Pangan
Vol. 35, No. 2, Agustus 2026
https://doi.org/10.33964/jp.v35i2.975



ARTIKEL

# Otomasi Pembayaran Rantai Pasok Beras Nasional melalui Smart Contract Berbasis Hyperledger Fabric: Bukti Rancang Bangun pada BUMN Pangan

## *Automating National Rice Supply Chain Payments through Hyperledger Fabric Smart Contracts: Design Science Evidence from a State-Owned Food Enterprise*

**Joko Pamungkas**, **Elfindah Princes**

Fakultas Sistem Informasi, Universitas Bina Nusantara, Jakarta, Indonesia

OPEN ACCESS

**KORESPONDENSI**
Joko Pamungkas
joko.pamungkas@binus.ac.id

Check for updates

**RIWAYAT ARTIKEL**
**Diterima:** 2 April 2026
**Direvisi:** 3 Mei 2026
**Disetujui:** 20 Agustus 2026
**Dipublikasikan:** 28 Agustus 2026

**HAK CIPTA**
© 2026 Penulis.
Artikel ini merupakan artikel akses terbuka yang didistribusikan di bawah lisensi CC BY-NC-SA 4.0.

**ABSTRAK**

**Latar belakang:** Pengadaan gabah dan beras pada Badan Usaha Milik Negara (BUMN) bidang pangan masih bertumpu pada verifikasi dokumen fisik yang berpindah antarlokasi kerja. Ketergantungan tersebut memperpanjang waktu tunggu pembayaran pemasok, mengaburkan status transaksi, dan menurunkan kepercayaan mitra pengadaan.

**Tujuan:** Penelitian ini merancang, membangun, dan mengevaluasi prototipe smart contract berbasis *permissioned blockchain* untuk mengotomatiskan verifikasi prasyarat dan penerbitan instruksi pembayaran pemasok pada rantai pasok beras di satu wilayah kerja BUMN Pangan, tanpa mengalihkan kewenangan persetujuan akhir maupun eksekusi transfer dana.

**Metode:** Penelitian menerapkan *Design Science Research* pada satu kasus di Jawa Timur. Identifikasi masalah dilakukan melalui wawancara semiterstruktur terhadap sepuluh pemangku kepentingan dan telaah dokumen prosedural, yang dianalisis secara tematik. Artefak dibangun dalam empat lapisan antarmuka Vue 3, REST API Golang, *chain code* Hyperledger Fabric, dan penyimpanan awan lalu dievaluasi melalui seratus kasus uji fungsional, 782 simulasi transaksi terhadap basis 7.826 *purchase order* historis, serta uji keberterimaan pengguna pada 80 responden.

**Hasil dan Pembahasan:** Analisis tematik menghasilkan lima persoalan pokok: fragmentasi proses, ketidakpastian waktu pembayaran, keterbatasan transparansi, inkonsistensi data, dan kebutuhan integrasi. Prototipe meloloskan seluruh kasus uji fungsional. Secara deskriptif, rata-rata waktu pemrosesan tagihan pada simulasi purwarupa 17 menit, lebih pendek 91,8% dibandingkan 3 jam 30 menit pada basis historis; kedua kondisi tidak berpasangan dan tidak dikendalikan sehingga selisih ini dibaca sebagai potensi efisiensi, bukan efek kausal. Uji keberterimaan menghasilkan rerata 4,66 dari 5, dengan skor tertinggi pada dimensi transparansi sistem.

**Kesimpulan:** Prototipe menunjukkan kelayakan awal otomasi verifikasi prasyarat dan penerbitan instruksi pembayaran tanpa meniadakan kewenangan persetujuan pejabat berwenang. Temuan berstatus bukti rancang bangun pada satu wilayah kerja, bukan bukti kesiapan implementasi skala nasional. Adopsi lebih luas bergantung pada kesiapan regulasi, kapabilitas teknis, dan kesediaan organisasi mengubah prosedur baku.

**KATA KUNCI**
*Blockchain*; BUMN Pangan; *Design Science Research*; Otomasi Verifikasi Pembayaran; Rantai Pasok Beras; *Smart Contract*.

***ABSTRACT***
***Background:*** *Rice and paddy procurement in state-owned food enterprises still depends on physical documents that must travel among work units. This dependence lengthens supplier payment cycles, obscures transaction status, and erodes trust among procurement partners.*
***Objectives:*** *This study designs, builds, and evaluates a permissioned blockchain smart contract prototype that automates payment-precondition verification and payment-instruction issuance for rice suppliers within a single regional unit of an Indonesian state-owned food enterprise, without transferring final approval authority or fund-transfer execution to the artefact.*
***Methods:*** *The study applies Design Science Research to a single case in East Java. Problem identification drew on semi-structured interviews with ten stakeholders and a review of procedural documents, analysed thematically. The artefact was built across four layers a Vue 3 interface, a Golang REST API, Hyperledger Fabric chain code, and cloud storage and evaluated through one hundred functional test cases, 782 transaction simulations benchmarked against 7,826 historical purchase orders, and user acceptance testing with 80 respondents.*
***Results and Discussion:*** *Thematic analysis surfaced five core problems: process fragmentation, payment uncertainty, limited transparency, data inconsistency, and integration needs. The prototype passed every functional test case. Descriptively, mean invoice processing time was seventeen minutes in the prototype simulations against three hours thirty minutes in the historical baseline, a 91.8% shorter duration; as the two conditions are unpaired and uncontrolled, this is reported as potential efficiency rather than a causal effect. User acceptance testing yielded a mean of 4.66 out of 5, scoring highest on system transparency*
***Conclusion:*** *The prototype demonstrates early feasibility for automating payment-precondition verification and payment-instruction issuance without removing the approval authority of designated officers. The findings constitute design evidence from one regional unit rather than evidence of national implementation readiness. Wider adoption depends on regulatory readiness, technical capability, and organisational willingness to revise standard procedures.*

***KEYWORDS***
*Blockchain; State-Owned Food Companies; Design Science Research; Automated Payment Verification; Rice Supply Chain; Smart Contracts.*

## 1. Pendahuluan

Ketahanan pangan nasional merupakan agenda strategis bagi Indonesia sebagai negara berpenduduk lebih dari 270 juta jiwa. Pencapaian agenda tersebut memerlukan kelembagaan pengelola yang terpadu, dan untuk keperluan itu BUMN Pangan ditugaskan menjaga ketersediaan serta stabilitas harga komoditas pangan pokok (Indriastuti dkk., 2024; Tono dkk., 2023; Widarso & Djamaluddin, 2024). Dalam menjalankan penugasan tersebut, BUMN Pangan mengelola infrastruktur pascapanen berupa lebih dari 1.647 unit gudang yang tersebar pada 132 wilayah kerja Kantor Cabang di bawah 26 Kantor Wilayah di seluruh Indonesia (Bantacut & Fadhil, 2018). Gudang tersebut menyimpan gabah dan beras yang menjadi stok cadangan pangan nasional, yang diperoleh melalui pengadaan sepanjang tahun (Rusono, 2019; Wijaya, 2024).

Pengelolaan kegiatan pengadaan gabah dan beras memerlukan pendekatan manajemen rantai pasok komoditas pangan. Sistem rantai pasok yang berjalan saat ini masih menghadapi sejumlah persoalan operasional (Purwandoko dkk., 2022; Wijaya, 2024). Data tahun 2025 menunjukkan bahwa target *purchase order* (PO) pengadaan beras belum tercapai sepenuhnya. Salah satu penyebabnya adalah keterlambatan proses pembayaran kepada pemasok. Proses pembayaran yang masih manual menjadi hambatan administratif, dan pemasok umumnya menunggu dua hingga empat hari sejak penyerahan komoditas hingga dana diterima. Rentang tersebut mengukur siklus menyeluruh, mencakup kegiatan fisik di gudang, administrasi penagihan, persetujuan pejabat, dan pemindahan dana melalui sistem perbankan. Rentang ini berbeda dari sub-proses sejak tagihan lengkap diajukan hingga instruksi pembayaran diterbitkan, yang menjadi objek otomasi dan pengukuran pada penelitian ini. Keterlambatan tersebut menimbulkan persoalan arus kas bagi petani dan pemasok sub-proses sejak tagihan lengkap diajukan hingga instruksi pembayaran diterbitkan, yang menjadi objek otomasi dan pengukuran pada penelitian ini. Keterlambatan ini menimbulkan persoalan arus kas bagi petani dan pemasok (Hamledari & Fischer, 2020), sekaligus menurunkan kepercayaan terhadap sistem pembayaran. Berkurangnya kepercayaan pada gilirannya menghambat kolaborasi yang ringkas dalam rantai pasok pangan (McLaughlin dkk., 2020).

Tantangan operasional tersebut diperkuat oleh terbatasnya visibilitas *real-time* terhadap status proses pengadaan beras di berbagai lokasi (Christopher, 2016; Luo dkk., 2018). Kantor Pusat BUMN Pangan tidak dapat memantau pengadaan beras pada 26 wilayah kerja secara serentak Wijaya (2024) karena bergantung pada laporan manual yang rata-rata tiba dua hingga tiga hari setelah kegiatan berlangsung. Data yang dilaporkan pun kerap tidak konsisten antara catatan lapangan, hasil verifikasi kualitas, dan pemantauan di Kantor Pusat. Inkonsistensi tersebut menimbulkan ketidakpastian dalam penetapan standar pembayaran Purwandoko dkk., (2022) sementara sistem yang berjalan belum memiliki mekanisme verifikasi kualitas beras secara otomatis. Solusi yang dibutuhkan adalah transformasi digital sistem pembayaran yang meningkatkan kecepatan, transparansi, dan kepercayaan antarpihak (Otsuka, 2021; Sachs dkk., 2019).

Penelitian mengenai *smart contract* dalam rantai pasok terus berkembang dengan fokus yang beragam. Hamledari & Fischer (2020) mengembangkan sistem otomasi pembayaran untuk sektor konstruksi dengan memadukan *blockchain* dan teknologi *real-time* capture. Hasil penelitian mereka menunjukkan waktu pemrosesan pembayaran berkurang dari 72 jam menjadi 1 jam, sedangkan akurasi verifikasi *milestone* meningkat dari 85% menjadi 100%. Metodologi tersebut relevan bagi rantai pasok pangan pada aspek verifikasi kualitas dan pembayaran. Perera dkk., (2021) mengevaluasi viabilitas *blockchain* pada berbagai aplikasi bisnis dan menemukan bahwa teknologi ini berpotensi mengotomasi proses bisnis yang kompleks, meskipun masih menghadapi tantangan skalabilitas, keamanan, dan adopsi organisasi. Penelitian mereka menekankan pentingnya validasi empiris sebelum

implementasi penuh sekaligus menyediakan kerangka evaluasi kelayakan teknologi bagi organisasi publik. Mendling dkk., (2018) menganalisis pemanfaatan *blockchain* untuk otomasi proses bisnis dan menunjukkan bahwa teknologi ini dapat mengotomasi alur kerja dengan transparansi penuh, tetapi menuntut perubahan yang tinggi dalam desain proses bisnis organisasi. Kerangka yang mereka usulkan relevan bagi perancangan sistem pembayaran rantai pasok pangan nasional (Wang dkk., 2021).

Ketiga penelitian tersebut menjadi fondasi penelitian ini: integrasi teknologi *real-time* dengan *blockchain* dari (Hamledari & Fischer, 2020), penekanan validasi empiris dan kerangka evaluasi kelayakan dari (Perera dkk., 2021), serta kerangka perancangan proses bisnis kompatibel *blockchain* dari (Marchesi dkk., 2022; Mendling dkk., 2018).

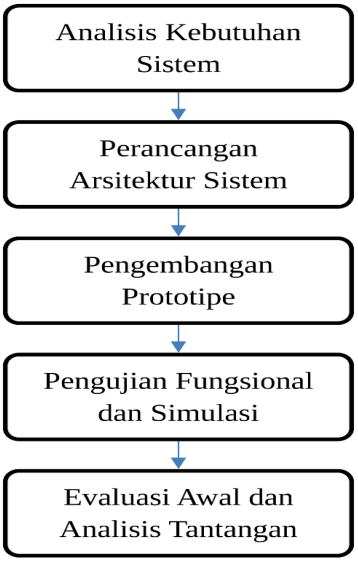
Meskipun demikian, masih terdapat celah penelitian yang signifikan dalam konteks rantai pasok pangan Indonesia (Liu dkk., 2024). Pertama, penelitian terdahulu terpusat pada sektor swasta atau perusahaan rintisan teknologi, sedangkan implementasi pada organisasi publik yang kompleks seperti BUMN Pangan masih jarang diteliti. Kedua, tantangan skalabilitas *blockchain* belum banyak dibahas, dan integrasi *cloud computing* dengan *blockchain* belum dieksplorasi secara mendalam, padahal integrasi tersebut menentukan skalabilitas dan aksesibilitas sistem. Ketiga, mayoritas penelitian bersifat konseptual atau simulatif, validasi empiris melalui prototipe yang diuji dengan pengguna nyata masih terbatas. Keempat, belum tersedia kajian yang lengkap dan terintegrasi mengenai tantangan implementasi pada organisasi publik, khususnya aspek organisasi, budaya, dan regulasi.

Berdasarkan celah tersebut, penelitian ini menjawab empat pertanyaan penelitian. (1) Tantangan apa saja yang menghambat proses pembayaran pada rantai pasok beras melalui BUMN Pangan? (2) Bagaimana arsitektur sistem yang memadukan *smart contract, cloud computing*, dan antarmuka pengguna dapat dirancang untuk menjawab tantangan tersebut? (3) Sejauh mana prototipe yang dibangun terbukti layak secara fungsional, dan seberapa besar perbedaan deskriptif waktu pemrosesan tagihan antara basis historis dan simulasi prototipe? (4) Bagaimana keberterimaan pengguna terhadap prototipe serta implikasi praktisnya bagi implementasi lanjutan?

## 2. Metode

### 2.1. Pendekatan dan Desain Penelitian

Penelitian ini menerapkan *Design Science Research* (DSR), yaitu paradigma penelitian yang menghasilkan dan mengevaluasi artefak untuk menyelesaikan persoalan organisasi yang teridentifikasi (Rathnayake dkk., 2022). Paradigma ini dipilih karena luaran penelitian berupa artefak perangkat lunak yang harus dinilai kelayakannya, bukan sekadar penjelasan atas suatu fenomena. Fase identifikasi masalah dilaksanakan melalui studi kasus tunggal yang bersifat kualitatif, karena studi kasus memungkinkan pemahaman mendalam atas fenomena dalam konteks nyatanya (Yin, 2017). Alur penelitian secara keseluruhan disajikan pada Gambar 1.




Gambar 1. Tahapan Penelitian

*Sumber: Hasil Penelitian. Data Diolah. 2026*

Evaluasi artefak dirancang dalam tiga lapis bukti yang berbeda status kognitifnya dan karena itu dilaporkan secara terpisah. Lapis pertama adalah pengujian fungsional, yaitu pemeriksaan kesesuaian keluaran artefak terhadap spesifikasi pada seratus kasus uji yang mencakup enam skenario, termasuk kasus batas dan kasus negatif. Lapis kedua adalah simulasi transaksi untuk mengukur waktu pemrosesan tagihan pada artefak. Lapis ketiga adalah uji keberterimaan pengguna, yang mengukur persepsi pengguna dan bukan kinerja objektif sistem.

Kerangka sampel simulasi adalah 7.826 PO pengadaan beras wilayah Jawa Timur tahun 2025. Dari kerangka tersebut ditarik 782 PO, atau 10% populasi, menggunakan *systematic random sampling* dengan interval k = 10 dan titik awal acak, distratifikasi menurut 13 Kantor Cabang sehingga proporsi sebaran cabang pada sampel setara dengan proporsinya pada populasi. Ukuran 10% ditetapkan atas dua pertimbangan, kecukupan untuk menstabilkan estimasi rata-rata waktu pemrosesan dan keterbatasan kapasitas lingkungan uji yang menjalankan setiap transaksi secara berurutan. Setiap PO terpilih diputar ulang (replayed) pada prototipe menggunakan atribut asli PO tersebut, yaitu nomor PO, identitas mitra, volume, dan parameter mutu.

Batas waktu yang dibandingkan didefinisikan identik pada kedua kondisi, yaitu sejak tagihan lengkap diajukan pemasok hingga instruksi pembayaran diterbitkan. Batas ini berbeda dari rentang dua hingga empat hari yang disebut pada bagian pendahuluan, yang mengukur siklus menyeluruh hingga dana diterima dan mencakup kegiatan fisik serta proses perbankan di luar kendali artefak. Perlu ditegaskan bahwa perbandingan ini bukan desain berpasangan (*paired design*) dan bukan eksperimen dengan kelompok kontrol. Kondisi historis merupakan populasi PO yang diproses secara manual dalam lingkungan operasional nyata, sedangkan kondisi prototipe merupakan pemutaran ulang sampel PO pada lingkungan uji tanpa antrean kerja, gangguan operasional, dan beban administratif. Selisih yang dilaporkan karena itu diperlakukan sebagai perbedaan deskriptif antarkondisi, bukan efek kausal artefak, dan tidak diuji signifikansinya karena asumsi kesetaraan unit analisis tidak terpenuhi.

## 2.2. Lokasi, Partisipan, dan Pengumpulan Data

Studi kasus dilaksanakan pada program pengadaan beras dari petani di BUMN Pangan Wilayah Jawa Timur sebagai salah satu sentra produksi beras nasional (Azzahara dkk., 2025; Wijaya, 2024). Pemilihan lokasi dan kegiatan didasarkan pada empat pertimbangan. Pertama, skala pengadaan beras melibatkan ribuan petani dalam transaksi setiap tahun. Kedua, proses pembelian berlangsung kontinu sepanjang musim panen sehingga memudahkan analisis dan pengambilan data (Da Silva dkk., 2025). Ketiga, dokumentasi inefisiensi proses pembayaran telah tersedia dan dapat digunakan sebagai dasar analisis perbaikan sistem. Keempat, program pengadaan beras merupakan salah satu proses kunci dalam mendukung ketahanan pangan nasional.

Partisipan dipilih secara *purposive sampling* dengan sasaran sepuluh pemangku kepentingan yang mewakili lima perspektif peran yang berbeda. Pemilihan sepuluh pemangku kepentingan sebagai informan tersebut dapat menjelaskan semua proses bisnis yang dibutuhkan sebagai data analisis pengembangan sistem. Profil partisipan disajikan pada Tabel 1. Seluruh partisipan diberi kode N1 hingga N10 untuk menjaga kerahasiaan identitas.

Tabel 1. Profil Partisipan Wawancara

| Kode | Peran | Rentang Pengalaman | Perspektif yang Diwakili |
|---|---|---|---|
| N1–N2 | Staf Kantor Pusat BUMN Pangan | 8–20 tahun | Kebijakan dan proses pengadaan beras nasional |
| N3–N4 | Staf Kantor Wilayah BUMN Pangan | 4–20 tahun | Pengelolaan operasional pengadaan tingkat regional |
| N5–N6 | Petani padi | 15–25 tahun | Kepentingan penerima pembayaran di hulu |
| N7–N8 | Pengelola penggilingan padi | 12–18 tahun | Pengolahan gabah dan penjualan beras ke pasar |
| N9–N10 | Distributor beras | 10–15 tahun | Dinamika pasar dan distribusi beras nasional |

*Sumber: Hasil Penelitian. Data Diolah. 2026.*

Pengumpulan data menggunakan dua metode kualitatif yang saling bertriangulasi. Metode pertama adalah wawancara semiterstruktur terhadap sepuluh partisipan terpilih. Wawancara dipandu pertanyaan terbuka yang mengeksplorasi empat area kunci: proses bisnis pembayaran yang berlaku saat ini, tantangan dan *bottleneck* dalam proses pembayaran, kebutuhan dan persyaratan sistem terdigitalisasi, serta persepsi awal terhadap teknologi *blockchain* dan *smart contract*. Setiap wawancara berlangsung 45 hingga 60 menit, direkam atas persetujuan partisipan, dan ditranskripsikan secara verbatim. Metode kedua adalah analisis dokumen yang melengkapi data wawancara dengan pemahaman objektif atas prosedur formal, alur informasi, dan persyaratan administratif. Dokumen yang ditelaah mencakup kontrak pengadaan standar, laporan progres, formulir klaim pembayaran, daftar periksa persetujuan, dan diagram alur kerja internal.

## 2.3. Analisis Data

Data kualitatif dari transkrip wawancara dan telaah dokumen dianalisis menggunakan analisis tematik dengan pendekatan enam fase yang diusulkan (Braun & Clarke, 2006). Metode ini dipilih karena keluwesan dan ketegasannya dalam mengidentifikasi pola dalam data. Analisis berlangsung melalui pengenalan dengan data, penyusunan kode awal, pengelompokan kode untuk membentuk tema, peninjauan dan penyempurnaan batasan

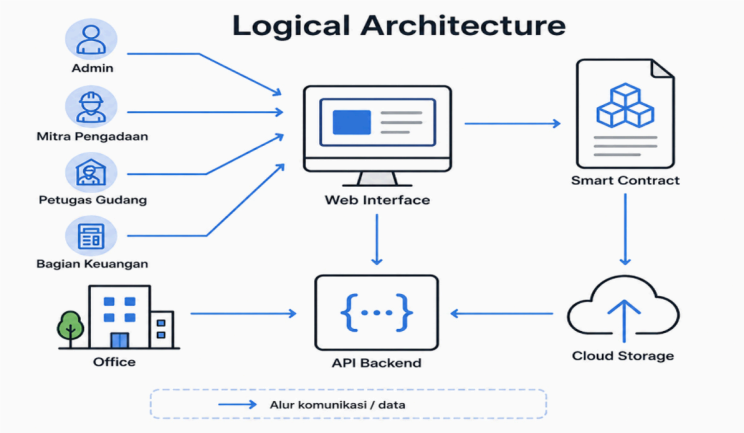
tema, pendefinisian dan penamaan tema, hingga penyusunan narasi yang disertai kutipan data relevan. Melalui proses tersebut teridentifikasi lima tema inti yang merangkum tantangan dan kebutuhan utama organisasi, fragmentasi proses dan ketergantungan dokumen fisik, keterlambatan dan ketidakpastian pembayaran, kurangnya transparansi dan visibilitas *real-time*, inkonsistensi data dan sengketa interpretasi, serta kebutuhan integrasi sistem dan otomasi (Puthenveettil & Sappati, 2024).

Untuk menjaga ketertelusuran proses pembentukan tema, pengodean dilakukan dua peneliti secara independen atas seluruh transkrip. Kedua pengode menyusun kerangka kode awal secara terpisah, lalu membandingkan seluruh kode baris demi baris. Sejalan dengan posisi analisis tematik reflektif yang memandang pengodean sebagai tindakan interpretatif dan bukan pengukuran, kesepakatan tidak dinyatakan sebagai koefisien statistik melainkan melalui prosedur konsensus penuh (Braun & Clarke, 2006): setiap perbedaan penamaan dan batas kode didiskusikan hingga kedua pengode menyepakati satu rumusan, dan kode yang tidak dapat disepakati digugurkan. Keabsahan tema diuji melalui tiga prosedur, yaitu triangulasi sumber dengan membandingkan pernyataan lintas peran hulu, operasional, dan pusat; triangulasi metode dengan mempertemukan temuan wawancara dan telaah dokumen prosedural; serta pengecekan anggota (*member checking*)

kepada empat partisipan yang mewakili peran berbeda. Tema hanya dipertahankan apabila muncul pada sekurang-kurangnya dua peran yang berbeda dan terkonfirmasi oleh dokumen prosedural.

### 2.4. Perancangan dan Pengembangan Artefak

Setelah analisis atas sistem yang berjalan, perancangan artefak dilanjutkan dalam empat tahap. Tahap pertama, pemodelan proses bisnis berjalan menggunakan *Business Process Model and Notation* (BPMN) yang menjadi dasar penyusunan alur proses perbaikan (Muttaqin & Utami, 2023). Tahap kedua, perancangan arsitektur sistem berlapis yang terdiri atas lapis antarmuka, aplikasi, *blockchain*, dan data (Famuji dkk., 2025). Tahap ketiga, pengembangan prototipe yang mencakup penulisan *chain code* dalam bahasa Golang dan antarmuka pengguna berbasis web (Prasetya & Suharjo, 2025). Tahap keempat, evaluasi untuk memastikan setiap fitur berfungsi sesuai desain melalui pengujian fungsional dan umpan balik pengguna (Hutabarat & Sudaryana, 2024). Logika arsitektur yang menjadi acuan perancangan disajikan pada Gambar 2.



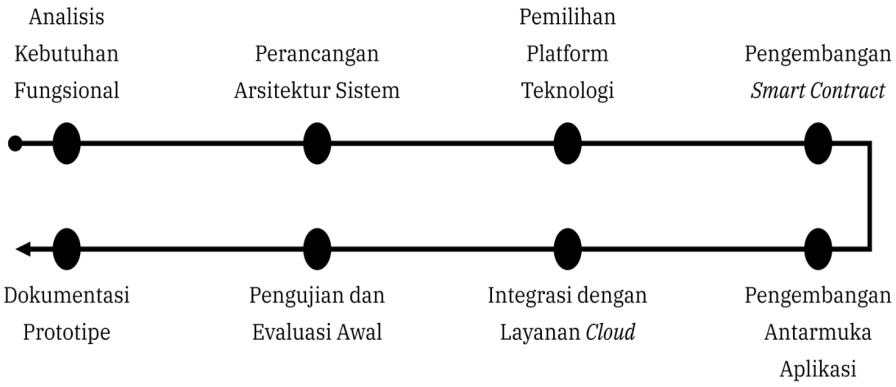

Gambar 2. Logika Arsitektur

*Sumber: (Alzhrani et al., 2023)*

Arsitektur sistem dirancang menggunakan pendekatan *multi-layer* untuk memastikan modularitas, skalabilitas, dan kemampuan integrasi. Arsitektur terdiri dari empat layer utama.

### 2.5. Pengembangan Prototipe *Smart contract*

Arsitektur sistem dirancang berlapis untuk menjamin modularitas, skalabilitas, dan kemampuan integrasi, dan terdiri atas empat lapis utama. *Presentation layer* menampilkan antarmuka yang responsif, mudah dipakai, dan menyesuaikan diri dengan peran pengguna. Lapis ini dibangun dengan Vue 3 sebagai kerangka kerja *JavaScript* berbasis komponen (Rodriguez dkk., 2025), *vite* sebagai *build tool*. *Bootstrap* untuk desain responsif, serta Axios untuk komunikasi HTTP asinkron antara front-end dan back-end (Moreschini dkk., 2024). *Application layer* mengolah logika bisnis dan menghubungkan antarmuka dengan *blockchain* serta basis data melalui *RESTful API*. Lapis ini memproses validasi, autentikasi, otorisasi, manajemen pengguna, dan proses bisnis sistem, sekaligus mengatur komunikasi dengan *smart contract* berdasarkan kondisi dan aturan bisnis yang ditetapkan (GarcŽs dkk., 2021; Hu dkk., 2021; Kotstein & Bogner, 2021; Tummers dkk., 2021). *Blockchain layer* menyediakan mekanisme pencatatan transaksi yang jelas, terverifikasi, dan tahan perubahan. *Smart contract* ditulis dalam Golang dan dijalankan sebagai *chain code* pada platform Hyperledger Fabric. *Platform permissioned* dipilih karena identitas seluruh pihak dalam rantai pasok pengadaan telah diketahui dan terdaftar, tidak memerlukan biaya transaksi, serta memungkinkan pengendalian kewenangan berbasis organisasi tiga karakteristik yang tidak dimiliki *platform permissionless*. Jaringan dibentuk sebagai satu kanal tunggal yang menaungi tiga organisasi anggota, yaitu unit pengadaan, unit penerimaan dan pengendalian mutu gudang, serta unit keuangan, dengan sepasang *peer* pada setiap organisasi. Identitas setiap aktor diterbitkan oleh *Certificate Authority Fabric* dalam bentuk sertifikat X.509 dan dikelola melalui *Membership Service Provider* masing-masing organisasi, sehingga kontrol akses berbasis peran ditegakkan pada lapis protokol dan bukan semata pada lapis aplikasi. Layanan pengurutan transaksi menggunakan protokol konsensus Raft. Kebijakan *endorsement* dirumuskan mengikuti pemisahan tugas yang telah berlaku pada prosedur baku organisasi: transaksi verifikasi mutu memerlukan *endorsement* unit gudang dan unit pengadaan, sedangkan transaksi penerbitan instruksi pembayaran memerlukan *endorsement* ketiga organisasi. REST API pada lapis aplikasi berkomunikasi dengan jaringan melalui pustaka *gateway Fabric*, yang mengajukan proposal transaksi kepada *peer pengendors* dan meneruskan transaksi tersertifikasi ke layanan pengurutan. Data layer menyimpan dan mengelola data pemasok, dokumen pengadaan, data transaksi, dan jejak audit. Infrastruktur *cloud storage* digunakan agar data tersedia, dapat diskalakan, dan diakses secara terdistribusi secara *real-time* (Du dkk., 2022), sementara data transaksi penting atau *hash* dokumen dicatat pada *blockchain* untuk menjaga integritas dan membantu proses audit (Ahmad dkk., 2022).




Gambar 3. Tahapan Pengembangan Prototipe

*Sumber: Hasil Penelitian. Data Diolah. 2026*

Pengembangan *smart contract* dilaksanakan melalui empat tahapan yang mengacu pada penelitian terdahulu (Huang dkk., 2019; Kemmoe dkk., 2020; Wang dkk., 2019), sebagaimana disajikan pada Gambar 3. Tahap pertama, pengodean aturan pembayaran berdasarkan hasil pemeriksaan kualitas beras, yang memuat kondisi pemicu pembayaran (Almakhour dkk., 2020; Tolmach dkk., 2021). Tahap kedua, pembangunan mekanisme validasi masukan sebelum pemrosesan pembayaran, meliputi validasi identitas pihak, parameter kualitas beras, dan saldo pembayaran (Chen dkk., 2022). Tahap ketiga, penambahan mekanisme penanganan kesalahan untuk menangani kegagalan transaksi dan data kualitas yang tidak valid agar transaksi beroperasi secara aman (Marijan & Lal, 2022). Tahap keempat, pengujian *smart contract* dengan beragam skenario untuk memastikan keamanan, fungsi, dan ketepatan pembayaran kepada pemasok.

### 2.6. Kriteria dan Prosedur Evaluasi

Tiga kriteria keberhasilan ditetapkan sebelum pengembangan sebagai kerangka penilaian kelayakan artefak (Almakhour dkk., 2020; Doan dkk., 2025; Tolmach dkk., 2021).

Kriteria pertama, prototipe harus menyimpan standar kualitas beras pada *blockchain*, memvalidasi penyelesaian pemeriksaan kualitas, dan meneruskan instruksi pembayaran kepada pemasok setelah verifikasi selesai (Elghaish dkk., 2022; Hamledari & Fischer, 2020). Pengujiannya mencakup seratus kasus uji fungsional pada enam skenario serta 782 simulasi transaksi sekitar sepersepuluh populasi 7.826 PO historis Wilayah Jawa Timur tahun 2025, dipilih sistematis dengan mempertahankan proporsi sebaran Kantor Cabang.

Kriteria kedua, platform harus mendukung akses seluruh pemangku kepentingan yang terdaftar sebagai pengguna petani, penggilingan, distributor, dan staf BUMN Pangan sehingga data dapat diakses dari beberapa lokasi dan menjadi lebih transparan (Doan dkk., 2022; Li dkk., 2023).

Kriteria ketiga, keberterimaan pengguna melalui *user acceptance test* (UAT) atas proses pembayaran, kemudahan akses, dan waktu pembayaran (Ahmadisheykhsarmast & Sonmez, 2020), dengan ambang minimal 75% respons positif. Instrumen disusun sebagai kuesioner tertutup berisi lima butir yang masing-masing mengoperasionalkan satu kriteria evaluasi, yaitu kemudahan penggunaan, kejelasan proses, kecepatan akses, transparansi sistem, dan potensi peningkatan efisiensi. Kelima butir tidak disusun baru, melainkan diadaptasi dari dimensi keberterimaan sistem pembayaran berbasis *smart contract* yang telah digunakan pada konteks kontrak konstruksi (Ahmadisheykhsarmast & Sonmez, 2020), dengan penyesuaian redaksi agar setiap butir merujuk pada purwarupa yang baru saja digunakan responden dan bukan pada teknologi secara umum. Validitas isi instrumen bersandar pada dua hal: penurunan langsung setiap butir dari tiga kriteria

keberhasilan yang telah ditetapkan sebelum pengembangan artefak, dan penelusuran setiap butir kepada dimensi keberterimaan pada rujukan adaptasi tersebut. Perlu dinyatakan secara terbuka bahwa karena setiap kriteria diukur oleh satu butir tunggal, koefisien konsistensi internal antarbutir tidak dapat dihitung, sehingga penelitian ini tidak melaporkan angka reliabilitas psikometrik dan tidak mengklaim instrumen telah tervalidasi secara psikometrik; keterbatasan ini dinyatakan pada bagian kesimpulan. Responden dipilih secara purposif berstrata dengan kriteria inklusi keterlibatan langsung pada sekurang-kurangnya satu tahap proses pembayaran selama musim pengadaan 2025 dan kesediaan mengikuti sesi demonstrasi purwarupa sebelum pengisian kuesioner. UAT melibatkan 80 responden dari empat kelompok peran, yaitu tim pengadaan Kantor Cabang, staf Kantor Wilayah dan staf Kantor Pusat sebagai pengguna internal organisasi, serta pemasok terdaftar sebagai pengguna eksternal, yang menilai lima kriteria pada skala Likert satu sampai lima. Respons positif dihitung sebagai proporsi responden yang memberi skor empat atau lima.

## 3. Hasil dan Pembahasan

### 3.1. Identifikasi Tantangan pada Sistem Pembayaran Berjalan

Proses pembayaran gabah dan beras dimulai ketika petani atau pemasok menawarkan komoditas kepada BUMN Pangan. Pemasok menyerahkan gabah atau beras setelah BUMN Pangan menerbitkan PO. Pemeriksaan kualitas dilaksanakan sebelum komoditas diterima oleh staf gudang (Sartika dkk., 2014), meliputi pemeriksaan jumlah dan mutu berdasarkan parameter kadar air, kadar hampa, derajat sosoh, butir patah, dan menir. Komoditas yang sesuai spesifikasi diterima dan disimpan, lalu staf gudang menerbitkan bukti penerimaan sebagai syarat administrasi penagihan yang harus dibawa pemasok ke Kantor Cabang atau Kantor Wilayah. Seluruh proses administrasi dari penawaran hingga penagihan, termasuk verifikasi dokumen sebelum pembayaran, masih berlangsung manual. Dokumen yang tidak lengkap dikembalikan untuk diperbaiki, sehingga proses berpotensi memanjang, dan pembayaran baru dilaksanakan setelah seluruh persyaratan dipenuhi.

Analisis tematik atas wawancara dan dokumen mengidentifikasi lima tantangan utama yang diakui secara konsisten oleh seluruh partisipan, sebagaimana disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Lima Tantangan Utama pada Sistem Pembayaran Berjalan

| No. | Tema Tantangan | Frekuensi | Tingkat Dampak (1-10) | Narasumber Utama |
|---|---|---|---|---|
| 1. | Fragmentasi Proses & Ketergantungan Dokumen Fisik | 8 | 8.5 | N1, N3, N7, N9 |
| 2. | Keterlambatan & Ketidakpastian Pembayaran | 10 | 9.2 | N2, N3, N10, N8 |
| 3. | Kurangnya Transparansi & Visibilitas *Real-time* | 7 | 8.0 | N2, N4, N10, N1 |
| 4. | Inkonsistensi Data | 6 | 7.8 | N3, N4, N6, N7 |
| 5. | Kebutuhan Integrasi Sistem & Otomasi | 10 | 9.5 | Semua narasumber |

*Sumber: Hasil Penelitian. Data Diolah. 2026.*

Tantangan pertama dan kedua, fragmentasi proses muncul karena penerbitan PO hingga pembayaran melibatkan banyak pihak pemasok, staf gudang, Kantor Cabang atau Wilayah, dan staf bagian pembayaran yang masing-masing menjalankan proses berbeda dan

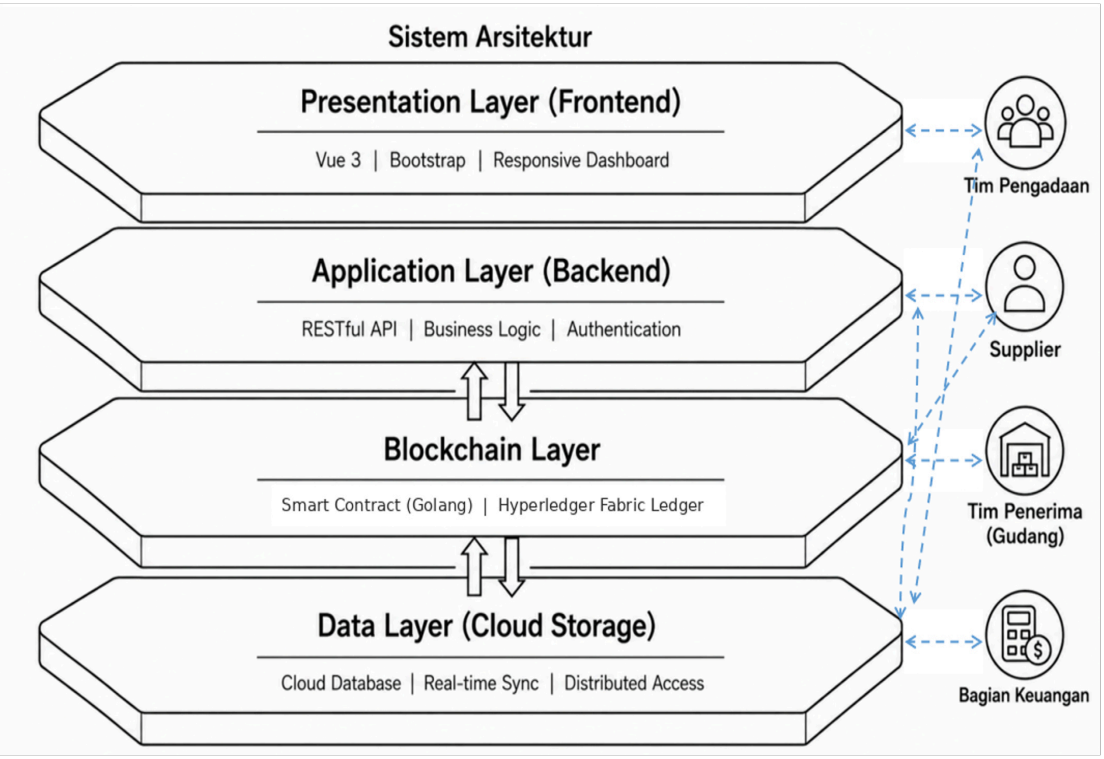
seluruhnya masih manual. Pemindahan bukti penerimaan gudang antarlokasi sebagai syarat penagihan memperlihatkan ketergantungan pada dokumen asli, dengan risiko kehilangan yang memperlambat pembayaran. Dari fragmentasi itu lahir keterlambatan dan ketidakpastian waktu pembayaran, karena dokumen yang dikembalikan untuk diperbaiki menambah waktu administrasi. Data tahun 2025 menunjukkan rata-rata waktu tunggu dua hingga empat hari setelah penyerahan komoditas, yang menambah beban finansial pemasok dan menurunkan kepercayaan terhadap organisasi.

Tantangan ketiga dan keempat, Kantor Pusat tidak memiliki visibilitas seketika atas status pembayaran di berbagai lokasi karena pengadaan dilaporkan secara manual dari Kantor Wilayah, sehingga efektivitas pengendalian berkurang dan daya tanggap organisasi terhadap persoalan menurun. Pelaporan manual juga menyisakan ketidaksesuaian data yang berpengaruh terhadap penetapan kelayakan pemasok untuk dibayar, sehingga staf BUMN Pangan harus memverifikasi dokumen secara manual untuk memastikan kebenaran bukti penagihan.

Tantangan kelima merangkum keempat tantangan sebelumnya, yaitu kebutuhan integrasi sistem dan otomasi. Rangkaian penerbitan PO, pemeriksaan, penerbitan bukti penerimaan, penagihan, verifikasi, dan pembayaran belum saling terhubung dalam satu sistem. Diperlukan sistem terpadu yang menghubungkan penerbitan seluruh dokumen sekaligus mengotomasi validasi kelengkapannya, sehingga waktu verifikasi manual dapat dipangkas.

### 3.2. Rancangan Arsitektur Sistem

Berdasarkan analisis kebutuhan tersebut, sistem dibangun dengan arsitektur berlapis yang menghubungkan empat lapis dengan fungsi berbeda namun saling terkait, sebagaimana disajikan pada Gambar 4.




Gambar 4. Prototipe Arsitektur Sistem (lapis *blockchain*: Hyperledger Fabric)

*Sumber: Hasil Penelitian. Data Diolah. 2026*

*Presentation layer* merupakan bagian sistem yang berhubungan langsung dengan pengguna. Antarmuka dirancang berdasarkan kebutuhan dan kewenangan setiap peran. Vue 3 digunakan karena mendukung *reactive data binding* dan pengembangan antarmuka secara modular, sementara Vite mempercepat proses pengembangan dan menghasilkan *production build* yang lebih optimal (Da Silva dkk., 2025). *Bootstrap* menyesuaikan tampilan sistem pada perangkat desktop, tablet, dan seluler, sedangkan Axios mengatur komunikasi HTTP asinkron antara *front-end* dan REST API pada *back-end*. Kombinasi teknologi tersebut memungkinkan pertukaran data tanpa memuat ulang seluruh halaman.

Antarmuka diklasifikasikan menjadi tiga dasbor sesuai kebutuhan pengguna. Dasbor pertama diperuntukkan bagi Divisi Pengadaan di Kantor Pusat dan menampilkan pengadaan aktif, pengadaan yang sedang berjalan, jadwal pembayaran, serta nilai transaksi. Dasbor kedua diperuntukkan bagi unit kerja di Kantor Wilayah dan Kantor Cabang untuk memantau, memverifikasi, dan memvalidasi pelaksanaan pengadaan beras di tingkat wilayah. Dasbor ini membantu staf memastikan kesesuaian antara progres pengadaan dan dokumen pendukungnya, dan hasil verifikasinya menjadi dasar persetujuan pembayaran. Dasbor ketiga diperuntukkan bagi pemasok untuk mengirimkan rencana pengadaan, informasi proses produksi, dan informasi pengiriman ke gudang, serta mengunggah foto, laporan pengiriman, dan dokumen transaksi. Dasbor ini juga menampilkan data PO, status pengadaan, status penerimaan barang, status verifikasi dokumen, dan riwayat pembayaran, sehingga pemasok dapat memantau transaksinya secara mandiri.

Perancangan memanfaatkan data historis transaksi pengadaan beras Wilayah Jawa Timur yang memuat nilai pengadaan, volume, tahapan pembayaran, dan status pembayaran. Basis mitra pengadaan pada wilayah tersebut berjumlah 303 mitra yang tersebar pada 13 kantor cabang, dengan konsentrasi terbesar di Malang (97 mitra), Tulungagung (39 mitra), serta Probolinggo dan Kediri (masing-masing 22 mitra). Sebaran ini menjadi dasar penentuan proporsi sampel simulasi transaksi.

### 3.3. Hasil Pengembangan dan Pengujian Fungsional

Prototipe berhasil menjalankan seluruh fungsi utama yang dirancang. Pengujian fungsional dilaksanakan untuk memverifikasi kesesuaian *smart contract* dengan spesifikasi yang ditetapkan, mencakup enam skenario. Hasilnya disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Status Fitur dan Hasil Pengujian Fungsional Prototipe

| Fitur | Deskripsi | Status |
|---|---|---|
| Pendaftaran pemasok/ Petani | Sistem memungkinkan pemasok/ petani mendaftarkan penyerahan beras dengan dokumentasi | ✓ Berhasil |
| Penerimaan Laporan Penyerahan | Mitra Kerja/ Petani dapat mengirimkan laporan penyerahan beras dengan dokumentasi | ✓ Berhasil |
| Verifikasi Kualitas Beras | Inspektur dapat memverifikasi kualitas beras (kadar air, butir pecah, kotoran) | ✓ Berhasil |
| Penerbitan Instruksi Pembayaran Otomatis | *Smart contract* menerbitkan instruksi pembayaran secara otomatis setelah seluruh prasyarat mutu dan administrasi terverifikasi; persetujuan akhir dan eksekusi transfer dana tetap dilakukan pejabat berwenang serta sistem keuangan korporat | ✓ Berhasil |
| Audit *Trail blockchain* | Semua transaksi pembayaran dicatat *immutable* di *blockchain* | ✓ Berhasil |
| Dashboard *Real-time* | Pengguna dapat melihat status pengadaan beras secara *real-time* | ✓ Berhasil |

*Sumber: Hasil Penelitian. Data Diolah. 2026.*

Prototipe menyediakan fitur bagi tim pengadaan untuk mencatat pengadaan beras baru beserta tahapan utama proses pembayarannya. Informasi tersebut menjadi acuan pemantauan realisasi pengadaan. Data transaksi dan informasi yang menuntut integritas tinggi dicatat pada *blockchain*, sedangkan dokumen berukuran besar disimpan pada *cloud storage* dan dihubungkan melalui *hash*. Validasi pada saat input diterapkan untuk mengurangi kesalahan data dan menjaga konsistensi informasi. Pengujian atas fitur ini memeriksa kelengkapan input, format data, duplikasi, dan izin pengguna, hasilnya menunjukkan sistem mempertahankan konsistensi data sekaligus membatasi akses sesuai kewenangan.

Pengujian penyimpanan dokumen memastikan dokumen pendukung tersimpan pada *cloud storage* dan mudah ditemukan kembali oleh pihak berwenang, sehingga ketergantungan pada dokumen fisik dalam pencatatan PO berkurang. Pengujian verifikasi memastikan hanya staf pengadaan atau staf penguji kualitas yang dapat memverifikasi kuantum dan kualitas, sementara pihak lain dapat menelusuri hasilnya sebagai dasar pemrosesan pembayaran.

Pengujian penerbitan instruksi pembayaran memastikan sistem menolak pemrosesan apabila salah satu kondisi belum terpenuhi, mencatat transaksi pada blockchain sebagai rekam jejak, dan mengarahkan instruksi pembayaran hanya kepada rekening pemasok yang telah terdaftar pada data induk mitra. Mekanisme ini berjalan setelah staf pengendalian kualitas dan staf penerimaan gudang memasukkan konfirmasi bahwa beras yang diterima telah sesuai kuantum dan kualitasnya. Perlu ditegaskan bahwa yang diotomasi adalah verifikasi pemenuhan prasyarat dan penerbitan instruksi pembayaran, persetujuan akhir tetap berada pada pejabat berwenang sesuai prosedur baku internal. Dengan konfirmasi digital tersebut, waktu verifikasi oleh staf pembayaran berkurang sekitar lima menit per transaksi dibandingkan verifikasi berbasis dokumen fisik.

Sistem mencatat setiap aktivitas pengadaan menggunakan penanda waktu dan identitas pelaksana, meliputi pendaftaran, unggahan dokumen, verifikasi *milestone*, dan pembayaran. Catatan tersebut membentuk jejak audit yang menelusuri transaksi dari awal hingga akhir, menyimpan bukti aktivitas, dan melindunginya dari perubahan tanpa izin. Mekanisme ini menjadikan proses pengadaan beras lebih jelas, terbuka dan akuntabel. Efektivitas otomasi turut dievaluasi dari sisi rata-rata waktu pemrosesan tagihan per *purchase order* (PO). Pada tataran pertama, perbandingan dilakukan antara basis historis periode 2025 sebanyak 7.826 PO dengan hasil 782 simulasi transaksi pada prototipe, mencakup rentang waktu sejak tagihan diajukan hingga instruksi pembayaran diterbitkan. Perbandingan tersebut disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Perbandingan Waktu Pemrosesan Tagihan: Basis Historis dan Hasil Simulasi

| Kondisi | Jumlah PO | Rata-rata Waktu Pemrosesan Tagihan |
|---|---|---|
| Sebelum (basis historis 2025) | 7.826 | 3 jam 30 menit 33 detik |
| Sesudah (simulasi prototipe) | 782 | 17 menit 18 detik |
| **Selisih** | | **Berkurang 91,8% (percepatan 12,2 kali)** |

*Sumber: Hasil Penelitian. Data Diolah. 2026.*

Selisih pada Tabel 4 merupakan perbandingan deskriptif antara populasi PO historis yang diproses manual pada lingkungan operasional nyata dan sampel PO yang diputar ulang pada lingkungan uji. Kedua kondisi tidak berpasangan, tidak dikendalikan, dan tidak diuji signifikansinya, sehingga angka 91,8% dibaca sebagai besaran perbedaan antarkondisi dan bukan sebagai efek yang disebabkan oleh artefak. Sebagian selisih hampir pasti bersumber dari ketiadaan antrean kerja, gangguan operasional, dan beban administratif

pada lingkungan uji, bukan semata dari otomasi verifikasi. Selisih tersebut karena itu diposisikan sebagai indikasi potensi efisiensi yang masih harus diuji, bukan sebagai besaran dampak yang telah terbukti. Bukti kausal atas efisiensi baru dapat diklaim melalui uji berpasangan pada PO yang sama atau melalui desain sebelum–sesudah pada lingkungan operasional nyata, yang ditempatkan sebagai agenda penelitian lanjutan. Dengan batas tersebut, pernyataan yang dapat dipertanggungjawabkan adalah bahwa artefak menyelesaikan rangkaian verifikasi prasyarat dan penerbitan instruksi pembayaran dalam orde menit, sedangkan proses manual pada periode yang sama berada pada orde jam.

Tabel 5. Proyeksi Waktu Proses Pembayaran Menyeluruh Berbasis Asumsi (bukan hasil pengukuran)

| Tahap Proses | Manual (hari) | *Smart Contract* (hari) | Penghematan |
|---|---|---|---|
| Pengajuan penyerahan beras | 3 | 1 | 67% |
| Verifikasi kualitas beras | 7 | 1 | 86% |
| Persetujuan pembayaran | 5 | 0,5 | 90% |
| Proses transfer dana | 10 | 0,5 | 95% |
| Konfirmasi penerimaan | 3 | 0,5 | 83% |
| **Total** | **28 hari** | **3,5 hari** | **87,5%** |

*Sumber: Hasil Penelitian. Data Diolah. 2026.*

Kedua tataran tersebut menunjukkan arah yang konsisten, namun status buktinya berbeda dan tidak boleh disetarakan. Tabel 4 memuat perbedaan deskriptif antarkondisi yang terukur, sedangkan Tabel 5 memuat proyeksi yang diturunkan dari asumsi bahwa otomasi verifikasi memangkas waktu tunggu antartahap sementara durasi kegiatan fisik di gudang tidak berubah. Seluruh angka pada Tabel 5 karena itu belum diuji hubungannya secara empiris. Apabila arah keduanya terkonfirmasi pada lingkungan operasional nyata, pemendekan waktu berpotensi memperbaiki arus kas pemasok sekaligus mengurangi beban waktu kerja staf BUMN Pangan; potensi tersebut belum diuji pada penelitian ini.

### 3.4. Keberterimaan Pengguna

Evaluasi keberterimaan melibatkan 80 responden dari empat kelompok peran, yaitu tim pengadaan Kantor Cabang, staf Kantor Wilayah, dan staf Kantor Pusat sebagai pengguna internal, serta pemasok terdaftar sebagai pengguna eksternal. Hasilnya disajikan pada Tabel 6.

Tabel 6. Evaluasi Keberterimaan Pengguna terhadap Prototipe (N = 80)

| Kriteria Evaluasi | Rata-rata Skor (1–5) | Respons Positif | Kategori | Ambang Keberhasilan |
|---|---|---|---|---|
| Kemudahan penggunaan | 4,6 | 95% | Sangat baik | 75% |
| Kejelasan proses | 4,7 | 97% | Sangat baik | 75% |
| Kecepatan akses | 4,5 | 94% | Sangat baik | 75% |
| Transparansi sistem | 4,8 | 98% | Sangat baik | 75% |
| Potensi peningkatan efisiensi | 4,7 | 97% | Sangat baik | 75% |
| **Kepuasan keseluruhan** | **4,66** | **97,5%** | **Sangat baik** | |

*Sumber: Hasil Penelitian. Data Diolah. 2026.*

Respon positif adalah proporsi responden yang memberikan skor 4 atau 5. Tingkat kepuasan keseluruhan mencapai 97,5%, jauh melampaui ambang keberhasilan 75% yang ditetapkan. Penilaian tertinggi diperoleh kriteria transparansi sistem (4,8 dari 5), yang menunjukkan bahwa pengguna menghargai visibilitas dan kejelasan informasi yang ditawarkan pencatatan berbasis *blockchain*. Kriteria kejelasan proses memperoleh 4,7 dari 5, yang menunjukkan kepuasan atas keterbacaan alur kerja *smart contract*. Dari perspektif petani dan pemasok, transparansi tersebut menumbuhkan keyakinan bahwa kontribusi mereka akan diakui dan dibayar sesuai perjanjian. Dari perspektif manajemen, sistem memberikan kendali dan visibilitas *real-time* atas status pembayaran di berbagai lokasi geografis yang tersebar.

### 3.5. Implikasi Teoretis dan Praktis

Temuan penelitian ini memperluas kepustakaan otomasi pembayaran berbasis *blockchain* dalam tiga arah. Pertama, temuan ini memperjelas batas keberlakuan model otomasi penuh yang diusulkan (Hamledari & Fischer, 2020). Pada organisasi publik yang terikat asas pertanggungjawaban keuangan negara, otomasi tidak dapat menjangkau titik persetujuan akhir; yang dapat diotomasi adalah pemenuhan prasyaratnya. Perbedaan ini menunjukkan bahwa besaran manfaat *smart contract* bukan semata fungsi teknologi, melainkan fungsi ruang diskresi yang boleh dilepaskan oleh rezim tata kelola yang berlaku. Kedua, temuan ini menguatkan tesis Mendling dkk., (2018) bahwa manfaat *blockchain* baru muncul apabila proses bisnis dirancang ulang, bukan sekadar didigitalisasikan; kelima tantangan yang teridentifikasi pada penelitian ini bersifat prosedural, bukan teknologis. Ketiga, terhadap kerangka evaluasi kelayakan (Perera dkk., 2021), penelitian ini menambahkan satu dimensi yang belum tercakup, yaitu kesiapan regulasi sebagai prasyarat dan bukan sekadar kendala pelaksanaan, sebab ketidakpastian status hukum *smart contract* menghambat adopsi sejak tahap perancangan.

Sebagai kontribusi pengetahuan rancang bangun (*design knowledge*) pada tataran teori desain awal (Gregor & Hevner, 2013), penelitian ini merumuskan empat prinsip desain yang dapat dialihkan ke organisasi publik sejenis. Prinsip pertama, pisahkan otomasi pemenuhan prasyarat dari otorisasi pembayaran; pada rezim pertanggungjawaban keuangan negara, titik persetujuan merupakan kewenangan pejabat dan bukan objek otomasi. Prinsip kedua, rumuskan kebijakan *endorsement* sebagai cerminan pemisahan tugas yang sudah berlaku, sehingga kendali internal organisasi direplikasi pada lapis protokol dan bukan digantikan olehnya. Prinsip ketiga, batasi data *on-chain* pada status, penanda waktu, dan *hash* dokumen, serta tempatkan artefak dokumen pada penyimpanan awan; pemisahan ini menjaga ukuran *ledger* tetap terkendali sekaligus memenuhi ketentuan perlindungan data pribadi mitra. Prinsip keempat, sediakan visibilitas berbasis peran bagi pihak eksternal, khususnya pemasok, karena sebagian besar sengketa yang teridentifikasi bersumber dari asimetri informasi mengenai status tagihan dan bukan dari perselisihan nilai transaksi. Keempat prinsip tersebut merupakan luaran DSR yang dapat diuji ulang pada wilayah kerja, komoditas, dan organisasi yang berbeda.

Secara praktis, temuan ini membuka peluang transformasi digital yang lebih luas dalam manajemen rantai pasok pangan. Penerapan *smart contract* berpotensi diperluas ke digitalisasi manajemen inventori, sistem kendali kualitas terintegrasi, dan mekanisme peringatan dini fluktuasi harga (Buyya dkk., 2009; Pranto dkk., 2021). Perluasan tersebut menuntut tiga prasyarat yang saling terkait. Pertama, kepastian lanskap regulasi: status hukum dokumen elektronik dan tanda tangan digital telah diatur, tetapi kedudukan *smart contract* sebagai instrumen yang menerbitkan instruksi pembayaran pada belanja Badan Usaha Milik Negara belum memperoleh rujukan normatif yang tegas, sehingga penyelarasan dengan ketentuan pengadaan dan pertanggungjawaban keuangan perlu ditempuh lebih dahulu. Kedua, penilaian kesiapan organisasi beserta mitigasi risikonya,

mencakup risiko kegagalan teknis pada musim panen raya, risiko kesalahan data induk mitra, dan risiko penolakan pengguna; ketiganya dapat dimitigasi melalui mekanisme *fallback* manual, pembersihan data induk sebelum migrasi, dan pendampingan pengguna. Ketiga, peta jalan implementasi bertahap dari uji coba pada satu Kantor Cabang, perluasan ke tingkat wilayah, hingga penerapan nasional, yang pada setiap tahapnya disertai strategi manajemen perubahan berupa pelatihan peran, penyesuaian prosedur baku, dan penetapan indikator keberhasilan yang disepakati bersama. Fondasi kepercayaan dan transparansi yang terbangun memungkinkan organisasi mengembangkan ekosistem digital yang lebih terintegrasi dan responsif, yang berkontribusi pada penurunan biaya operasional dan penguatan ketahanan pangan nasional.

## 4. Kesimpulan

Penelitian ini merancang, membangun, dan mengevaluasi purwarupa smart contract berbasis *permissioned blockchain* untuk mengotomasi verifikasi prasyarat dan penerbitan instruksi pembayaran pada rantai pasok beras, melalui studi kasus tunggal pada satu wilayah kerja BUMN Pangan di Jawa Timur. Keempat pertanyaan penelitian terjawab dengan tingkat kekuatan bukti yang berbeda. Pertama, analisis tematik atas wawancara sepuluh pemangku kepentingan dan telaah dokumen prosedural mengidentifikasi lima tantangan pada sistem pembayaran berjalan, yaitu fragmentasi proses, keterlambatan dan ketidakpastian pembayaran, keterbatasan transparansi, inkonsistensi data, serta kebutuhan integrasi sistem; kelimanya bersifat prosedural dan organisatoris, bukan semata teknologis. Kedua, tantangan tersebut dijawab melalui arsitektur empat lapis yang memadukan antarmuka Vue 3, REST API Golang, *chain code* Hyperledger Fabric dengan kebijakan *endorsement* lintas organisasi, dan penyimpanan awan yang ditautkan melalui *hash*. Ketiga, purwarupa terbukti layak secara fungsional dalam lingkungan uji, ditunjukkan oleh keberhasilan seluruh seratus kasus uji fungsional dan 782 simulasi transaksi tanpa kegagalan; pada dimensi waktu, rata-rata pemrosesan tagihan pada simulasi berada pada orde menit (17 menit 18 detik) dibandingkan orde jam pada basis historis (3 jam 30 menit 33 detik), suatu perbedaan deskriptif antarkondisi sebesar 91,8% yang tidak ditafsirkan sebagai efek kausal karena kedua kondisi tidak berpasangan dan tidak dikendalikan. Keempat, keberterimaan pengguna tergolong sangat baik dengan rerata 4,66 dari 5 dan proporsi respons positif 97,5%; dimensi transparansi memperoleh penilaian tertinggi, yang menunjukkan bahwa pengguna mempersepsikan peningkatan visibilitas status transaksi, bukan bahwa kepercayaan antarpemangku kepentingan telah terbukti menguat, karena konstruk kepercayaan tidak diukur pada penelitian ini.

Terhadap empat celah penelitian yang diidentifikasi, temuan ini memberikan bukti awal pada dua celah, yaitu penerapan pada organisasi sektor publik Indonesia dan pemahaman atas tantangan implementasinya. Celah mengenai skalabilitas integrasi *cloud–blockchain* belum terjawab secara empiris karena pengujian beban puncak tidak dilakukan, sedangkan celah mengenai strategi adopsi teknologi belum digarap. Kontribusi utama penelitian ini karena itu bersifat rancang bangun, berupa artefak yang berfungsi beserta empat prinsip desain yang dapat dialihkan, dan bukan berupa bukti kesiapan implementasi pada skala nasional. Keberlakuan temuan dibatasi oleh lingkup satu organisasi dan satu wilayah kerja, evaluasi pada lingkungan uji dan bukan sistem produksi yang memproses dana riil, penilaian keberterimaan yang bersandar pada laporan diri tanpa kelompok pembanding dan menggunakan instrumen berbutir tunggal per kriteria sehingga konsistensi internalnya tidak dapat diuji, serta belum tersedianya audit keamanan *chain code* oleh pihak ketiga, analisis biaya investasi dibandingkan manfaat yang diproyeksikan, dan pengujian pada beban puncak musim panen raya. Penelitian lanjutan disarankan menempuh empat arah: uji berpasangan atau desain sebelum–sesudah pada

lingkungan operasional nyata untuk menguji efisiensi secara kausal; pengujian beban dan audit keamanan independen untuk menguji klaim skalabilitas dan keamanan; pengembangan instrumen keberterimaan berbutir majemuk yang diuji validitas dan reliabilitasnya; replikasi multiwilayah dan multikomoditas untuk menguji transferabilitas prinsip desain; serta pengembangan kerangka regulasi *smart contract* dan strategi manajemen perubahan yang mencakup pelatihan bagi seluruh pemangku kepentingan.

## Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih disampaikan kepada BUMN Pangan yang telah memberikan dukungan dan akses data kepada penulis dalam menyelesaikan tulisan ini, serta kepada seluruh partisipan yang bersedia meluangkan waktu untuk wawancara.

## Pernyataan Konflik Kepentingan

Penulis menyatakan bahwa tidak terdapat konflik kepentingan, baik berupa kepentingan finansial maupun hubungan pribadi, yang dapat memengaruhi atau dianggap memengaruhi pelaksanaan penelitian maupun hasil yang dilaporkan dalam artikel ini.

Data agregat hasil pengujian fungsional, simulasi transaksi, dan uji keberterimaan pengguna tersedia dari penulis korespondensi atas permintaan yang wajar. Transkrip wawancara tidak dapat dibagikan karena memuat informasi yang berpotensi mengidentifikasi partisipan, sedangkan data *purchase order* bersifat terbatas dan tunduk pada ketentuan kerahasiaan organisasi mitra. Skema data dan kutipan terbatas *chaincode* dapat disediakan atas persetujuan organisasi mitra untuk keperluan replikasi ilmiah.

## Penafian

Penulis menyatakan bahwa tidak terdapat konflik kepentingan, baik berupa kepentingan finansial maupun hubungan pribadi, yang dapat memengaruhi atau dianggap memengaruhi pelaksanaan penelitian maupun hasil yang dilaporkan dalam artikel ini.

## Deklarasi Penggunaan Kecerdasan Buatan (AI)

Penulis menyatakan bahwa setiap penggunaan *Artificial Intelligence*/AI (Claude AI) dalam proses penyusunan tulisan ini, seperti untuk penyuntingan bahasa, analisis data, atau pembuatan ilustrasi, telah diungkapkan secara transparan di dalam tulisan. Penulis tetap bertanggung jawab sepenuhnya atas keakuratan, keabsahan, dan integritas seluruh isi tulisan ini.

## Tentang Penulis

**Joko Pamungkas**, dilahirkan di Semarang tanggal 16 Juni 1981. Penulis menyelesaikan pendidikan S1 Sistem Informasi di Universitas Stikubank tahun 2004 dan S2 Manajemen Sistem Informasi di BINUS University tahun 2026.

**Elfindah Princes**, Penulis menyelesaikan pendidikan Sarjana Sistem Informasi di BINUS University pada tahun 2000, Magister Ilmu Komputer di Universitas Bunda Mulia pada tahun 2013, Doktor Manajemen di BINUS Business School pada tahun 2020, Master of Leadership in Service Innovation di The University of Queensland, Australia pada tahun 2020, Magister Pendidikan di Universitas Terbuka pada tahun 2021, serta Master of Science in Financial Management di The University of Manchester, Inggris pada tahun 2024.

## Referensi

Ahmad, A., Saad, M., Ghamdi, M. A. Al, & Nyang, D. (2022). BlockTrail: A Service for Secure and Transparent Blockchain-Driven Audit Trails. *IEEE Systems Journal, 16*(1), 1367–1378. https://doi.org/10.1109/JSYST.2021.3097744

Ahmadisheykhsarmast, S., & Sonmez, R. (2020). A Smart Contract System for Security of Payment of Construction Contracts. *Automation in Construction, 120*, 103401. https://doi.org/10.1016/J.AUTCON.2020.103401

Almakhour, M., Sliman, L., Samhat, A. E., & Mellouk, A. (2020). Verification of Smart Contracts: A Survey. *Elsevier*, 1–30. https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1574119220300821

Alzhrani, F., Saeedi, K., & Zhao, L. (2023). Architectural Patterns for Blockchain Systems and Application Design. *Applied Sciences, 13*(20), 11533. https://doi.org/10.3390/APP132011533

Azzahara, L., Heryanto, M. A., Renaldi, E., & Yudha, E. P. (2025). Analisis Risiko Penggilingan Padi Kecil (Studi Kasus Penggilingan Padi SB, Kecamatan Karawang Barat, Kabupaten Karawang, Jawa Barat). *Mimbar Agribisnis: Jurnal Pemikiran Masyarakat Ilmiah Berwawasan Agribisnis, 11*(1), 805–814. https://doi.org/10.25157/MA.V11I1.16481

Bantacut, T., & Fadhil, R. (2018). Logistik 4.0 dalam Manajemen Rantai Pasok Beras Perum BULOG. *Pangan, 27*(2), 141–154. https://doi.org/10.33964/JP.V27I2.371

Braun, V., & Clarke, V. (2006). Using Thematic Analysis in Psychology. *Qualitative Research in Psychology, 3*(2), 77–101. https://doi.org/10.1191/1478088706QP063OA

Buyya, R., Yeo, C. S., Venugopal, S., Broberg, J., & Brandic, I. (2009). Cloud Computing and Emerging It Platforms: Vision, Hype, and Reality for Delivering Computing As the 5th Utility. *Future Generation Computer Systems, 25*(6), 599–616. https://doi.org/10.1016/J.FUTURE.2008.12.001

Chen, J., Xia, X., Lo, D., Grundy, J., Luo, X., & Chen, T. (2022). DefectChecker: Automated Smart Contract Defect Detection by Analyzing EVM Bytecode. *IEEE Transactions on Software Engineering, 48*(7), 2189–2207. https://doi.org/10.1109/TSE.2021.3054928

Christopher, M. (2016). *Logistics and Supply Chain Management (5 ed.)*. Pearson.

Da Silva, N. P. S., Rodrigues, E., & Conte, T. (2025). A Catalog of Micro Frontends Anti-Patterns. *Proceedings - International Conference on Software Engineering*, 2151–2162. https://doi.org/10.1109/ICSE55347.2025.00079

Doan, D. T., Atencio, E., Mu–oz La Rivera, F., & Alnajjar, O. (2025). A Systematic Literature Review of Building Information Modelling (BIM) and Offsite Construction (OSC) Integration: Emerging Technologies and Future Trends. *Applied Sciences, 15*(18), 9981. https://doi.org/10.3390/APP15189981

Doan, T. V., Psaras, Y., Ott, J., & Bajpai, V. (2022). Toward Decentralized Cloud Storage With IPFS: Opportunities, Challenges, and Future Considerations. *IEEE Internet Computing, 26*(6), 7–15. https://doi.org/10.1109/MIC.2022.3209804

Du, Y., Duan, H., Zhou, A., Wang, C., Au, M. H., & Wang, Q. (2022). Enabling Secure and Efficient Decentralized Storage Auditing with Blockchain. *IEEE Transactions on Dependable and Secure Computing, 19*(5), 3038–3054. https://doi.org/10.1109/TDSC.2021.3081826

Elghaish, F., Pour Rahimian, F., Hosseini, M. R., Edwards, D., & Shelbourn, M. (2022). Financial Management of Construction Projects: Hyperledger Fabric and Chaincode

Solutions. *Automation in Construction, 137*, 104185. https://doi.org/10.1016/J.AUTCON.2022.104185

Famuji, T. S., Masitha, A., Samodro, M. M. J., Fanani, G. P. I., & Pertiwi, Y. (2025). Model Perancangan Sistem Terdesentralisasi untuk Keamanan Data Genetika Manusia Berbasis Blockchain dan IPFS. *Rabit: Jurnal Teknologi dan Sistem Informasi Univrab, 10*(2), 241–258. https://doi.org/10.36341/RABIT.V10I2.6015

GarcŽs, L., Mart'nez-Fern‡ndez, S., Oliveira, L., Valle, P., Ayala, C., Franch, X., & Nakagawa, E. Y. (2021). Three Decades of Software Reference Architectures: A Systematic Mapping Study. *Journal of Systems and Software, 179*, 111004. https://doi.org/10.1016/J.JSS.2021.111004

Gregor, S., & Hevner, A. R. (2013). Positioning and Presenting Design Science Research for Maximum Impact. *MIS Quarterly, 37*(2), 337–355. https://doi.org/10.25300/MISQ/2013/37.2.01

Hamledari, H., & Fischer, M. (2020). Construction Payment Automation Using Blockchain-Enabled Smart Contracts and Robotic Reality Capture Technologies. *Automation in Construction, 132*, 103926. https://doi.org/10.1016/J.AUTCON.2021.103926

Hu, T., Zhang, Z., Yi, P., Liang, D., Li, Z., Ren, Q., Hu, Y., & Lan, J. (2021). SEAPP: A Secure Application Management Framework Based on REST API Access Control in Sdn-Enabled Cloud Environment. *Journal of Parallel and Distributed Computing, 147*, 108–123. https://doi.org/10.1016/J.JPDC.2020.09.006

Huang, Y., Bian, Y., Li, R., Zhao, J. L., & Shi, P. (2019). Smart Contract Security: A Software Lifecycle Perspective. *IEEE Access, 7,* 150184–150202. https://doi.org/10.1109/ACCESS.2019.2946988

Hutabarat, R. S., & Sudaryana, K. (2024). User-Centered Design pada User Interface (UI) / User Experience (UX) Prototyping Aplikasi E-Commerce. *Jurnal Penelitian Teknologi Informasi dan Sains, 2*(4), 89–99. https://doi.org/10.54066/JPTIS.V2I4.2781

Indriastuti, S., Hara, A. E., Patriadi, H. B., Trihartono, A., & Sunarko, B. S. (2024). Indonesia's Food Security and Food Sovereignty Under Agricultural Trade Liberalization. *Global Strategis, 18*(2), 431–456. https://doi.org/10.20473/JGS.18.2.2024.431-456

Kemmoe, V. Y., Stone, W., Kim, J., Kim, D., & Son, J. (2020). Recent Advances in Smart Contracts: A Technical Overview and State of the Art. *IEEE Access, 8*, 117782–117801. https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.3005020

Kotstein, S., & Bogner, J. (2021). Which RESTful API Design Rules Are Important and How Do They Improve Software Quality? A Delphi Study with Industry Experts. Dalam *In Symposium and Summer School on Service-Oriented Computing*, 154–173. Spinger. https://doi.org/10.1007/978-3-030-87568-8_10

Li, Z. R., Li, Y., Lu, L., & Ding, Y. (2023). Blockchain-Based Auditing With Data Self-Repair: From Centralized System to Distributed Storage. *Journal of Systems Architecture, 137*(5), 102854. https://doi.org/10.1016/J.SYSARC.2023.102854

Liu, Y., He, J., Li, X., Chen, J., Liu, X., Peng, S., Cao, H., & Wang, Y. (2024). An Overview of Blockchain Smart Contract Execution Mechanism. *Journal of Industrial Information Integration, 41*, 100674. https://doi.org/10.1016/J.JII.2024.100674

Luo, J., Ji, C., Qiu, C., & Jia, F. (2018). Agri-Food Supply Chain Management: Bibliometric and Content Analyses. *Sustainability , 10*(5), 1573. https://doi.org/10.3390/SU10051573

Marchesi, L., Marchesi, M., Tonelli, R., & Lunesu, M. I. (2022). A Blockchain Architecture for Industrial Applications. *Blockchain: Research and Applications, 3*(4), 100088. https://doi.org/10.1016/J.BCRA.2022.100088

Marijan, D., & Lal, C. (2022). Blockchain Verification and Validation: Techniques, Challenges, and Research Directions. *Computer Science Review, 45*. https://doi.org/10.1016/J.COSREV.2022.100492

McLaughlin, E., Charron, N., & Narasimhan, S. (2020). Automated Defect Quantification in Concrete Bridges Using Robotics and Deep Learning. *Journal of Computing in Civil Engineering, 34*(5), 04020029. https://doi.org/10.1061/(ASCE)CP.1943-5487.0000915

Mendling, J., Weber, I., Van Der Aalst, W., Brocke, J. Vom, Cabanillas, C., Daniel, F., Debois, S., Di Ciccio, C., Dumas, M., Dustdar, S., Gal, A., Garc'a-Ba–uelos, L., Governatori, G., Hull, R., La Rosa, M., Leopold, H., Leymann, F., Recker, J., Reichert, M., É Zhu, L. (2018). Blockchains for Business Process Management – Challenges and Opportunities. *ACM Transactions on Management Information Systems, 9*(1), 1–16. https://doi.org/10.1145/3183367

Moreschini, S., Younesian, E., HŠstbacka, D., Albano, M., Hošek, J., & Taibi, D. (2024). Edge to cloud tools: A Multivocal Literature Review. *Journal of Systems and Software, 210*, 111942. https://doi.org/10.1016/J.JSS.2023.111942

Muttaqin, T., & Utami, A. W. (2023). Analisia dan Pemodelan Proses Bisnis Menggunakan Metode Business Process Model and Notation (BPMN) Pada Produksi Shuttlecock. *Journal of Emerging Information Systems and Business Intelligence (JEISBI), 4*(1), 26–31. https://doi.org/10.26740/JEISBI.V4I1.50943

Otsuka, K. (2021). Strategy for Transforming Indonesian Agriculture. *Bulletin of Indonesian Economic Studies, 57*(3), 321–341. https://doi.org/10.1080/00074918.2021.2002387

Perera, S., Nanayakkara, S., & Weerasuriya, T. (2021). Blockchain: The Next Stage of Digital Procurement in Construction. *Academia Letters*, 1–10. https://doi.org/10.20935/AL119

Pranto, T. H., Noman, A. A., Mahmud, A., & Haque, A. B. (2021). Blockchain and Smart Contract for IoT Enabled Smart Agriculture. *PeerJ Computer Science, 7*, 1–29. https://doi.org/10.7717/PEERJ-CS.407/

Prasetya, A. B., & Suharjo, I. (2025). Backend API Data Protection Menggunakan Jwt Token dan Algoritma Aes 256-Bit dengan Bahasa Pemrograman Golang. *Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan, 13*(1), 682–693. https://doi.org/10.23960/JITET.V13I1.5699

Purwandoko, P. B., Seminar, K. B., Sutrisno, & Sugiyanta. (2022). Analisis Kebutuhan Fungsional dan Pemodelan Informasi Ketelusuran Pada Rantai Pasok Beras. *Pangan, 31*(1), 1–12. https://doi.org/10.33964/JP.V31I1.557

Puthenveettil, N. R., & Sappati, P. K. (2024). A Review of Smart Contract Adoption in Agriculture and Food Industry. *Computers and Electronics in Agriculture, 223*(6), 109061. https://doi.org/10.1016/J.COMPAG.2024.109061

Rathnayake, I., Wedawatta, G., & Tezel, A. (2022). Smart Contracts in the Construction Industry: A Systematic Review. *Buildings, 12*(12), 2082. https://doi.org/10.3390/BUILDINGS12122082

Rodriguez, K. S. R., Galindo, J. D. A., Juan, J. T., Bermejo Higuera, J. R., Bermejo Higuera, J., & Montalvo, J. A. S. (2025). Secure Development Methodology for Full Stack Web Applications: Proof of the Methodology Applied to Vue.js, Spring Boot and MySQL. *Computers, Materials & Continua, 85*(1), 1807–1858. https://doi.org/10.32604/cmc.2025.067127

Rusono, N. (2019). Kebijakan Strategis Pengelolaan Cadangan Pangan Beras Nasional. *Pangan, 28*(3), 227–238. https://doi.org/10.33964/JP.V28I3.450

Sachs, J. D., Schmidt-Traub, G., Mazzucato, M., Messner, D., Nakicenovic, N., & Rockstršm, J. (2019). Six Transformations to achieve the Sustainable Development Goals. *Nature Sustainability, 2*(9), 805–814. https://doi.org/10.1038/s41893-019-0352-9

Sartika, R., Darmawati, E., & Rachmat, R. (2014). Model Perkiraan Kebutuhan Pasokan Beras untuk Program Raskin (Studi Kasus pada Perum BULOG Subdivisi Regional Cianjur). *Pangan, 23*(3), 220–231. https://doi.org/10.33964/JP.V23I3.66

Tolmach, P., Li, Y., Lin, S. W., Liu, Y., & Li, Z. (2021). A Survey of Smart Contract Formal Specification and Verification. *ACM Computing Surveys (CSUR), 54*(7), 1–38. https://doi.org/10.1145/3464421

Tono, Ariani, M., & Suryana, A. (2023). Kinerja Ketahanan Pangan Indonesia: Pembelajaran dari Penilaian dengan Kriteria Global dan Nasional. *Analisis Kebijakan Pertanian, 21*(1), 1–20. https://doi.org/10.21082/AKP.V21I1.1-20

Tummers, J., Tobi, H., Catal, C., & Tekinerdogan, B. (2021). Designing a Reference Architecture for Health Information Systems. *BMC Medical Informatics and Decision Making, 21*(1), 210-. https://doi.org/10.1186/S12911-021-01570-2

Wang, L., Xu, L., Zheng, Z., Liu, S., Li, X., Cao, L., Li, J., & Sun, C. (2021). Smart Contract-Based Agricultural Food Supply Chain Traceability. *IEEE Access, 9,* 9296–9307. https://doi.org/10.1109/ACCESS.2021.3050112

Wang, S., Ouyang, L., Yuan, Y., Ni, X., Han, X., & Wang, F. Y. (2019). Blockchain-Enabled Smart Contracts: Architecture, Applications, and Future Trends. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics: Systems, 49*(11), 2266–2277. https://doi.org/10.1109/TSMC.2019.2895123

Widarso, M. R., & Djamaluddin, S. (2024). Analisis Harga Pangan Pokok terhadap Ketahanan Pangan di Indonesia. *Sepa: Jurnal Sosial Ekonomi Pertanian dan Agribisnis, 21*(2), 256–272. https://doi.org/10.20961/SEPA.V21I2.83821

Wijaya, A. (2024). Peningkatan Kinerja dan Perlakuan Risiko Rantai Pasok Beras Cadangan Pangan Pemerintah (Studi Kasus pada Perum BULOG, Kantor Wilayah Jawa Barat). *Pangan, 33*(3), 97–118. https://doi.org/10.33964/JP.V33I3.881

Yin, R. K. (2017). *Case Study Research and Applications. Sage Publication*. https://www.sagepub.com/shop/buy-a-book/case-study-research-and-applications-6-250150