDAK LULUS	100
SMP-06	UD-II	375,00	75,00	62,50	(75×0,6)+(62,5×0,4)=70,00	70,00	LULUS	100
SMP-07	UPKP	380,00	76,00	80,00	(76×0,5)+(80×0,5)=78,00	78,00	LULUS	100
SMP-08	UPKP	300,00	60,00	70,00	(60×0,5)+(70×0,5)=65,00	65,00	TIDAK LULUS	100
SMP-09	UPKP	320,00	64,00	76,00	(64×0,5)+(76×0,5)=70,00	70,00	LULUS	100

Dari Tabel 2, terlihat bahwa hasil kalkulasi yang dilakukan secara otomatis oleh sistem SILAP-CAT identik 100% dengan perhitungan matematis manual pada seluruh variasi skenario UD-I, UD-II, dan UPKP. Pengujian pada sampel kritis SMP-03, SMP-06, dan SMP-09 membuktikan bahwa sistem secara presisi mampu mengenali batas nilai 70,00 sebagai syarat minimal kelulusan. Hal ini mengonfirmasi bahwa pengolahan nilai berbasis sistem mampu menghilangkan risiko kekeliruan rekapitulasi akibat kesalahan pengoperasian kalkulator atau rumus *spreadsheet* secara manual.

3.4. Pembahasan

Hasil pengujian fungsional dan pengujian akurasi menunjukkan bahwa SILAP-CAT mampu menjawab permasalahan yang diidentifikasi pada Bagian 1, yaitu kompleksitas tata kelola logistik dan risiko *human error* pada rekapitulasi nilai. Dibandingkan dengan penelitian Ramadhan dan Setiawan [3] yang berfokus pada otomasi rekapitulasi nilai tanpa mengelola aspek logistik, SILAP-CAT memperluas cakupan otomasi hingga ke tahap survei lokasi, penjadwalan sesi, dan penugasan delegasi, sehingga proses penyelenggaraan ujian dapat dikelola dalam satu platform terpadu. Penerapan mekanisme *QR Code* dinamis pada e-sertifikat juga sejalan dengan rekomendasi Pratama *et al.* [2] mengenai pentingnya verifikasi digital untuk mencegah pemalsuan dokumen kelulusan.

Meskipun demikian, penelitian ini memiliki sejumlah keterbatasan. Pertama, pengujian akurasi baru dilakukan pada sembilan sampel titik batas dan belum mencakup pengujian beban (*load testing*) pada skenario jumlah peserta berskala besar secara bersamaan. Kedua, evaluasi belum melibatkan pengujian

penerimaan pengguna (*user acceptance test*) dari sisi panitia dan peserta ujian secara langsung, sehingga aspek usabilitas antarmuka belum terukur secara kuantitatif. Keterbatasan ini membuka peluang bagi penelitian lanjutan untuk memperkaya evaluasi sistem secara lebih komprehensif.

4. KESIMPULAN

Penelitian ini telah berhasil merancang dan mengimplementasikan Sistem Informasi Layanan Pelaksanaan CAT (SILAP-CAT) berbasis *framework* Laravel. Sistem ini mampu mengintegrasikan alur operasional penyelenggaraan seleksi Ujian Dinas dan UPKP secara efisien, mulai dari survei lokasi, pemetaan sesi ujian, hingga penerbitan e-sertifikat yang aman dan terintegrasi dengan *QR Code*. Pengujian fungsionalitas menggunakan *Black-Box Testing* menunjukkan bahwa seluruh modul utama bekerja 100% sesuai dengan spesifikasi kebutuhan yang dirancang. Selain itu, pengujian akurasi menggunakan *Boundary Value Analysis* membuktikan bahwa formula pembobotan nilai otomatis pada sistem memiliki presisi sebesar 100%, sehingga efektif mengeliminasi potensi *human error* pada rekapitulasi nilai.

Pengembangan selanjutnya disarankan untuk menambahkan fitur *real-time monitoring dashboard* berbasis WebSocket agar panitia dapat memantau pergerakan nilai ujian yang sedang berlangsung secara lebih presisi, serta melengkapi evaluasi dengan pengujian beban dan pengujian penerimaan pengguna guna memperkuat validitas hasil penelitian secara menyeluruh.

REFERENSI

[1] A. Kharisma and D. Supriadi, “Perancangan sistem informasi ujian online berbasis web pada evaluasi hasil belajar,” *Jurnal Rekayasa Perangkat Lunak dan Aplikasi*, vol. 9, no. 2, pp. 115–124, 2021.

[2] R. A. Pratama, H. Kurniawan, and F. Rahmadani, “Penggunaan QR-Code sebagai pengaman keaslian sertifikat digital menggunakan algoritma hash,” *Jurnal Teknologi Informasi dan Komputer*, vol. 8, no. 1, pp. 45–53, 2023.

[3] M. F. Ramadhan and A. Setiawan, “Otomatisasi rekapitulasi penilaian penyeleksian pegawai menggunakan framework Laravel,” *Jurnal Algoritma dan Rekayasa Perangkat Lunak*, vol. 4, no. 3, pp. 88–96, 2022.

[4] R. S. Pressman and B. R. Maxim, *Software Engineering: A Practitioner’s Approach*, 9th ed. New York, NY, USA: McGraw-Hill Education, 2020.

[5] I. Sommerville, *Software Engineering*, 10th ed. Harlow, U.K.: Pearson, 2016.