

**ANALISIS STRATEGI BISNIS DAN KELAYAKAN
PENGEMBANGAN STARTUP QI-CBT BERBASIS SAAS
MENGUNAKAN PENDEKATAN LEAN STARTUP**

**Akmal Abdul Hasan Adrian¹, Rizqi Syahrul Mubarak²,
Fathan Mafazan Sulistia Natsir³, Naufaldi Alghiffari⁴, Taufik Rahmat Kurniawan⁵**
Universitas Muhammadiyah Bandung

E-mail: akmalabdulhasan@gmail.com¹, rizqisyahmub@gmail.com²,
fathanmafazan15@gmail.com³, naufaldialghiffari13@gmail.com⁴,
taurahkur@umbandung.ac.id⁵

***Corresponding Author: Taufik Rahmat Kurniawan⁵**

✉ taurahkur@umbandung.ac.id⁵

ABSTRAK

diasumsikan didorong oleh efisiensi biaya penyelenggaraan ujian kertas. Penelitian ini menganalisis strategi bisnis dan kelayakan pengembangan QI-CBT, platform CBT berbasis Software as a Service dengan arsitektur multi-tenant, menggunakan pendekatan Lean Startup. Metode yang digunakan bersifat mixed method: validasi pasar melalui kuesioner terhadap 26 responden guru dan siswa, dipadukan dengan analisis kelayakan finansial tiga tahun yang mencakup kebutuhan modal, biaya operasional, titik impas, dan tingkat pengembalian investasi. Hasil menunjukkan pergeseran motif adopsi: baik guru maupun siswa mempersepsikan integritas penilaian lebih kuat daripada efisiensi biaya, dan siswa justru menjadi pihak yang paling menuntut ujian bebas kecurangan agar nilai bersifat adil. Temuan ini mereposisi mekanisme anti-kecurangan dari alat pengawasan menjadi layanan bagi siswa, sekaligus mengoreksi premis awal produk yang bertumpu pada penghematan biaya. Analisis finansial memperlihatkan kelayakan yang bersyarat: titik impas kas baru tercapai pada bulan kedua puluh, dengan margin klien tipis dan laba yang bergantung pada kenaikan tarif yang belum tervalidasi. Penelitian merekomendasikan validasi elastisitas harga dan percepatan pendapatan berulang sebelum penskalaan dilakukan.

Kata Kunci: Computer-Based Testing, Software As A Service, Arsitektur Multi-Tenant, Lean Startup, Kelayakan Bisnis.

ABSTRACT

The adoption of Computer-Based Testing in Indonesian secondary schools is commonly assumed to be driven by the cost efficiency of replacing paper-based examinations. This study analyzes the business strategy and development feasibility of QI-CBT, a multi-tenant Software as a Service testing platform, using a Lean Startup approach. A mixed-method design was applied: market validation through a questionnaire administered to 26 teacher and student respondents, combined with a three-year financial feasibility analysis covering capital expenditure, operating cost, break-even point, and return on investment. The results reveal a shift in adoption motives: assessment integrity is perceived more strongly than cost efficiency, and students themselves emerge as the constituents who most demand cheat-free examinations so that grades remain fair. This finding repositions anti-cheating mechanisms from a surveillance tool into a service for students. The financial analysis indicates conditional feasibility: cash break-even is reached only in the twentieth month, with a thin client margin that depends on an unvalidated tariff increase. The study recommends validating price elasticity and accelerating recurring revenue before scaling.

Keyword : Computer-Based Testing, Software As A Service, Multi-Tenant Architecture, Lean Startup, Business Feasibility.

1. PENDAHULUAN

Transformasi digital pada sektor pendidikan Indonesia menuntut sekolah menengah untuk beralih dari ujian berbasis kertas (Paper-Based Test, PBT) ke ujian berbasis komputer (Computer-Based Test, CBT). Pergeseran ini didorong oleh tiga tekanan struktural yang saling terkait: tingginya beban logistik penyelenggaraan ujian kertas, keterbatasan waktu produktif guru akibat koreksi manual, serta tuntutan akuntabilitas data hasil belajar yang semakin ketat dari otoritas pendidikan yang menuntut jejak audit digital atas proses asesmen. Ketiga tekanan tersebut mendorong sekolah dan madrasah menengah untuk mengadopsi CBT sebagai alternatif yang lebih ringkas secara administratif (Kurniawan dkk., 2026; Ulum & Hidayat, 2024), Studi komparatif (Yuliyanto dkk., 2017) menegaskan bahwa CBT menawarkan efisiensi administrasi, kecepatan pemrosesan nilai, dan pengurangan biaya operasional yang signifikan dibandingkan PBT, sekaligus membuka peluang analitik butir soal yang tidak dapat dilakukan pada model konvensional.

Adopsi CBT di jenjang SMA/SMK Indonesia telah tumbuh dalam lima tahun terakhir. (Atanggae dkk., 2024) melaporkan efektivitas implementasi aplikasi CBT lokal di SMA Muhammadiyah Maumere sebagai alternatif ujian berbasis komputer di sekolah dengan sumber daya terbatas. Di sisi lain, migrasi ke platform daring memunculkan tantangan baru berupa academic dishonesty pada ujian online: (Tarigan dkk., 2021) memetakan berbagai teknik kecurangan seperti tab switching, penggunaan second screen, hingga kolaborasi lintas perangkat, dan menyimpulkan bahwa mekanisme lockdown pada sisi klien merupakan salah satu kontrol paling efektif untuk memitigasi risiko tersebut. Paralel dengan itu, pergeseran arsitektur aplikasi pendidikan menuju model Software as a Service (SaaS) berbasis cloud telah lama diargumentasikan sebagai jalur yang skalabel dan ekonomis untuk institusi pendidikan (Sabi dkk., 2016). Dari sisi metodologi pengembangan, pendekatan Lean Startup terbukti relevan bagi startup digital di Indonesia untuk memvalidasi hipotesis bisnis secara iteratif dengan sumber daya terbatas (Saragih, 2025), sementara Scrum digunakan sebagai kerangka eksekusi sprint-based pada pengembangan aplikasi berbasis web (Anthony & Birowo, 2026; Setiawan Supandji & Anwar, 2024).

Meskipun literatur di atas cukup kaya secara individual, terdapat tiga kesenjangan yang belum tertutup. Pertama, studi CBT di sekolah Indonesia seperti (Atanggae dkk., 2024) berfokus pada evaluasi efektivitas aplikasi single-tenant atau on-premise di satu sekolah, sehingga belum membahas bagaimana arsitektur multi-tenant dapat menekan biaya per sekolah sekaligus menjaga isolasi data antar-institusi. Kedua, literatur tentang integritas ujian online (Tarigan dkk., 2021) berhenti pada level tipologi kecurangan dan belum mengaitkan mekanisme lockdown dengan model bisnis SaaS yang berkelanjutan secara finansial. Ketiga, studi Lean Startup di konteks Indonesia (Saragih, 2025) umumnya berhenti pada tahap validasi hipotesis dan belum memadukannya dengan analisis kelayakan finansial kuantitatif BEP, ROI yang menjadi prasyarat keputusan investasi. Belum ditemukan studi yang secara integratif menganalisis strategi bisnis dan kelayakan pengembangan startup CBT berbasis SaaS multi-tenant menggunakan Lean Startup, khususnya pada sekolah menengah di Indonesia.

Penelitian ini berusaha menutup kesenjangan tersebut melalui studi kasus pengembangan startup QI-CBT platform CBT SaaS berbasis arsitektur multi-tenant dengan isolasi database-per-tenant, dilengkapi Exam Browser bawaan untuk mengunci perangkat siswa tanpa instalasi pihak ketiga, serta mendukung akses mobile-friendly sejak Fase 1. Kontribusi yang dijanjikan bersifat rangkap tiga. Secara konseptual, penelitian ini mengintegrasikan Business Model Canvas BMC, Lean Startup, Scrum, dan DevOps dalam satu kerangka analisis kelayakan startup teknologi pendidikan. Secara teknis, penelitian ini mendokumentasikan pilihan arsitektur modular monolith dengan database-per-tenant di atas Laravel 13 dan Laravel Reverb sebagai referensi implementasi CBT SaaS yang dapat direplikasi pada konteks sekolah Indonesia. Secara praktis, penelitian ini menyajikan analisis kelayakan finansial CapEx, OpEx, BEP, dan ROI yang dapat dijadikan acuan bagi pelaku startup pendidikan lain dalam merancang model bisnis SaaS berkelanjutan.

Berdasarkan uraian diatas, penelitian ini bertujuan untuk: (1) merumuskan model bisnis QI-CBT dalam kerangka Business Model Canvas dan Value Proposition yang tervalidasi terhadap kebutuhan pasar sekolah menengah di Bandung Raya; (2) menganalisis kelayakan finansial pengembangan startup QI-CBT melalui perhitungan CapEx, OpEx, Break-Even Point, dan Return on Investment; serta (3) mendokumentasikan strategi pengembangan produk berbasis Lean Startup yang diintegrasikan dengan Scrum dan DevOps sebagai kerangka eksekusi teknis. Ketiga tujuan tersebut diarahkan untuk menghasilkan bukti kelayakan strategis maupun operasional atas pengembangan platform CBT SaaS multi-tenant pada konteks pendidikan menengah Indonesia.

2. METODE

Penelitian ini merupakan studi kelayakan bisnis dengan pendekatan mixed method yang mengintegrasikan analisis kualitatif atas kebutuhan pengguna dan analisis kuantitatif atas kelayakan finansial startup QI-CBT. Kerangka pengembangan produk yang digunakan adalah Lean Startup sebagai payung metodologi validasi, Scrum sebagai kerangka manajemen sprint pengembangan, dan DevOps sebagai praktik operasional untuk continuous delivery (Saragih, 2025; Anthony & Birowo, 2025). Ketiganya bekerja berlapis: Lean Startup menentukan apa yang harus dibangun berdasarkan pembelajaran pasar, Scrum mengatur bagaimana pekerjaan dieksekusi dalam iterasi, dan DevOps memastikan hasil setiap iterasi dapat dirilis ke tenant secara aman dan cepat.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Model Bisnis (Business Model Canvas)

Model bisnis QI-CBT dipetakan menggunakan kerangka Business Model Canvas yang menguraikan logika penciptaan, penyampaian, dan penangkapan nilai ke dalam sembilan blok bangunan (Osterwalder & Pigneur, 2010). Hasil pemetaan disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Business Model Canvas QI-CBT Fase 1

Blok	Isi utama
Customer Segments	SMA/SMK negeri dan swasta berukuran ≥ 300 siswa; pengguna internal: Admin kurikulum, Guru, Proktor, Siswa
Value Propositions	Integritas ujian melekat pada platform; zero-kertas; dukungan BYOD; isolasi data per sekolah; no-ops; analisis butir soal otomatis
Channels	Penjualan langsung ke sekolah, jejaring MGMP, LinkedIn, SEO, Meta Ads, demo landing page
Customer Relationships	Demo gratis, onboarding terpandu, kanal dukungan WhatsApp, pembaruan fitur tanpa biaya tambahan
Revenue Streams	Biaya ujian per siswa (tarif berjenjang), onboarding fee, langganan add-on QI-LMS, overage charge
Key Resources	Platform CBT (Laravel/Octane), tim pendiri empat orang, VPS + Cloudflare, merek dan legalitas
Key Activities	Pengembangan produk, onboarding sekolah, pemantauan ujian, pemasaran, dukungan pelanggan

Key Partners	Sekolah pilot, komunitas MGMP, penyedia VPS, Cloudflare, Dinas Pendidikan, perguruan tinggi mitra
Cost Structure	Sumber daya manusia, infrastruktur cloud, pemasaran digital, legalitas dan kepatuhan

Sumber: diolah dari dokumen BMC QI-CBT.

Value Propositions memuat empat proposisi yang langsung menjawab pain point terdokumentasi pada tahap identifikasi masalah. Pertama, mekanisme integritas ujian melekat pada platform: deteksi perpindahan tab, hilangnya fokus jendela, serta penyalinan teks dijalankan tanpa instalasi perangkat lunak tambahan di sisi peserta. Kedua, isolasi data diwujudkan melalui arsitektur database-per-tenant. Ketiga, dukungan BYOD sejak Fase 1 melepaskan sekolah dari batas kapasitas laboratorium komputer. Keempat, analisis butir soal otomatis mengubah keluaran ujian dari sekadar angka nilai menjadi instrumen evaluasi pembelajaran.

Pada sisi Revenue Streams, model yang dipilih bukan langganan flat-rate murni melainkan hybrid pay-per-use untuk penyelenggaraan ujian (tarif berjenjang menurut ukuran sekolah) dikombinasikan dengan subscription modul akademik QI-LMS (Rp 4.500.000 per semester) yang diaktifkan mulai tahun kedua. Struktur ini menyelaraskan pembayaran dengan nilai yang diterima sekolah, namun berimplikasi pada pola kas yang sangat musiman implikasi tersebut dibahas pada Sub-bab 4.3 dan 4.5.3.

Model pendapatan ditetapkan sebagai hybrid pay-per-use sebagaimana dihitung pada laporan finansial; seluruh angka BEP dan ROI pada Sub-bab 4.3 diturunkan dari model ini. Penyebutan langganan flat per sekolah pada dokumen BMC diselaraskan mengikuti ketentuan ini, termasuk pada BAB 5 Rencana Bisnis, sehingga tidak ada lagi kontradiksi antar-dokumen.

Analisis Validasi Pasar

Profil Responden

Validasi pasar dilakukan melalui kuesioner daring terhadap dua populasi sasaran yang berbeda, yakni guru sebagai user sekaligus pemberi rekomendasi keputusan, dan siswa sebagai end-user. Total responden berjumlah 26 orang, guru 12 dan siswa 14. Setiap instrumen memuat 15 butir pernyataan dengan skala Likert lima titik (1 = Tidak Setuju hingga 5 = Sangat Setuju). Profil responden disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Profil responden validasi pasar (n = 26)

Karakteristik	Guru (n = 12)	Siswa (n = 14)
Jenjang SMA	0	8
Jenjang SMK	5	5
Jenjang SMP/MTs	5	1
Jenjang SD	2	0
Responden pada populasi sasaran (SMA/SMK)	5 (41,7%)	13 (92,9%)
Jumlah institusi asal	12	6

Sumber: olahan data kuesioner, 2026.

Uji reliabilitas internal instrumen menghasilkan koefisien Cronbach's alpha sebesar 0,910 (instrumen guru) dan 0,856 (instrumen siswa); keduanya melampaui ambang 0,70 yang lazim digunakan sebagai batas reliabilitas memadai (Taber, 2018).

Persepsi Guru

Butir-butir instrumen guru dikelompokkan ke dalam tiga dimensi: beban logistik dan anggaran ujian kertas (D1, butir 1–5), beban koreksi dan administrasi nilai (D2, butir 6–9), serta kesadaran keamanan dan niat adopsi (D3, butir 10–15). Ringkasan hasil disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Skor rerata dimensi persepsi guru (skala 1–5; n = 12)

Dimensi	Rerata	Simpangan baku	α
D1 Beban logistik & anggaran ujian kertas	3,72	0,82	0,800
D2 Beban koreksi & administrasi nilai	3,92	0,98	0,842
D3 Kesadaran keamanan & niat adopsi	4,19	0,64	0,918
Rerata keseluruhan	3,96	—	0,910

Sumber: olahan data kuesioner, 2026.

Pada tingkat butir, tiga pernyataan memperoleh persetujuan tertinggi. Kesulitan pengarsipan berkas ujian fisik memperoleh rerata 4,33 (92% responden setuju atau sangat setuju), sama tingginya dengan ketertarikan pada penilaian otomatis seketika setelah ujian berakhir (4,33; 92%). Kesiediaan beralih ke CBT apabila sistem mempermudah pembuatan bank soal dan pengacakan soal memperoleh rerata 4,25 (92%). Indeks niat adopsi gabungan (butir 13–15) mencapai 4,25.

Sebaliknya, dua butir memperoleh dukungan paling lemah: persepsi pemborosan anggaran logistik kertas (3,50; hanya 50% setuju) dan beban distribusi naskah soal (3,33; 50% setuju). Butir kesulitan analisis butir soal memperoleh rerata 3,75 dengan pola respons terbelah (10 responden setuju atau sangat setuju, 2 responden tidak setuju), yang mengindikasikan variasi praktik evaluasi antar sekolah.

Persepsi Siswa

Instrumen siswa dikelompokkan ke dalam tiga dimensi: beban pengalaman ujian kertas (D1, butir 1–5), kesadaran integritas dan keamanan (D2, butir 6–10), serta penerimaan terhadap CBT (D3, butir 11–15). Ringkasan disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Skor rerata dimensi persepsi siswa (skala 1–5; n = 14)

Dimensi	Rerata	Simpangan baku	α
D1 Beban pengalaman ujian kertas	3,37	0,72	0,725
D2 Kesadaran integritas & keamanan	4,06	0,70	0,822
D3 Penerimaan terhadap CBT	3,84	0,73	0,825
Rerata keseluruhan	3,76	—	0,856

Sumber: olahan data kuesioner, 2026.

Butir dengan persetujuan tertinggi adalah pentingnya sistem ujian yang aman dari kecurangan demi keadilan penilaian (4,36; 93% setuju), diikuti kesiediaan mempelajari aplikasi CBT baru (4,14; 79%) dan pengetahuan mengenai keberadaan aplikasi pengunci perangkat (4,14; 79%). Sebaliknya, keluhan terhadap perlengkapan ujian kertas justru memperoleh rerata terendah (2,57; hanya 14% setuju), demikian pula keluhan waktu pengisian lembar jawaban (3,14; 36%).

Ringkasan Pengujian Hipotesis Validasi

Tabel 5. Status hipotesis validasi pasar

Kode	Hipotesis	Indikator	Skor	Status
H1	Beban administratif ujian kertas dipersepsikan tinggi oleh guru	D2 guru	3,92	Terdukung sebagian
H2	Kekhawatiran integritas ujian merupakan pendorong utama adopsi	D2 siswa / D3 guru	4,06 / 4,19	Terdukung
H3	Beban ujian kertas dipersepsikan tinggi oleh siswa	D1 siswa	3,37	Tidak terdukung
H4	Terdapat niat adopsi CBT yang kuat pada guru	Butir 13–15 guru	4,25	Terdukung
H5	Sekolah bersedia membayar layanan CBT berbayar	—	—	Tidak diuji

Penelitian ini memiliki keterbatasan dalam pengujian elastisitas harga pasar. Instrumen validasi pada Fase 1 berfokus pada penerimaan fitur dan integritas ujian, sehingga kesediaan membayar (willingness-to-pay) sekolah belum terukur secara empiris. Akibatnya, asumsi tarif Rp 4.000 per siswa pada perhitungan Break-Even Point masih berstatus sebagai proyeksi internal. Validasi empiris terhadap daya beli sekolah dan alokasi dana BOS untuk infrastruktur CBT akan menjadi prioritas utama pada siklus pengembangan berikutnya.

Meskipun 7 dari 12 responden guru mengajar di jenjang dasar dan menengah pertama (di luar populasi sasaran utama QI-CBT), seluruh data tetap dipertahankan karena keluhan fundamental terhadap ujian kertas bersifat universal lintas jenjang. Namun, temuan menarik muncul saat dilakukan pembedahan data: skor rerata penerimaan CBT dari subsampel guru SMA/SMK mencapai 4,29, jauh melampaui skor guru non-sasaran yang berada di angka 3,72. Perbedaan signifikan ini secara empiris memvalidasi ketepatan keputusan bisnis pada blok Customer Segments (BMC), yang membuktikan bahwa urgensi dan kesiapan adopsi tertinggi memang berada pada jenjang SMA/SMK.

Analisis Kelayakan Finansial

Analisis kelayakan disusun dengan proyeksi tiga tahun (Tahun 1: Jul 2027–Jun 2028; Tahun 2: Jul 2028–Jun 2029; Tahun 3: Jul 2029–Jun 2030). Ringkasan konsolidasi disajikan pada Tabel 6.

Tabel 6. Konsolidasi proyeksi keuangan QI-CBT tiga tahun (rupiah)

Komponen	Tahun 1	Tahun 2	Tahun 3
Target klien aktif (kumulatif)	7	20	35
Total pendapatan	61.200.000	424.500.000	874.500.000
Pengeluaran modal (CapEx)	17.545.000	70.490.000	0
Biaya operasional (OpEx)	94.032.000	278.360.000	771.447.280
Laba/rugi bersih	(50.377.000)	75.650.000	103.052.720
Margin laba bersih	–82,3%	17,8%	11,8%

ROI tahunan (laba/total biaya)	—	21,7%	13,4%
Arus kas kumulatif	(50.377.000)	25.273.000	128.325.720

Struktur Biaya

Pada Tahun 1, total pengeluaran mencapai Rp 111.577.000, terdiri atas CapEx Rp 17.545.000 dan OpEx Rp 94.032.000. Komponen CapEx terbesar adalah dana taktis onboarding tiga sekolah pilot (Rp 10.000.000) dan lisensi surel korporat empat kursi (Rp 4.600.000); biaya legalitas pendirian PT Perorangan, NPWP, dan NIB tercatat nihil karena pendaftaran melalui OSS tidak berbayar, sedangkan pendaftaran merek dikenakan Rp 500.000.

Pada sisi OpEx, uang saku pendiri ($\text{Rp } 1.000.000 \times 4 \text{ orang} \times 12 \text{ bulan} = \text{Rp } 48.000.000$) menyerap 51,0% total OpEx. Sebaliknya, seluruh biaya infrastruktur teknis — VPS, object storage, dan pencadangan luar lokasi hanya berkontribusi 4,1% (Rp 3.822.000).

Beban gaji naik menjadi 53,9% OpEx pada Tahun 2 (Rp 150.000.000, termasuk satu perekrutan tech support) dan 64,4% pada Tahun 3 (Rp 496.907.280, dengan transisi ke skema UMK dan dua perekrutan tambahan).

Pola Arus Kas Dan Burn Rate

Proyeksi bulanan Tahun 1 memperlihatkan pola kas yang sangat musiman. Dari dua belas bulan, hanya empat bulan (Oktober, November, Maret, April) menghasilkan pendapatan ujian, mengikuti kalender PTS dan PAS. Delapan bulan sisanya bersaldo kas negatif sebesar rerata Rp 9.298.083 per bulan. Titik kas terendah terjadi pada Februari 2028 (kumulatif Rp -48.284.667), dan tahun ditutup dengan defisit Rp 50.377.000. Net burn rate rata-rata Tahun 1 adalah Rp 4.198.083 per bulan.

Gambar 2. Proyeksi kas kumulatif bulanan QI-CBT Tahun 1 (Jul 2027–Jun 2028)

1. PROYEKSI PENGALAMAN BULANAN TAHUN 1 (JUL 2027 - JUN 2028)									
tt	Sekolah MSB	Sesi Ujian	Pendapatan Ujian	Onboarding Fee	Total Bulanan	CapEx/bln	Amanisasi CapEx/bln	Net Kas Bulanan	Kas Kumulatif
Jul 2027	3	0	Rp0.00	Rp0.00	Rp0.00	Rp7.836.000.00	Rp4.462.083.33	-Rp9.298.083.33	-Rp9.298.083.33
Agp 2027	3	0	Rp0.00	Rp0.00	Rp0.00	Rp7.836.000.00	Rp4.462.083.33	-Rp9.298.083.33	-Rp18.596.166.67
Sep 2027	4	0	Rp0.00	Rp1.500.000.00	Rp1.500.000.00	Rp7.836.000.00	Rp4.462.083.33	-Rp7.798.083.33	-Rp26.394.250.00
Okp 2027	4	8	Rp9.600.000.00	Rp0.00	Rp9.600.000.00	Rp7.836.000.00	Rp4.462.083.33	Rp10.916.67	-Rp15.092.333.33
Nov 2027	5	10	Rp12.000.000.00	Rp1.500.000.00	Rp13.500.000.00	Rp7.836.000.00	Rp4.462.083.33	Rp4.201.916.67	-Rp10.890.416.67
Des 2027	5	0	Rp0.00	Rp0.00	Rp0.00	Rp7.836.000.00	Rp4.462.083.33	-Rp9.298.083.33	-Rp19.888.500.00
Jan 2028	6	0	Rp0.00	Rp1.500.000.00	Rp1.500.000.00	Rp7.836.000.00	Rp4.462.083.33	-Rp7.798.083.33	-Rp27.686.583.33
Feb 2028	6	0	Rp0.00	Rp0.00	Rp0.00	Rp7.836.000.00	Rp4.462.083.33	-Rp9.298.083.33	-Rp36.984.666.67
Mar 2028	7	14	Rp16.800.000.00	Rp1.500.000.00	Rp18.300.000.00	Rp7.836.000.00	Rp4.462.083.33	Rp9.001.916.67	-Rp27.982.750.00
Apr 2028	7	14	Rp16.800.000.00	Rp0.00	Rp16.800.000.00	Rp7.836.000.00	Rp4.462.083.33	Rp7.501.916.67	-Rp20.480.833.33
Mei 2028	7	0	Rp0.00	Rp0.00	Rp0.00	Rp7.836.000.00	Rp4.462.083.33	-Rp9.298.083.33	-Rp29.778.916.67
Jun 2028	7	0	Rp0.00	Rp0.00	Rp0.00	Rp7.836.000.00	Rp4.462.083.33	-Rp9.298.083.33	-Rp39.077.000.00
TOTAL	7	46	Rp55.200.000.00	Rp4.000.000.00	Rp59.200.000.00	Rp48.032.000.00	Rp17.545.000.00	-Rp50.377.000.00	-Rp50.377.000.00

Break-Even Point

BEP dinyatakan dalam dua satuan. Pertama, BEP unit yakni jumlah klien minimum agar pendapatan ujian tahunan menyamai total biaya tahunan. Kedua, BEP waktu yakni periode ketika arus kas kumulatif berubah dari negatif menjadi positif.

Tabel 7. Analisis Break-Even Point berbasis jumlah klien

Indikator	Tahun 1	Tahun 2	Tahun 3
Total biaya tahunan (Rp)	111.577.000	348.850.000	771.447.280
Pendapatan ujian per klien per tahun (Rp)	9.600.000	18.000.000	21.600.000
BEP minimum (jumlah klien)	11,62	19,38	35,72
Target klien aktif	7	20	35
Selisih (target – BEP)	-4,62	+0,62	-0,72

Sumber: perhitungan penulis atas data QICBT_Laporan_Finansial_3Tahun_v3.xlsx.

Pada Tahun 1, target 7 klien berada di bawah titik impas yang menuntut sekitar 12 klien. Pada Tahun 2, target 20 klien melampaui BEP secara tipis (+0,62 klien) dan laba bersih positif tercapai. Pada Tahun 3, target 35 klien nyaris berimpit dengan BEP unit (35,72), namun laba bersih tetap positif karena kontribusi tiga aliran pendapatan non-ujian (onboarding fee, QI-LMS, dan overage charge) yang tidak diperhitungkan dalam rumus BEP unit.

BEP waktu tercapai di dalam Tahun 2. Defisit kumulatif Rp 50.377.000 dari Tahun 1 tertutup oleh laba Tahun 2 sebesar Rp 75.650.000; dengan asumsi laba terdistribusi merata, titik impas kas terjadi sekitar bulan kedelapan Tahun 2, atau bulan ke-20 sejak operasi dimulai.

Return On Investment

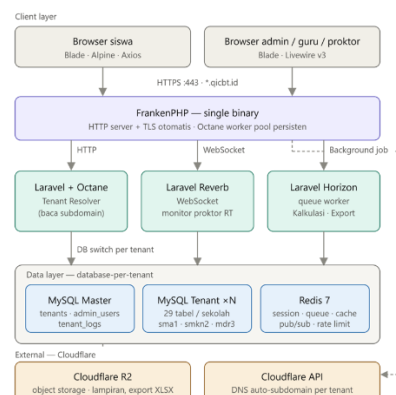
ROI tahunan dihitung sebagai rasio laba bersih terhadap total pengeluaran periode berjalan. Karena penyebutnya (total pengeluaran) selalu bernilai positif, ROI tetap terdefinisi meskipun laba bernilai negatif. Nilainya $-45,1\%$ pada Tahun 1, $21,7\%$ pada Tahun 2, dan $13,4\%$ pada Tahun 3. ROI Tahun 1 bertanda negatif karena startup masih mengalami defisit bukan tidak terdefinisi, sebab istilah tersebut hanya berlaku apabila penyebut bernilai nol.

Implementasi Teknologi

Arsitektur Sistem

QI-CBT diimplementasikan sebagai modular monolith di atas Laravel dengan runtime Octane/Franken PHP, MySQL 8 berskema database-per-tenant, dan Redis untuk caching serta manajemen token. Komunikasi real-time antara halaman ujian siswa dan dasbor proktor ditangani Laravel Reverb (WebSocket), sedangkan pekerjaan asinkron kalkulasi nilai dan ekspor rekap didelegasikan ke antrian yang dikelola Laravel Horizon. Penyimpanan berkas menggunakan Cloudflare R2, dan penyediaan subdomain per tenant diotomatisasi melalui Cloudflare DNS API. Pada Fase 1, seluruh tenant dilayani satu VPS aktif 24 jam dengan target kapasitas 700–1.000 pengguna concurrent.

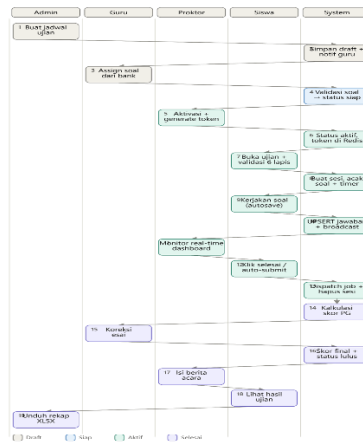
Gambar 3. Arsitektur sistem QI-CBT multi-tenant Fase 1



Alur Kerja Pengguna

Satu siklus ujian penuh melibatkan empat aktor dengan serah-terima tanggung jawab berurutan dan terdiri atas 19 langkah, dari pembuatan jadwal oleh Admin hingga pengunduhan rekap nilai. Transisi state entitas ujian mengikuti urutan draft (0) → siap (1) → aktif (2) → selesai (3).

Gambar 4. Diagram swimlane alur kerja QI-CBT dalam satu siklus ujian



Sumber gambar: kode Mermaid tersedia pada dokumen UserFlow; perlu dirender ke PNG/SVG sebelum finalisasi.

Mekanisme Unggulan

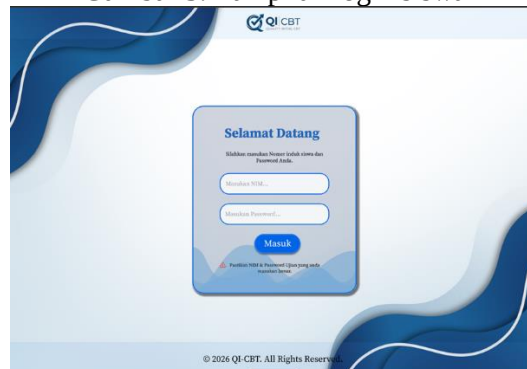
Validasi akses enam lapis. Sebelum halaman ujian terbuka, sistem menjalankan pemeriksaan berurutan: autentikasi, status ujian aktif, validitas rentang waktu, keterdaftar pada kelas/sesi, validitas token, dan status belum pernah mengerjakan. Kegagalan pada satu lapis segera mengembalikan pesan galat spesifik tanpa melanjutkan ke lapis berikutnya.

Deteksi pelanggaran berbasis peramban. Sistem memantau perpindahan tab (visibility change), hilangnya fokus jendela, serta penyalinan teks tanpa memerlukan perangkat lunak tambahan pada perangkat siswa. Setiap kejadian menambah penghitung nilai temp. pelanggaran dan disiarkan ke dasbor proktor melalui WebSocket. Apabila jumlah pelanggaran mencapai ujian. makes pelanggaran (nilai bawaan 3), sesi diblokir dan hanya dapat dibuka kembali oleh Proktor.

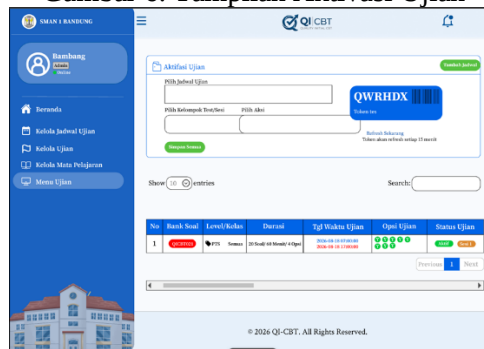
Penyimpanan jawaban real-time. Setiap perubahan jawaban dikirim melalui AJAX dengan debounce 300 ms dan disimpan melalui operasi UPSERT, sehingga tidak diperlukan tombol simpan manual. Penghitung waktu ujian bersumber dari waktu server, bukan jam peramban, untuk mencegah manipulasi di sisi klien.

Ketiga mekanisme di atas merupakan target perancangan, dan belum diverifikasi melalui pengujian beban pada lingkungan produksi.

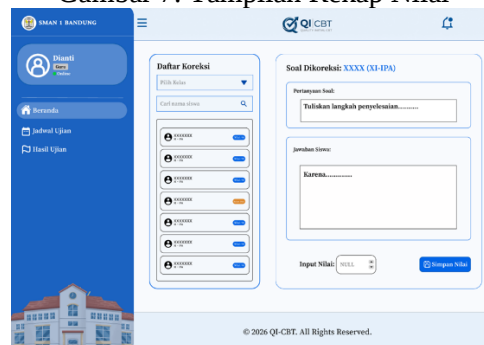
Gambar 5. Tampilan login siswa



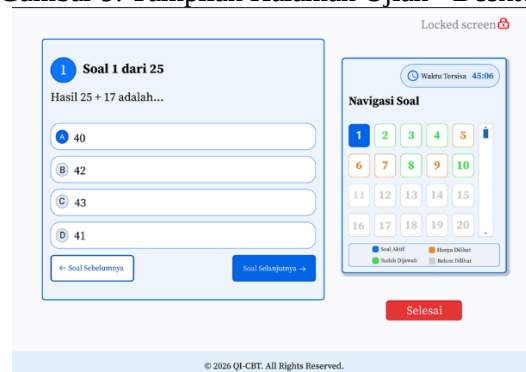
Gambar 6. Tampilan Aktivasi Ujian



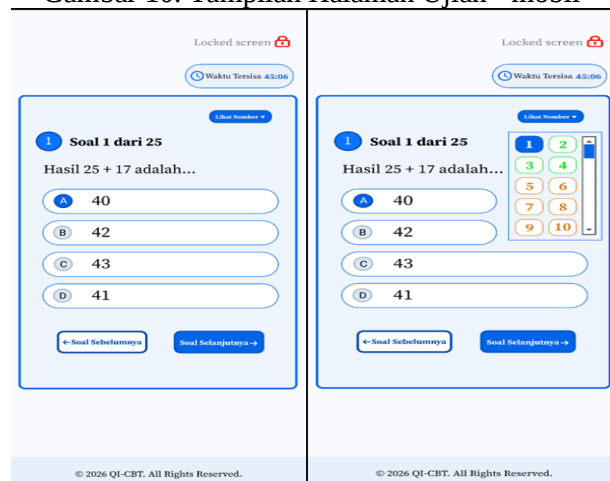
Gambar 7. Tampilan Rekap Nilai



Gambar 9. Tampilan Halaman Ujian - Desktop



Gambar 10. Tampilan Halaman Ujian - mobil



Pembahasan

Pergeseran Motif Adopsi: Dari Efisiensi Menuju Integritas

Temuan paling menonjol dari validasi pasar adalah asimetri antara motif yang diasumsikan dan motif yang terukur. Dokumen ideasi QI-CBT membangun proposisi nilai

utamanya di atas premis efisiensi: penghematan anggaran cetak dan pengurangan beban logistik ujian kertas. Namun pada data, justru dimensi inilah yang memperoleh dukungan paling lemah. Guru menilai pemborosan anggaran logistik hanya 3,50 dan beban distribusi naskah 3,33; siswa menilai beban perlengkapan ujian kertas 2,57 nilai di bawah titik netral.

Sebaliknya, dimensi integritas ujian memperoleh dukungan konsisten pada kedua populasi: 4,19 pada guru dan 4,06 pada siswa, dengan butir tunggal tertinggi pada siswa (4,36) menyatakan bahwa keamanan dari kecurangan penting agar nilai bersifat adil. Artinya, pendorong adopsi utama bukan penghematan biaya melainkan keadilan penilaian.

Temuan ini memperluas kajian literatur mengenai ketidakjujuran akademik pada ujian daring, yang mendokumentasikan beragam modus kecurangan dan kendali teknis penanggulangannya, namun umumnya membingkai integritas sebagai masalah institusional yang harus ditegakkan terhadap peserta (Tarigan dkk., 2021). Data QI-CBT menunjukkan gambaran berbeda: peserta ujian sendiri merupakan konstituen yang menuntut penegakan integritas, karena kecurangan merugikan siswa yang belajar jujur. Implikasi praktisnya, mekanisme anti-kecurangan dapat diposisikan sebagai fitur yang melayani siswa, bukan semata mengawasi siswa reposisi naratif yang relevan bagi strategi pemasaran maupun perancangan antarmuka. Temuan ini juga selaras dengan literatur penerimaan teknologi pendidikan yang menempatkan persepsi kemanfaatan sebagai penentu utama niat adopsi (Muhajir & Latifah, 2025) dengan membingkai mekanisme anti-kecurangan sebagai layanan yang menjamin keadilan nilai, persepsi kemanfaatan pada segmen siswa justru meningkat, bukan menurun sebagaimana lazim terjadi pada fitur yang semata mengawasi peserta.

Kontras yang lebih tajam muncul terhadap studi komparatif (Yuliyanto dkk., 2017), yang menempatkan efisiensi biaya dan kecepatan administrasi sebagai keunggulan utama ujian berbasis komputer atas ujian kertas. Data penelitian ini justru menempatkan dimensi efisiensi itu sebagai yang paling lemah dipersepsikan, baik oleh guru maupun siswa, sementara keadilan penilaian menjadi pendorong dominan. Perbedaan ini bukan sekadar variasi sampel: ia mengindikasikan pergeseran ekspektasi pengguna. Argumen adopsi CBT yang efektif satu dekade lalu penghematan biaya kertas dan logistik tampaknya tidak lagi memadai sebagai proposisi nilai pada sekolah menengah Indonesia masa kini, karena efisiensi telah menjadi ekspektasi dasar yang ditawarkan hampir semua platform. Yang kini membedakan sebuah platform adalah jaminan integritas. Dengan demikian, temuan ini memperbarui, bukan sekadar mengulang, kesimpulan (Yuliyanto dkk., 2017) nilai utama CBT telah bergeser dari efisiensi menuju keadilan.

Perlu dicatat pula bahwa dimensi beban administratif guru ($D2 = 3,92$) tetap terdukung, khususnya pada butir kelelahan mengoreksi manual (4,17; 92%) dan kesulitan pengarsipan (4,33; 92%). Dengan demikian, motif efisiensi tidak gugur, ia bergeser dari efisiensi biaya yang lemah ke efisiensi waktu guru yang kuat. Perbedaan ini penting karena keduanya menyorot pengambil keputusan yang berbeda, efisiensi biaya berbicara kepada bendahara sekolah, efisiensi waktu berbicara kepada guru dan wakil kepala sekolah bidang kurikulum.

Posisi Diferensiasi Terhadap Solusi Eksisting

Value Propositions merupakan blok yang paling menentukan diferensiasi QI-CBT, dan perbandingan fitur menempatkannya pada kuadran keamanan tinggi–kemudahan tinggi. Candy CBT/FlyExam memiliki exam browser bawaan namun menuntut sekolah mengelola server sendiri dan menyediakan teknisi pemeliharaan; kombinasi Google Forms dan Safe Exam Browser menawarkan biaya nol tetapi memindahkan kompleksitas konfigurasi ke perangkat siswa; platform gamifikasi unggul pada pengalaman pengguna namun tidak dirancang untuk ujian formal.

Studi efektivitas CANDY CBT pada tingkat SMA melaporkan hasil positif sekaligus ketergantungan pada infrastruktur lokal sekolah (Atanggae et al., 2024), pola yang juga tampak pada implementasi CBT lain di jenjang menengah (Boitshwarelo dkk., 2017). Pendekatan alternatif untuk menjaga integritas kerap menambah lapisan perangkat keras atau model tersendiri, misalnya deteksi gerakan kecurangan berbasis kamera dan Convolutional Neural Network (Atoum dkk., 2017), yang menuntut sumber daya komputasi dan pengawasan tambahan. Data kuesioner memberikan konteks atas keterbatasan tersebut: 79% siswa telah mengetahui keberadaan aplikasi pengunci perangkat dan 83% guru mengetahui fitur exam browser. Kesadaran teknologi bukan penghambat adopsi yang menjadi penghambat adalah beban operasional penerapannya.

Kontribusi QI-CBT karena itu tidak terletak pada penemuan fitur baru, melainkan pada rekombinasi: menempatkan mekanisme integritas ujian pada lapisan platform SaaS multi-tenant sehingga sekolah memperoleh keamanan tanpa memikul beban operasional server. Pendekatan ini sejalan dengan temuan bahwa model layanan berbasis cloud pada institusi pendidikan memindahkan beban administrasi infrastruktur dari institusi ke penyedia layanan (Qasem dkk., 2019b), sekaligus menempatkan integritas ujian sebagai kapabilitas bawaan platform alih-alih perangkat tambahan yang harus dikelola sekolah.

Interpretasi Hasil Kelayakan Finansial

Proyeksi menunjukkan kelayakan bersyarat. Startup mengalami defisit Rp 50.377.000 pada Tahun 1, mencapai laba bersih Rp 75.650.000 pada Tahun 2, dan Rp 103.052.720 pada Tahun 3, dengan titik impas kas pada bulan ke-20. Namun tiga karakteristik struktural perlu dicermati sebelum kelayakan tersebut dinyatakan kokoh.

Pertama, margin aman terhadap BEP unit sangat tipis. Pada Tahun 2, target 20 klien hanya melampaui BEP sebesar 0,62 klien; pada Tahun 3, target 35 klien justru berada 0,72 klien di bawah BEP unit dan laba positif diselamatkan oleh pendapatan non-ujian. Dengan kata lain, kegagalan mengakuisisi satu sekolah saja mengembalikan proyeksi ke posisi rugi. Ketahanan model terhadap shortfall akuisisi karena itu rendah, dan analisis sensitivitas belum dilakukan.

Kedua, laba Tahun 2 bergantung pada kenaikan tarif 50% (Tier 2 dari Rp 4.000 menjadi Rp 6.000 per siswa). Kenaikan ini merupakan asumsi internal yang belum di validasi instrumen kuesioner tidak memuat butir willingness-to-pay, sehingga elastisitas harga sekolah terhadap tarif per siswa sepenuhnya tidak diketahui. Apabila tarif dipertahankan pada Rp 4.000, pendapatan Stream 1 Tahun 2 turun dari Rp 360.000.000 menjadi Rp 240.000.000 dan laba bersih berbalik menjadi rugi.

Ketiga, model pay-per-use memiliki plafon pendapatan struktural dan pola kas yang sangat musiman. Sekolah menyelenggarakan ujian formal dalam jumlah terbatas per tahun; pada Tahun 1, delapan dari dua belas bulan bersaldo kas negatif karena tidak ada sesi ujian. Model ini kontras dengan langganan periodik yang menghasilkan pendapatan berulang terlepas dari intensitas pemakaian. Aktivasi QI-LMS sebagai recurring revenue merupakan koreksi arah yang tepat, tetapi kontribusinya masih terbatas (10,6% pendapatan Tahun 2; 10,3% Tahun 3), sementara Stream 1 tetap menyumbang 84,8% dan 86,4%. Konsentrasi pendapatan pada satu aliran yang musiman merupakan risiko likuiditas yang belum termitigasi.

Interpretasi struktur biaya memperkuat pembacaan kelayakan bersyarat ini. Dominasi kompensasi sumber daya manusia atas biaya infrastruktur uang saku pendiri menyerap 51,0% OpEx Tahun 1 sementara VPS, object storage, dan pencadangan hanya 4,1% mengkonfirmasi karakteristik unit economics SaaS yang ditentukan oleh biaya orang, bukan biaya server; pada horizon tiga tahun, komponen kompensasi tim tetap menjadi penentu utama struktur biaya dibanding infrastruktur teknis. Konsekuensinya, defisit Tahun 1

merupakan konsekuensi struktur dari basis biaya tetap yang harus ditanggung sebelum akuisisi klien matang, bukan penyimpangan operasional. Lintasan ROI memperlihatkan pola yang sama: penurunan ROI pada Tahun 3 terjadi meskipun laba absolut naik, karena basis biaya tumbuh lebih cepat (+121,1%) daripada laba (+36,2%) seiring transisi kompensasi tim ke skema UMK dan penambahan perekrutan. Ketiga karakteristik ini menegaskan bahwa profitabilitas model bergantung pada disiplin menahan pertumbuhan biaya tetap selama basis pelanggan belum kokoh.

Dalam kerangka Lean Startup, ketiga karakteristik tersebut merupakan hipotesis yang belum teruji dan seharusnya menjadi prioritas siklus build-measure-learn berikutnya, bukan asumsi yang dibawa ke tahap penskalaan (Saragih, 2025). Pengukuran elastisitas harga dan uji retensi klien pada tahun pertama memiliki nilai informasi yang jauh lebih tinggi daripada penambahan fitur baru.

Kesesuaian Antara Temuan Pasar Dan Model Pendapatan

Sintesis Sub-bab 4.5.1 dan 4.5.3 memunculkan satu ketidakselarasan yang layak menjadi rekomendasi utama artikel ini. Data menunjukkan bahwa nilai yang paling dipersepsikan sekolah bersifat kontinu keadilan penilaian sepanjang tahun ajaran dan pengurangan beban administratif guru sehari-hari sedangkan model pendapatan yang dirancang bersifat transaksional, terikat pada peristiwa ujian formal yang berlangsung empat kali setahun.

Ketidakselarasan ini menjelaskan mengapa proyeksi kas Tahun 1 negatif pada delapan bulan. Dua tuas penyelarasan dapat diidentifikasi. Pertama, memperluas basis sesi berbayar ke asesmen non-formal (ulangan harian daring, tryout, simulasi seleksi masuk perguruan tinggi) sehingga pemakaian menjadi bulanan, bukan semesteran asumsi ini sudah dianut pada Tahun dua (10 sesi per sekolah) tetapi belum diterapkan pada Tahun satu. Kedua, mempercepat aktivasi QI-LMS ke Tahun 1 agar basis pendapatan berulang terbentuk lebih awal dan porsi Stream 1 menurun.

Tuas Penyelarasan Model Pendapatan

Analisis kelayakan finansial QI-CBT tidak diperlakukan sebagai proyeksi titik tunggal, melainkan sebagai model parametris yang sensitif terhadap sejumlah asumsi kunci. Karena produk berada pada fase awal dan sebagian asumsi belum tervalidasi data operasional, penelitian ini mengidentifikasi tiga tuas penyelarasan (alignment levers) yang menghubungkan struktur pendapatan dengan struktur biaya. Ketiga tuas diuji melalui analisis skenario (what-if) untuk menentukan arah pengaruhnya secara kualitatif; besaran hasil simulasi tidak dilaporkan pada bagian ini karena belum didukung realisasi data, sejalan dengan prinsip kehati-hatian dalam mengklaim metrik kelayakan.

Tuas pertama, penyeragaman tarif, merepresentasikan keputusan menahan tarif ujian per siswa pada tingkat awal secara konsisten alih-alih menaikkannya bertahap. Tuas ini menegaskan trade-off antara keterjangkauan bagi sekolah sebagai instrumen penetrasi pasar dan margin per transaksi. Dalam kerangka Lean Startup, menahan tarif berfungsi sebagai mekanisme validasi kesiediaan membayar sebelum perusahaan berkomitmen pada struktur harga yang lebih tinggi.

Tuas kedua, percepatan aktivasi modul langganan (QI-LMS), menggeser komposisi pendapatan dari model pay-per-use yang mengikuti musim ujian menuju bauran yang memuat komponen recurring. Secara teoritis, diversifikasi aliran pendapatan yang lebih dini diproyeksikan mengurangi ketergantungan pada pola pendapatan musiman, dengan syarat tingkat adopsi add-on memadai — parameter yang pada penelitian ini diposisikan sebagai asumsi terbuka yang menunggu verifikasi.

Tuas ketiga, peningkatan intensitas pemakaian per klien, menaikkan frekuensi sesi ujian per sekolah tanpa menambah jumlah klien. Tuas ini menyoroti dimensi utilisasi:

kelayakan dipengaruhi bukan semata oleh laju akuisisi klien, melainkan juga oleh kedalaman pemakaian tiap klien. Pendekatan ini konsisten dengan karakteristik arsitektur multi-tenant yang memungkinkan penambahan volume pemakaian dengan biaya marjinal yang relatif rendah.

Ketiga tuas bersifat komplementer karena bekerja pada dimensi berbeda (harga, komposisi pendapatan, dan intensitas pemakaian) dan dapat dikombinasikan. Penelitian ini secara sengaja menahan interpretasi kuantitatif atas dampak tuas terhadap titik impas maupun pengembalian investasi hingga data operasional dari sekolah pilot tersedia. Kontribusi bagian ini terletak pada penyediaan kerangka penyelarasan yang dapat direplikasi dan disimulasikan ulang, bukan pada penetapan angka kelayakan yang final.

Refleksi Adaptasi Scrum Pada Tim Satu-Developer

Metode pengembangan QI-CBT menjalankan Scrum dengan struktur peran yang tidak lazim: satu-satunya developer aktif merangkap sekaligus Scrum Master, sedangkan peran product owner dipegang anggota non-teknis. Adaptasi ini perlu ditimbang terhadap studi Scrum di konteks Indonesia yang menjadi rujukan. (Anthony & Birowo, 2026) menjalankan Scrum pada pengembangan aplikasi frontend dengan sprint dua-mingguan dan memperoleh manfaat justru dari pemisahan peran yang jelas antar anggota tim, sementara (Setiawan Supandji & Anwar, 2024) menekankan peran manajemen backlog terstruktur dalam menjaga kelancaran proyek. Pada QI-CBT, kedua prasyarat itu menjadi titik rawan. Penggabungan peran developer dan Scrum Master menghilangkan mekanisme checks-and-balances yang biasanya menjaga cakupan sprint tetap realistis, sedangkan pasokan user story dari sisi operasional dan pasar berisiko menghasilkan backlog yang belum matang secara teknis. Ketergantungan pada satu developer juga menjadikan kecepatan pengembangan sebagai fungsi kapasitas satu orang risiko organisasi yang menuntut mitigasi berupa dokumentasi menyeluruh dan rencana suksesi teknis. Refleksi ini menunjukkan bahwa efektivitas Scrum yang dilaporkan pada tim kecil dengan peran terdiferensiasi tidak otomatis berlaku pada tim satu-developer; kerangka yang sama justru menuntut disiplin dokumentasi yang lebih tinggi.

Pertimbangan Trade-Off Arsitektur Multi-Tenant

Pemilihan skema database-per-tenant merupakan keputusan desain yang disengaja dan membawa trade-off yang perlu dijustifikasi. Skema ini memberikan isolasi data terkuat di antara varian multi-tenancy satu sekolah tidak dapat mengakses data sekolah lain bahkan pada tingkat basis data dengan konsekuensi overhead memori, migrasi skema, dan pencadangan yang tumbuh seiring bertambahnya tenant (Bezemer & Zaidman, 2010). Pengujian empiris pada beban setara bahkan menunjukkan arsitektur multi-database per tenant dapat mengonsumsi memori beberapa kali lipat lebih besar dibanding skema basis data tunggal akibat pemeliharaan banyak connection pool independen (Aulbach dkk., 2008), sehingga strategi basis data pada lingkungan SaaS harus disesuaikan dengan kebutuhan spesifik sistem dan bukan diperlakukan sebagai pilihan tunggal yang optimal (Fehling dkk., 2014). Pada konteks ujian sekolah, isolasi tersebut bukan sekadar preferensi teknis melainkan tuntutan reputasional: kebocoran soal atau nilai antar-sekolah akan merusak kepercayaan yang menjadi fondasi model berlangganan. Overhead yang menyertainya dimitigasi melalui otomatisasi provisioning berbasis Cloudflare API sehingga penambahan tenant tidak menuntut intervensi manual yang tidak terskala pada tim satu-developer. Dengan demikian, pilihan arsitektur ini merupakan trade-off sadar yang selaras dengan proposisi nilai integritas yang justru paling dihargai pasar.

Implikasi Teoretis

Di luar kasus QI-CBT, temuan penelitian ini menyumbang pada cara proposisi nilai produk teknologi pendidikan dimodelkan. Literatur adopsi CBT lazim membingkai

keunggulan produk pada sumbu efisiensi biaya, waktu, dan kecepatan pemrosesan. Data penelitian ini menunjukkan bahwa pada pasar yang telah melewati fase adopsi awal, sumbu efisiensi kehilangan daya pembeda karena hampir semua platform menawarkannya; yang membedakan adalah dimensi keadilan dan kepercayaan. Implikasinya, kerangka Business Model Canvas untuk produk edtech sebaiknya memperlakukan integritas bukan sebagai fitur teknis pada blok Key Activities, melainkan sebagai inti Value Proposition yang berorientasi pada pengguna akhir. Lebih jauh, temuan bahwa siswa merupakan konstituen yang menuntut integritas menantang asumsi principal-agent yang lazim pada desain sistem pengawasan ujian asumsi bahwa peserta selalu berkepentingan menghindari kontrol. Ini membuka arah penelitian tentang perancangan mekanisme anti-kecurangan yang berpusat pada kepentingan peserta, bukan semata pada kontrol institusi.

Keterbatasan Penelitian

Penelitian ini memiliki lima keterbatasan. Pertama, jumlah responden ($n = 26$) kecil dan pengambilan sampel tidak acak, sehingga temuan bersifat indikatif dan tidak dapat digeneralisasi ke populasi sekolah menengah nasional. Kedua, komposisi responden guru tidak sepenuhnya sesuai populasi sasaran: hanya 5 dari 12 responden berasal dari SMA/SMK, dan tidak ada responden guru SMA. Ketiga, instrumen tidak mengukur willingness-to-pay, sehingga seluruh asumsi tarif pada analisis finansial belum tervalidasi. Keempat, angka finansial merupakan proyeksi berbasis asumsi, bukan realisasi, dan analisis sensitivitas terhadap variasi tingkat adopsi maupun tarif belum dilakukan. Kelima, klaim performa sistem kapasitas 700–1.000 pengguna concurrent dan latensi penyimpanan jawaban di bawah 500 ms merupakan target perancangan yang belum diverifikasi melalui pengujian beban pada lingkungan produksi.

KESIMPULAN

Penelitian ini menganalisis strategi bisnis dan kelayakan pengembangan QI-CBT sebagai platform ujian berbasis komputer yang melayani banyak sekolah melalui satu sistem bersama. Temuan utamanya membalik premis awal produk. Pendorong sekolah menengah mengadopsi ujian berbasis komputer ternyata bukan penghematan biaya kertas dan logistik, melainkan jaminan keadilan penilaian. Yang lebih menarik, siswa pihak yang selama ini diposisikan sebagai objek pengawasan justru menjadi kelompok yang paling menuntut ujian bebas kecurangan, karena kecurangan merugikan mereka yang belajar dengan jujur.

Pergeseran motif ini melahirkan kebaruan konseptual penelitian: mekanisme anti-kecurangan tidak lagi tepat dipahami sebagai alat pengawasan terhadap siswa, melainkan sebagai layanan yang melindungi kepentingan siswa. Reposisi ini mengubah cara proposisi nilai produk teknologi pendidikan dirumuskan, dan berimplikasi langsung pada strategi pemasaran serta perancangan antarmuka: fitur pengunci ujian sebaiknya dikomunikasikan sebagai penjamin keadilan, bukan sekadar penghalang kecurangan.

Dari sisi finansial, pengembangan QI-CBT layak secara bersyarat, bukan kokoh. Startup masih mengalami defisit pada tahun pertama dan baru menutup akumulasi kerugiannya menjelang akhir tahun kedua. Ruang aman terhadap titik impas sangat tipis: kehilangan satu sekolah pelanggan saja sudah cukup mengembalikan proyeksi ke posisi rugi. Selain itu, laba tahun kedua bertumpu pada rencana kenaikan tarif yang belum diuji terhadap kesediaan sekolah membayar, sementara pendapatan masih terpusat pada penggunaan ujian yang bersifat musiman sehingga arus kas rentan pada bulan-bulan tanpa jadwal ujian. Kelayakan tersebut karena itu harus dibaca sebagai potensi yang masih menyimpan risiko, bukan kepastian, dan pada tahun pertama pengembalian atas modal yang ditanam masih bernilai negatif.

Berdasarkan temuan tersebut, prioritas berikutnya bukan penambahan fitur, melainkan pengujian dua asumsi yang paling menentukan: seberapa sensitif sekolah terhadap perubahan tarif, dan seberapa cepat sumber pendapatan berulang dapat dibentuk agar arus kas tidak bergantung pada musim ujian. Memperluas jangkauan pemakaian berbayar ke asesmen non-formal serta mengaktifkan layanan pembelajaran daring lebih awal dapat mengubah pola pendapatan dari musiman menjadi berkelanjutan. Memvalidasi elastisitas harga dan mempercepat pendapatan berulang sebelum memperluas skala akan menentukan apakah kelayakan bersyarat ini dapat berubah menjadi kelayakan yang benar-benar berkelanjutan. Penelitian lanjutan disarankan menguji langsung kesediaan membayar sekolah dan retensi pelanggan pada tahun pertama operasi.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada rekan-rekan yang telah memberikan bantuan dan dedikasi maksimal dalam penyusunan artikel ini. Apresiasi juga disampaikan kepada pihak sekolah, serta seluruh guru dan siswa yang telah bersedia meluangkan waktunya menjadi responden kuesioner validasi pasar. Selain itu, penulis juga berterima kasih kepada Program Studi Teknik Informatika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Muhammadiyah Bandung, atas segala fasilitas dan dukungan yang diberikan selama penelitian ini berlangsung.

DAFTAR PUSTAKA

- Anthony, F., & Birowo, S. (2026). Aplikasi Frontend untuk Meningkatkan Customer Experience dan Mendapatkan Data Customer Menggunakan Metode Scrum pada Studi Kasus Livera. *Jurnal Informatika dan Bisnis*, 14(2), 84–95. <https://doi.org/10.46806/jib.v14i2.1881>
- Atanggae, D. S., Angelaus Ete, A., & Dhema, M. (2024). Keefektifan Ujian Berbasis Komputer Menggunakan Aplikasi CANDY CBT di SMA Muhammadiyah Maumere. *JURNAL PTI (PENDIDIKAN DAN TEKNOLOGI INFORMASI) FAKULTAS KEGURUAN ILMU PENDIDIKAN UNIVERSITA PUTRA INDONESIA “YPTK” PADANG*, 50–55. <https://doi.org/10.35134/jpti.v11i2.219>
- Atoum, Y., Chen, L., Liu, A. X., Hsu, S. D. H., & Liu, X. (2017). Automated Online Exam Proctoring. *IEEE Transactions on Multimedia*, 19(7), 1609–1624. <https://doi.org/10.1109/TMM.2017.2656064>
- Aulbach, S., Grust, T., Jacobs, D., Kemper, A., & Rittinger, J. (2008). Multi-tenant databases for software as a service: Schema-mapping techniques. *Proceedings of the 2008 ACM SIGMOD International Conference on Management of Data*, 1195–1206. <https://doi.org/10.1145/1376616.1376736>
- Bezemer, C.-P., & Zaidman, A. (2010). Multi-tenant SaaS applications: Maintenance dream or nightmare? *Proceedings of the Joint ERCIM Workshop on Software Evolution (EVOL) and International Workshop on Principles of Software Evolution (IWPSE)*, 88–92. <https://doi.org/10.1145/1862372.1862393>
- Boitshwarelo, B., Reedy, A. K., & Billany, T. (2017). Envisioning the use of online tests in assessing twenty-first century learning: A literature review. *Research and Practice in Technology Enhanced Learning*, 12(1), 16. <https://doi.org/10.1186/s41039-017-0055-7>
- Bortolini, R. F., Nogueira Cortimiglia, M., Danilevicz, A. D. M. F., & Ghezzi, A. (2021). Lean Startup: A comprehensive historical review. *Management Decision*, 59(8), 1765–1783. <https://doi.org/10.1108/MD-07-2017-0663>
- Fehling, C., Leymann, F., Retter, R., Schupeck, W., & Arbitter, P. (2014). *Cloud Computing Patterns: Fundamentals to Design, Build, and Manage Cloud Applications*. Springer Vienna. <https://doi.org/10.1007/978-3-7091-1568-8>
- Ghezzi, A., & Cavallo, A. (2020). Agile Business Model Innovation in Digital Entrepreneurship: Lean Startup Approaches. *Journal of Business Research*, 110, 519–537. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2018.06.013>

- Kuikka, M., Kitola, M., & Laakso, M.-J. (2014). Challenges when introducing electronic exam. *Research in Learning Technology*, 22. <https://doi.org/10.3402/rlt.v22.22817>
- Kurniawan, E., Nazarwin, N., Kurniawan, M., Hasnur, J., Rizka, M., & Yogi, Y. (2026). Penerapan Aplikasi Extraordinary CBT pada Penilaian Akhir Semester di MAN 3 Padang Pariaman. *Jurnal Pengabdian Masyarakat (ABDIRA)*, 6(2), 421–430. <https://doi.org/10.31004/abdira.v6i2.1225>
- Maiden, N. (2012). Cherishing Ambiguity. *IEEE Software*, 29(6), 16–17. <https://doi.org/10.1109/MS.2012.152>
- Muhajir, A., & Latifah, N. (2025). ARSITEKTUR HYBRID CLOUD BERBASIS IAAS DAN PAAS UNTUK INTEGRASI TERPUSAT SISTEM PENDIDIKAN SEKOLAH MENENGAH. *Jurnal Media Akademik (JMA)*, 3(12). <https://doi.org/10.62281/krhcck67>
- Qasem, Y. A. M., Abdullah, R., Jusoh, Y. Y., Atan, R., & Asadi, S. (2019a). Cloud Computing Adoption in Higher Education Institutions: A Systematic Review. *IEEE Access*, 7, 63722–63744. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2019.2916234>
- Qasem, Y. A. M., Abdullah, R., Jusoh, Y. Y., Atan, R., & Asadi, S. (2019b). Cloud Computing Adoption in Higher Education Institutions: A Systematic Review. *IEEE Access*, 7, 63722–63744. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2019.2916234>
- Sabi, H. M., Uzoka, F.-M. E., Langmia, K., & Njeh, F. N. (2016). Conceptualizing a model for adoption of cloud computing in education. *International Journal of Information Management*, 36(2), 183–191. <https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2015.11.010>
- Saragih, F. M. (2025). Faktor Strategi dan Keberhasilan Startup menggunakan Metode Javelin Board dan Lean Start up. *jesya*, 8(1), 379–390. <https://doi.org/10.36778/jesya.v8i1.1926>
- Setiawan Supandji, A., & Anwar, T. (2024). IMPLEMENTASI METODE SCRUM PADA MANAJEMEN PROYEK PENGEMBANGAN THE DOWNSTREAM SUPPLY CHAIN: STUDI KASUS: CV. MARVELINDO UTAMA. *JATI (Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika)*, 8(4), 7453–7462. <https://doi.org/10.36040/jati.v8i4.10156>
- Srivastava, A., Bhardwaj, S., & Saraswat, S. (2017). SCRUM model for agile methodology. 2017 International Conference on Computing, Communication and Automation (ICCCA), 864–869. <https://doi.org/10.1109/CCAA.2017.8229928>
- Subashini, S., & Kavitha, V. (2011). A survey on security issues in service delivery models of cloud computing. *Journal of Network and Computer Applications*, 34(1), 1–11. <https://doi.org/10.1016/j.jnca.2010.07.006>
- Taber, K. S. (2018). The Use of Cronbach's Alpha When Developing and Reporting Research Instruments in Science Education. *Research in Science Education*, 48(6), 1273–1296. <https://doi.org/10.1007/s11165-016-9602-2>
- Tarigan, R. N., Nadlifatin, R., & Subriadi, A. P. (2021). Academic Dishonesty (Cheating) In Online Examination: A Literature Review. 2021 International Conference on Computer Science, Information Technology, and Electrical Engineering (ICOMITEE), 148–153. <https://doi.org/10.1109/ICOMITEE53461.2021.9650082>
- Terzis, V., & Economides, A. A. (2011). The acceptance and use of computer based assessment. *Computers & Education*, 56(4), 1032–1044. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2010.11.017>
- Ulum, M. N., & Hidayat, S. (2024). Rancang Bangun Computer Based Test (CBT) Berbasis Web. *Jurnal Indonesia: Manajemen Informatika dan Komunikasi*, 5(2), 1553–1566. <https://doi.org/10.35870/jimik.v5i2.706>
- Yuliyanto, H., Wahyuni, T., & Seputra, Y. E. (2017). UJIAN ON LINE DALAM E-LEARNING: PERBANDINGAN UJIAN ONLINE (COMPUTER BASED) TERHADAP UJIAN TRADISIONAL (PAPER BASED). *Jurnal Vokasi Indonesia*, 4(2). <https://doi.org/10.7454/jvi.v4i2.62>