Jurnal Manajemen dan Teknologi
https://journal.stmiki.ac.id

E-ISSN: 3047-8251 | P-ISSN: 3047-826X
Vol. 3 No. 2 (2026) | November

OPEN ACCESS

https://doi.org/ 10.63447/jmt.v3i2.2182

Model *Traceability* Pangan *End-to-End* Berbasis Blockchain dan Arsitektur Hibrida Web2-Web3 untuk Program Makan Bergizi Gratis di Indonesia

Abdillah AG [1], Alhadi Saputra [2*], Irfan Afriantoro [3]

[1,2*,3] Program Studi Teknik Informatika, Fakultas Teknik, Universitas Pelita Bangsa, Kabupaten Bekasi, Jawa Barat, Indonesia.

Email: abdillahag@pelitabangsa.ac.id [1], alhadi.saputra@pelitabangsa.ac.id [2*], irfanafriantoro@pelitabangsa.ac.id [3]

Histori Artikel:
Dikirim 9 Oktober 2026; *Diterima dalam bentuk revisi* 20 Oktober 2026; *Diterima* 30 Oktober 2026; *Diterbitkan* 25 November 2026. Semua hak dilindungi oleh Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat (LPPM) STMIK Indonesia Banda Aceh.

Abstrak

Program Makan Bergizi Gratis (MBG) melibatkan rantai pasok pangan yang kompleks, mulai dari pemasok, inventori, produksi, distribusi, hingga penerima manfaat. Kompleksitas ini memerlukan model traceability yang dapat menelusuri riwayat pangan lintas tahapan secara terintegrasi dan teraudit. Penelitian ini bertujuan merancang dan mengimplementasikan model traceability pangan end-to-end berbasis blockchain dengan arsitektur hibrida Web2–Web3 untuk Program MBG. Penelitian menggunakan pendekatan Design Science Research. Model menggunakan batch sebagai unit utama penelusuran, sedangkan arsitektur hibrida memisahkan pengelolaan data operasional pada komponen Web2 dari pencatatan transaksi traceability melalui smart contract pada jaringan private blockchain. Evaluasi awal dilakukan melalui pengujian berbasis tugas dan System Usability Scale (SUS) terhadap 10 peserta. Dari 33 observasi tugas, 24 tugas (72,73%) diselesaikan secara mandiri dan 9 tugas (27,27%) dengan bantuan, tanpa ada tugas yang gagal. Nilai SUS rata-rata sebesar 67,25. Hasil ini menunjukkan prototipe dapat mendukung alur traceability yang dirancang, meskipun sebagian tugas masih memerlukan bantuan. Evaluasi ini belum melibatkan peran pemasok, sehingga diperlukan penyempurnaan antarmuka dan evaluasi lanjutan dengan melibatkan seluruh kelompok aktor MBG.

Kata Kunci: Food Traceability; Blockchain; Web2-Web3; Smart Contract; Makan Bergizi Gratis; Design Science Research.

Abstract

The Free Nutritious Meal (MBG) Program in Indonesia involves a complex food supply chain, spanning suppliers, inventory, production, distribution, and beneficiaries. This complexity requires a traceability model that enables integrated and auditable tracking of food histories across stages. This study aims to design and implement an end-to-end blockchain-based food traceability model using a hybrid Web2–Web3 architecture for the MBG Program. The study adopts a Design Science Research approach. The model uses batches as the primary tracking units, while the hybrid architecture separates operational data management in the Web2 component from the recording of traceability transactions through smart contracts on a private blockchain network. An initial evaluation was conducted through task-based testing and the System Usability Scale (SUS) with 10 participants. Of 33 task observations, 24 tasks (72.73%) were completed independently and 9 tasks (27.27%) with assistance, with no task failing. The mean SUS score was 67.25. These results indicate that the prototype can support the designed traceability workflow, although some tasks still require user assistance. The evaluation did not involve participants in the supplier role, so further interface refinement and evaluation involving all MBG stakeholder groups are needed.

Keyword: Food Traceability; Blockchain; Web2–Web3; Smart Contract; Free Nutritious Meal; Design Science Research.

Jurnal Manajemen dan Teknologi
https://journal.stmiki.ac.id

E-ISSN: 3047-8251 | P-ISSN: 3047-826X
Vol. 3 No. 2 (2026) | November

OPEN ACCESS

https://doi.org/ 10.63447/jmt.v3i2.2182

1. Pendahuluan

Program Makan Bergizi Gratis (MBG) merupakan program pangan publik berskala besar yang melibatkan banyak aktor dan tahapan operasional, mulai dari pemasok bahan pangan hingga penerima manfaat. Pada awal Januari 2026, Badan Gizi Nasional (BGN) melaporkan bahwa 19.188 Satuan Pelayanan Pemenuhan Gizi (SPPG) disiapkan untuk mulai beroperasi pada 8 Januari 2026. Pada 20 Januari 2026, jumlah penerima manfaat tercatat sekitar 59,86 juta orang, dengan keterlibatan sekitar 61.857 pemasok dari berbagai unsur, termasuk koperasi, BUMDes, UMKM, dan pemasok perorangan (Badan Gizi Nasional [BGN], 2026a, 2026b, 2026c). Skala tersebut menunjukkan bahwa pelaksanaan MBG melibatkan jaringan pasok yang luas dan beragam, sehingga konsistensi pencatatan serta keterhubungan informasi antaraktor menjadi aspek penting dalam pengelolaan program. Kebutuhan tersebut sejalan dengan petunjuk teknis pemantauan dan pengawasan MBG yang menekankan pemeriksaan kondisi bahan pangan sebelum distribusi, pemantauan penyimpanan dan kebersihan fasilitas, pengawasan ketepatan distribusi, serta pelaporan dan tindak lanjut hasil pengawasan (BGN, 2025). Pelaksanaan pengawasan semacam ini memerlukan informasi yang dapat ditelusuri dari asal bahan, penerimaan, penggunaan dalam proses produksi, hingga pengiriman dan penerimaan makanan. Tanpa keterhubungan riwayat antarproses, pemeriksaan informasi yang tersebar pada berbagai tahapan dapat menjadi lebih sulit, khususnya ketika diperlukan penelusuran terhadap batch atau pengiriman tertentu. Sejumlah penelitian mengenai implementasi Program Makan Bergizi Gratis (MBG) di Indonesia melaporkan manfaat program terhadap pemenuhan gizi, konsentrasi, kehadiran, dan aktivitas belajar siswa (Babo *et al.*, 2026; Shenia *et al.*, 2025; Adinda & Jamal, 2026). Namun, implementasi program juga menghadapi tantangan operasional. Studi Babo *et al.* (2026), misalnya, mengidentifikasi keterbatasan fasilitas, proses persiapan makanan, pedoman operasional, dan koordinasi sebagai aspek yang perlu diperkuat.

Temuan tersebut menunjukkan bahwa keberhasilan MBG tidak hanya ditentukan oleh penyediaan makanan bergizi, tetapi juga oleh kesiapan proses operasional dan koordinasi antaraktor. Dalam konteks ini, digitalisasi rantai pangan dapat mendukung pengelolaan serta akses informasi bagi pelaku usaha dan masyarakat (Darodjat & Utarie, 2022; Perdana *et al.*, 2022). Dalam konteks rantai pasok pangan, *traceability* diperlukan untuk menelusuri asal produk, tahapan pengolahan, perpindahan, hingga lokasi penerimaan. Kemampuan ini penting untuk mengidentifikasi bahan atau *batch* yang terdampak ketika terjadi permasalahan keamanan pangan. Meskipun sistem berbasis basis data terpusat dapat mendukung pencatatan operasional, pengelolaan informasi lintas organisasi tetap menghadapi tantangan terkait integritas data dan kepercayaan antaraktor. Blockchain telah dikaji untuk mendukung *provenance* dan auditabilitas rantai pasok pangan (Casino *et al.*, 2019; Behnke & Janssen, 2020; Ellahi *et al.*, 2023), termasuk dalam penelusuran riwayat produk dan distribusi (Markovic *et al.*, 2020; Liu *et al.*, 2021). Perkembangan penelitian selanjutnya tidak lagi terbatas pada penggunaan blockchain secara konseptual, tetapi telah menghasilkan berbagai prototipe *traceability*. Wang *et al.* (2022) mengembangkan kerangka *traceability* pangan berbasis blockchain yang mengintegrasikan identifikasi produk dengan consortium blockchain. Subashini dan Hemavathi (2023) menunjukkan penerapan blockchain, smart contract, dan IPFS untuk penelusuran asal produk pangan, sedangkan Sugandh *et al.* (2023) melakukan evaluasi kinerja terhadap sistem penelusuran pangan berbasis blockchain. Kechagias *et al.* (2023) juga menunjukkan kelayakan aplikasi terdistribusi berbasis Ethereum untuk mendukung *traceability* rantai pasok pangan. Temuan-temuan tersebut menunjukkan penerapan blockchain untuk mendukung *traceability* pangan dengan cakupan dan pendekatan yang beragam. Namun, kebutuhan model *traceability* end-to-end yang menghubungkan tahapan operasional program pangan publik berskala besar, seperti MBG, dari pemasok hingga penerima manfaat masih perlu dikaji lebih lanjut. Selain cakupan proses, persoalan arsitektur juga menjadi perhatian penting. Penyimpanan seluruh data operasional secara langsung pada blockchain tidak selalu sesuai untuk sistem yang menangani data transaksi dan dokumen dalam jumlah besar. Pendekatan hibrida on-chain dan off-chain pada blockchain dapat memisahkan data dan proses operasional dari informasi kritis yang membutuhkan mekanisme verifikasi blockchain.

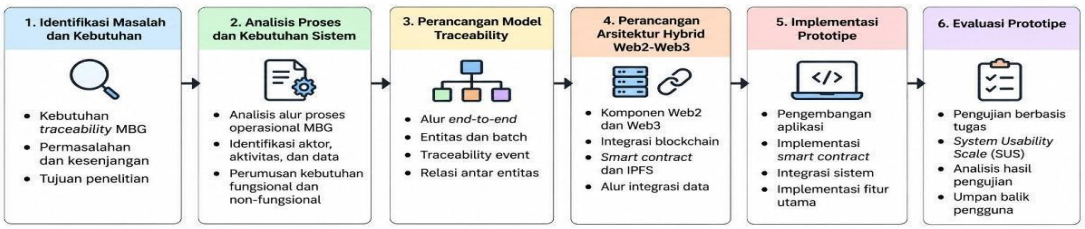
Jurnal Manajemen dan Teknologi
https://journal.stmiki.ac.id
E-ISSN: 3047-8251 | P-ISSN: 3047-826X
Vol. 3 No. 2 (2026) | November
OPEN ACCESS
https://doi.org/ 10.63447/jmt.v3i2.2182

Solaiman *et al.* (2021) menunjukkan bahwa arsitektur hibrida dapat mengurangi beban eksekusi dan biaya transaksi melalui kombinasi komponen *on-chain* dan *off-chain*. Pendekatan ini sejalan dengan penelitian mengenai transformasi digital rantai pasok pangan berbasis blockchain yang menekankan integrasi teknologi dengan proses operasional dan kebutuhan *traceability* (Vasileiou *et al.*, 2026). Berdasarkan penelitian terdahulu, masih diperlukan model yang menghubungkan tahapan operasional MBG secara end-to-end, mulai dari penerimaan bahan, pembentukan *batch*, produksi, distribusi, hingga konfirmasi penerimaan makanan. Kebutuhan tersebut tidak hanya mencakup penelusuran riwayat pangan, tetapi juga integrasi antara aplikasi operasional dan pencatatan transaksi berbasis blockchain. Selain aspek teknis, penerapannya perlu mempertimbangkan standardisasi proses, interoperabilitas, dan koordinasi antaraktor (Behnke & Janssen, 2020; Lai *et al.*, 2025). Dengan demikian, penelitian ini berfokus pada perancangan dan implementasi model *traceability* pangan end-to-end untuk MBG melalui arsitektur hibrida Web2–Web3. Berdasarkan kesenjangan tersebut, penelitian ini mengusulkan model *traceability* pangan end-to-end berbasis blockchain dan arsitektur hibrida Web2-Web3 untuk Program Makan Bergizi Gratis (MBG) di Indonesia. Model yang diusulkan memetakan tahapan utama perjalanan pangan ke dalam rangkaian aktivitas yang dapat ditelusuri, sedangkan arsitektur hibrida memisahkan fungsi aplikasi operasional dengan mekanisme pencatatan dan verifikasi berbasis blockchain. Model tersebut kemudian diimplementasikan dalam bentuk prototipe yang menggunakan smart contract untuk menangani aktivitas *traceability* utama, sementara komponen Web2 digunakan untuk mendukung interaksi pengguna dan proses operasional sistem. Penelitian ini bertujuan untuk merancang, mengimplementasikan, dan mengevaluasi secara awal model *traceability* pangan end-to-end serta arsitektur hibrida Web2-Web3 yang dapat mendukung transparansi, auditabilitas, dan keterlacakan proses distribusi pangan pada program MBG. Kontribusi penelitian meliputi: (1) model *traceability* end-to-end yang disesuaikan dengan alur operasional MBG; (2) arsitektur hibrida Web2-Web3 yang mengintegrasikan sistem aplikasi dengan blockchain; dan (3) implementasi prototipe sebagai proof-of-concept yang dievaluasi melalui pengujian berbasis tugas dan System Usability Scale (SUS).

2. Metode Penelitian

2.1 Pendekatan Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan *Design Science Research* (DSR) untuk menghasilkan dan mengevaluasi artefak berupa model *traceability* pangan *end-to-end*, arsitektur hibrida Web2-Web3, dan prototipe sistem *traceability* berbasis blockchain untuk Program Makan Bergizi Gratis (MBG). Pendekatan DSR dipilih karena penelitian berorientasi pada pengembangan artefak sebagai solusi terhadap permasalahan yang diidentifikasi, sekaligus melakukan evaluasi terhadap artefak yang dihasilkan (Hevner *et al.*, 2004; Peffers *et al.*, 2007). Tahap pertama adalah identifikasi masalah dan kebutuhan, yang dilakukan melalui studi literatur mengenai program MBG, food *traceability*, dan penerapan blockchain pada rantai pasok pangan untuk mengidentifikasi permasalahan, kesenjangan penelitian, serta kebutuhan *traceability*. Tahapan selanjutnya meliputi: (2) analisis proses dan kebutuhan sistem; (3) perancangan model *traceability*; (4) perancangan arsitektur hibrida Web2-Web3; (5) implementasi prototipe; dan (6) evaluasi prototipe. Hubungan antartahapan ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Tahapan Penelitian

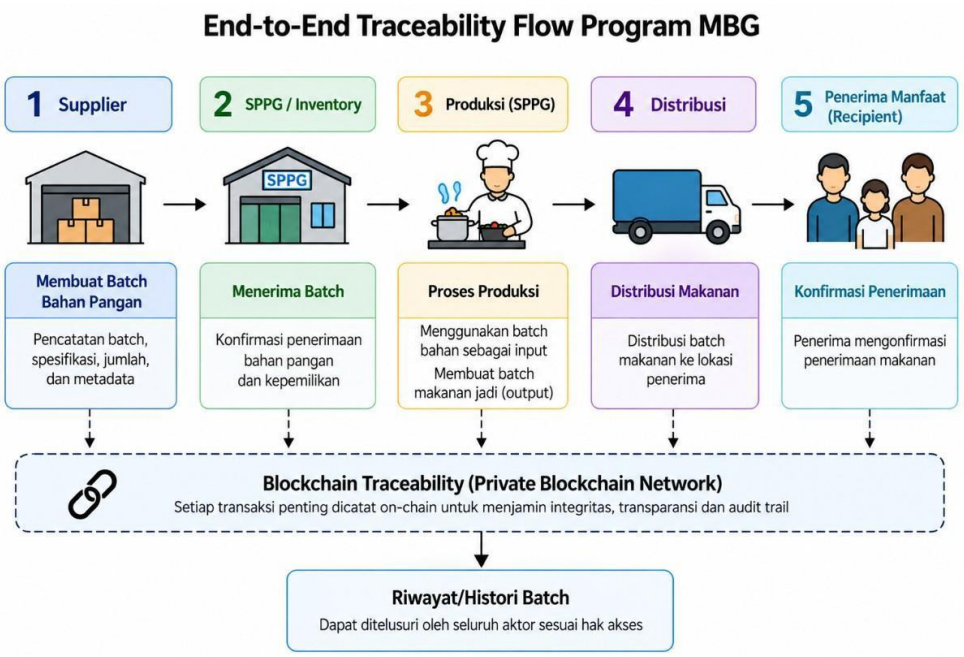
Jurnal Manajemen dan Teknologi
https://journal.stmiki.ac.id
E-ISSN: 3047-8251 | P-ISSN: 3047-826X
Vol. 3 No. 2 (2026) | November
OPEN ACCESS
https://doi.org/ 10.63447/jmt.v3i2.2182

2.2 Analisis Proses dan Kebutuhan Sistem

Analisis kebutuhan dilakukan untuk menerjemahkan proses operasional MBG ke dalam kebutuhan *traceability* digital. Analisis didasarkan pada alur proses operasional, aktor, aktivitas, kebutuhan informasi, serta kebutuhan fungsional dan non-fungsional sistem. Aktor yang dimodelkan meliputi pemasok (*supplier*), pengelola persediaan (*inventory*), bagian produksi (*production*), bagian distribusi (*distribution*), dan penerima manfaat (*recipient*). Setiap aktor memiliki aktivitas dan hak akses yang berbeda dalam proses *traceability*. Informasi yang menjadi perhatian utama meliputi identitas batch, bahan pangan, jumlah, aktivitas produksi, perpindahan, waktu transaksi, serta konfirmasi penerimaan. Hasil analisis digunakan sebagai dasar untuk menentukan aktivitas yang perlu menghasilkan catatan *traceability*, data yang perlu dikelola oleh sistem, serta aktivitas yang membutuhkan verifikasi melalui *smart contract*. Kebutuhan sistem diturunkan melalui pemetaan alur operasional MBG berdasarkan studi literatur dan pedoman pemantauan serta pengawasan MBG, dengan mengidentifikasi aktor, aktivitas, data masukan, keluaran, dan kebutuhan pencatatan pada setiap tahap. Hasil pemetaan menjadi dasar penentuan kebutuhan fungsional dan nonfungsional serta aktivitas yang memerlukan pencatatan atau verifikasi melalui *smart contract*, meliputi registrasi dan transfer *batch*, produksi, pengiriman, konfirmasi penerimaan, pelaporan insiden, dan penarikan pangan (*recall*).

2.3 Perancangan Model Traceability End-to-End

Model traceability dirancang dengan menjadikan batch pangan sebagai unit utama penelusuran. Setiap batch memiliki identitas unik yang digunakan untuk menghubungkan informasi pada tahapan berikutnya. Secara konseptual, alur traceability dirancang sebagai berikut:



Gambar 2. End-to-End Alur Traceability Program MBG

Setiap perpindahan atau perubahan status batch direpresentasikan sebagai peristiwa (*traceability event*). Batch bahan pangan yang diterima dari pemasok menjadi referensi pencatatan persediaan dan bahan masukan produksi. Ketika beberapa batch digunakan dalam proses produksi, hubungan antara batch masukan dan batch keluaran dicatat untuk menjaga keterlacakan asal bahan. Selanjutnya, aktivitas pengiriman merujuk pada identitas batch atau hasil produksi yang dikirim, sehingga riwayatnya dapat ditelusuri hingga tahap penerimaan oleh penerima manfaat. Model tersebut kemudian diterjemahkan ke dalam entitas dan relasi sistem, antara lain Batch, Production,

Jurnal Manajemen dan Teknologi
https://journal.stmiki.ac.id
E-ISSN: 3047-8251 | P-ISSN: 3047-826X
Vol. 3 No. 2 (2026) | November
OPEN ACCESS
https://doi.org/ 10.63447/jmt.v3i2.2182

Production Input, Delivery, dan Blockchain Transaction. Model ini menjadi dasar dalam perancangan smart contract dan integrasi antara aplikasi Web2 dengan blockchain.

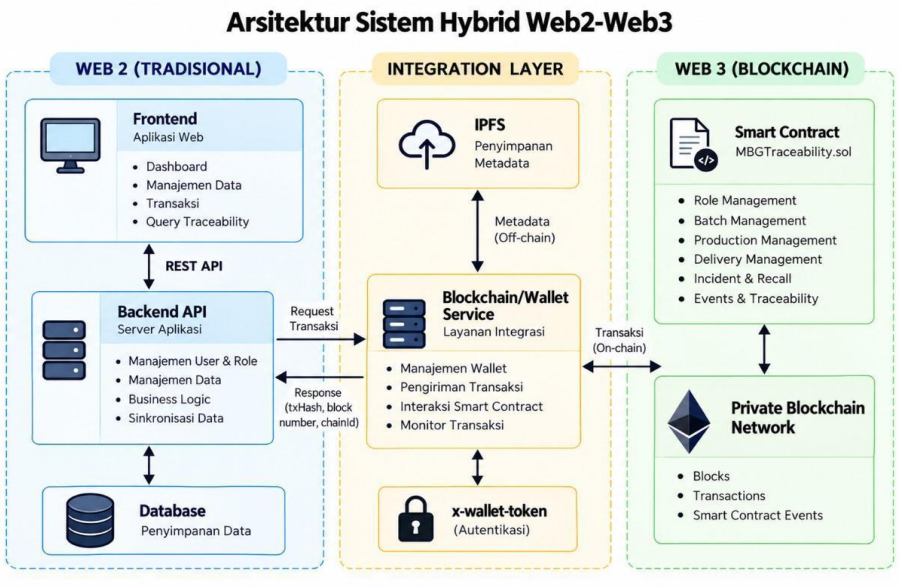
2.4 Perancangan Arsitektur Hibrida Web2-Web3

Arsitektur sistem dirancang menggunakan pendekatan Hibrida Web2-Web3 dengan memisahkan fungsi aplikasi operasional dari pencatatan transaksi *traceability*. Arsitektur terdiri atas enam komponen, yaitu *frontend web*, backend/API, database, *blockchain service*, *smart contract*, dan IPFS. Pembagian fungsi dan data pada setiap lapisan disesuaikan dengan implementasi prototipe, sebagaimana dirangkum pada Tabel 1.

Tabel 1. Pembagian Fungsi Komponen Arsitektur Hibrida Web2-Web3

Komponen	Fungsi dan data yang dikelola
Frontend web	Antarmuka pengguna untuk aktivitas sesuai perannya.
Backend	Logika aplikasi, pengelolaan data dan komunikasi antarlayanan
Database	Penyimpanan data operasional dan transaksi
Blockchain Service	Penghubung aplikasi dengan jaringan blockchain
Smart contract	Aturan dan pencatatan transaksi *traceability* pada jaringan blockchain
IPFS	Menyimpan metadata batch melalui IPFS secara terdistribusi.

Hubungan antarlapisan dibentuk melalui identitas objek *traceability* dan referensi transaksi. Pada alur pembentukan batch, metadata diunggah ke IPFS untuk memperoleh CID, kemudian CID digunakan dalam transaksi pembentukan batch melalui *smart contract*. Setelah transaksi diproses, informasi transaksi disinkronkan dengan basis data lokal. Aktivitas produksi dan pengiriman selanjutnya menghubungkan catatan operasional dengan objek *traceability* yang relevan. Dengan demikian, identitas batch, relasi antaraktivitas, CID (Content Identifier), dan transaction hash digunakan untuk menghubungkan data operasional dengan catatan blockchain sehingga riwayat traceability dapat ditelusuri melalui aplikasi Web2.



Gambar 3. Arsitektur Hibrida Web2-Web3

Pendekatan ini memungkinkan data operasional tetap dikelola melalui aplikasi dan database, sementara aktivitas *traceability* yang ditentukan dicatat melalui blockchain. IPFS melengkapi arsitektur dengan menyediakan penyimpanan metadata di luar blockchain, tanpa menempatkan seluruh data operasional secara langsung pada *smart contract*.

Jurnal Manajemen dan Teknologi
https://journal.stmiki.ac.id
E-ISSN: 3047-8251 | P-ISSN: 3047-826X
Vol. 3 No. 2 (2026) | November
OPEN ACCESS
https://doi.org/ 10.63447/jmt.v3i2.2182

2.5 Implementasi Prototipe

Berdasarkan model dan arsitektur yang telah dirancang, dikembangkan prototipe sistem *traceability* MBG. Prototipe mengimplementasikan alur utama *traceability* dari pembentukan batch, proses produksi, hingga distribusi dan penerimaan makanan. Komponen smart contract digunakan untuk merepresentasikan aturan transaksi dan perubahan status pada objek *traceability*. Integrasi antara aplikasi Web2 dan blockchain dilakukan melalui layanan blockchain sehingga pengguna dapat menjalankan proses operasional tanpa harus berinteraksi langsung dengan blockchain secara kompleks. Prototipe dikembangkan menggunakan React pada sisi antarmuka, Laravel sebagai backend/API, dan MySQL untuk penyimpanan data operasional. Blockchain digunakan untuk mencatat transaksi traceability yang ditentukan, sedangkan IPFS digunakan untuk menyimpan metadata yang dirujuk dalam transaksi tersebut. Pada pembentukan batch, metadata diunggah ke IPFS untuk memperoleh CID yang digunakan dalam transaksi *smart contract*. Transaksi yang berhasil menghasilkan *transaction hash*, yang informasinya disinkronkan dengan database. Integrasi ini mendukung penelusuran riwayat *traceability* melalui keterkaitan data operasional, catatan blockchain, dan metadata.

2.6 Evaluasi Prototipe

Evaluasi dilakukan menggunakan pendekatan task-based usability evaluation untuk mengetahui kemampuan pengguna dalam menyelesaikan aktivitas utama pada prototipe. Dari 27 calon peserta yang mengikuti *screening*, dipilih 10 peserta berdasarkan kesesuaian peran atau pemahaman terhadap proses MBG, kesiapan perangkat, dan kesediaan mengikuti pengujian daring. Peserta terdiri atas dua fungsi inventori, dua produksi, satu distribusi, dan lima penerima. Peran *supplier* tidak terwakili, sehingga tahap ini belum dievaluasi secara langsung. Responden menyelesaikan skenario tugas sesuai perannya melalui pengujian daring menggunakan laptop atau ponsel, dengan instruksi tertulis (skenario test) dan lisan. Bantuan diberikan saat diperlukan. Dari pengujian diperoleh 33 observasi tugas yang dikategorikan sebagai (1) berhasil secara mandiri, (2) berhasil dengan bantuan, atau (3) gagal. Setelah menyelesaikan tugas, responden mengisi *System Usability Scale* (SUS) yang terdiri atas 10 pernyataan dengan skala lima tingkat (1–5). Data dianalisis secara deskriptif berdasarkan persentase penyelesaian tugas, nilai rata-rata, minimum, dan maksimum SUS, serta umpan balik kualitatif untuk mengidentifikasi permasalahan dan peluang penyempurnaan prototipe. Skenario tugas mencakup pencatatan dan penerimaan stok oleh inventori, pencatatan proses produksi oleh bagian produksi, pencatatan pengiriman oleh bagian distribusi, serta konfirmasi penerimaan makanan oleh penerima manfaat. Tugas dinilai berhasil apabila peserta dapat menyelesaikan tindakan sesuai instruksi dan menghasilkan status atau catatan yang diharapkan pada prototipe. Pengujian ini belum mencakup tugas pada peran *supplier*.

Tabel 2. Karakteristik Peserta Pengujian Prototipe

Peran Pengujian	Jumlah Peserta	Organisasi	Persentase
Supplier	0	-	0%
Inventory	2	SPPG	20%
Production	2	SPPG	20%
Distribution	1	SPPG	10%
Recipient	5	Sekolah (Penerima Manfaat)	50%

2.7 Analisis Data

Data hasil pengujian tugas dianalisis secara deskriptif dengan menghitung persentase penyelesaian tugas. Persentase penyelesaian tugas digunakan untuk mengetahui proporsi tugas yang dapat diselesaikan oleh peserta, baik secara mandiri maupun dengan bantuan, menggunakan persamaan:

$$P = \frac{T_s}{T} \text{ x } 100\%$$

Jurnal Manajemen dan Teknologi
https://journal.stmiki.ac.id
E-ISSN: 3047-8251 | P-ISSN: 3047-826X
Vol. 3 No. 2 (2026) | November
OPEN ACCESS
https://doi.org/ 10.63447/jmt.v3i2.2182

Dengan P adalah persentase penyelesaian tugas, T_s adalah jumlah tugas yang berhasil diselesaikan, baik secara mandiri maupun dengan bantuan, dan T adalah total tugas yang diuji. Selain itu, persentase penyelesaian secara mandiri dihitung untuk mengetahui proporsi tugas yang dapat diselesaikan peserta tanpa bantuan menggunakan persamaan:

$$P_m = \frac{T_m}{T} \text{ x } 100\%$$

Dengan P_m adalah persentase penyelesaian secara mandiri dan T_m adalah jumlah tugas yang berhasil diselesaikan tanpa bantuan. Persepsi usability diukur menggunakan System Usability Scale (SUS), yaitu instrumen yang terdiri atas 10 pernyataan dengan skala respons lima tingkat (Brooke, 1996). Skor setiap butir dihitung dengan mengurangi respons dengan 1 untuk butir ganjil dan mengurangi respons dari 5 untuk butir genap. Seluruh skor kontribusi dijumlahkan, kemudian dikalikan 2,5 untuk memperoleh skor SUS pada rentang 0–100. Skor SUS seluruh responden dianalisis secara deskriptif dengan menghitung nilai rata-rata, minimum, dan maksimum. Hasil observasi tugas dan umpan balik peserta juga dianalisis secara deskriptif untuk mengidentifikasi aspek prototipe yang telah berjalan dengan baik serta bagian yang masih memerlukan penyempurnaan.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Hasil

3.1.1 Hasil Model Traceability End-to-End

Model *traceability* yang dihasilkan memetakan perjalanan bahan pangan dan makanan pada program MBG dari supplier, inventory, produksi, distribusi, hingga penerima manfaat. Model menggunakan *batch* sebagai objek penghubung antaraktivitas sehingga setiap tahapan dapat dikaitkan dengan riwayat bahan atau produk yang sama. Setiap perpindahan, penggunaan, produksi, distribusi, dan penerimaan dipandang sebagai bagian dari rangkaian *traceability event* yang membentuk *lineage* produk dari sumber hingga penerima. Model ini merupakan pengembangan pada tingkat sistem dari implementasi smart contract yang telah dikembangkan pada penelitian sebelumnya (Abdillah A.G. *et al.*, 2026). Penelitian sebelumnya telah menguji fungsi smart contract yang mencakup siklus hidup batch (*batch lifecycle*) dan perpindahan kepemilikan (*ownership transfer*), production, delivery, incident, recall, serta traceability query melalui 17 test case dengan hasil seluruhnya *passing*, hasil tersebut tidak diposisikan sebagai kontribusi baru, tetapi digunakan sebagai fondasi blockchain layer untuk membangun model traceability yang menghubungkan proses operasional antaraktor secara end-to-end. Sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 2, alur dimulai ketika supplier membuat batch bahan pangan. Batch kemudian diterima dan dikonfirmasi oleh inventory pada SPPG. Pada tahap produksi, bahan dari satu atau beberapa batch digunakan sebagai input untuk menghasilkan produk makanan. Setelah proses pengolahan selesai, produk diteruskan ke tahap penyaluran hingga sampai kepada penerima manfaat. Pada tahap akhir, penerimaan makanan dikonfirmasi sehingga perjalanan produk dapat ditelusuri dari sumber hingga titik penerimaan. Untuk mendukung keterhubungan tersebut, model pada tingkat sistem terdiri atas beberapa entitas utama, yaitu Batch, Production, Production Input, Delivery, dan Blockchain Transaction.

Tabel 3. Entitas Utama Model Traceability

Entitas	Fungsi dalam Traceability
Batch	Menjadi unit utama penelusuran dan menyimpan identitas serta informasi bahan atau produk
Production	Mencatat proses pembentukan produk dari bahan
Production Input	Menghubungkan bahan (*batch*) dengan proses produksi

Jurnal Manajemen dan Teknologi
https://journal.stmiki.ac.id
E-ISSN: 3047-8251 | P-ISSN: 3047-826X
Vol. 3 No. 2 (2026) | November
OPEN ACCESS
https://doi.org/ 10.63447/jmt.v3i2.2182

Delivery	Mencatat perpindahan makanan dari proses produksi/distribusi ke penerima
Blockchain Transaction	Menghubungkan aktivitas *traceability* dengan bukti transaksi pada blockchain

Hubungan antarentitas memungkinkan riwayat bahan dan produk direkonstruksi melalui keterkaitan antara batch input, proses produksi, output batch, distribusi, dan penerimaan. Dengan demikian, traceability tidak berhenti pada pencatatan transaksi blockchain, tetapi membentuk hubungan proses yang dapat digunakan untuk mengikuti perjalanan produk dari hulu ke hilir maupun menelusuri kembali bahan yang digunakan pada suatu produk. Hasil model ini selanjutnya menjadi dasar untuk menentukan pembagian fungsi antara komponen Web2 dan Web3. Aktivitas operasional seperti interaksi pengguna, pengelolaan data, dan penyajian informasi ditangani oleh komponen Web2, sedangkan transaksi traceability yang membutuhkan integritas dan audit trail memanfaatkan blockchain. Dengan demikian, kontribusi penelitian ini terletak pada pengintegrasian alur traceability end-to-end dengan lapisan aplikasi Web2 dan blockchain dalam satu model sistem, bukan pada perancangan ulang logika smart contract yang telah dilaporkan pada penelitian sebelumnya.

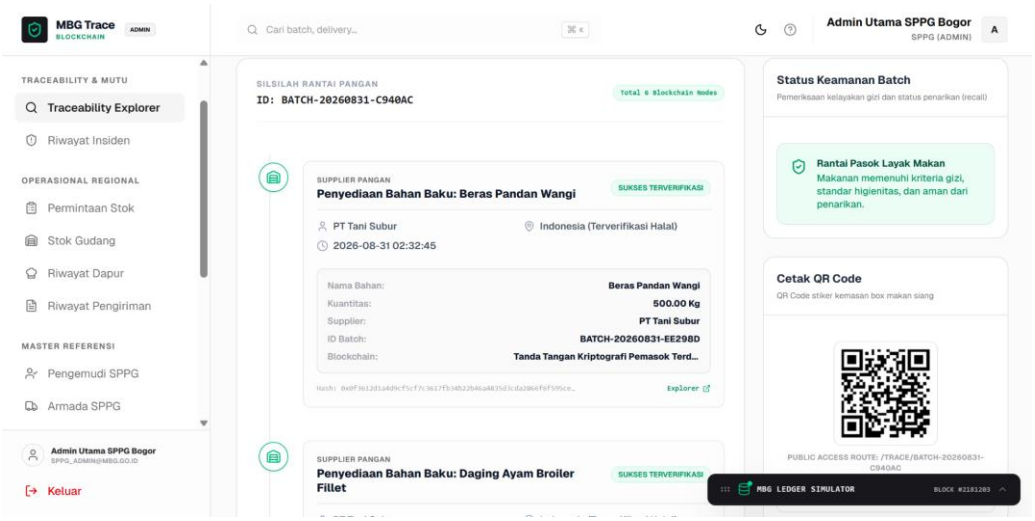
3.1.2 Hasil Arsitektur Hibrida Web2-Web3

Arsitektur yang dihasilkan mengintegrasikan komponen Web2, integration layer, dan Web3 untuk memisahkan kebutuhan operasional aplikasi dengan kebutuhan pencatatan dan verifikasi traceability. Pemisahan tersebut memungkinkan proses operasional tetap dijalankan melalui aplikasi, sementara aktivitas traceability yang membutuhkan integritas dan audit trail diteruskan ke blockchain. Pada sisi Web2, frontend, backend/API, dan database digunakan untuk menangani interaksi pengguna, autentikasi, logika aplikasi, serta pengelolaan data operasional. *Integration layer* berfungsi sebagai penghubung antara aplikasi Web2, layanan blockchain, dan penyimpanan metadata. Pada sisi Web3, *smart contract* mengeksekusi operasi sesuai ketentuan yang ditetapkan dalam kontrak, sedangkan jaringan *private blockchain* menyediakan lapisan pencatatan transaksi yang dapat diverifikasi, sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 3. Alur transaksi dimulai ketika pengguna mengirimkan permintaan melalui frontend ke backend/API. Backend kemudian memproses kebutuhan operasional dan, untuk aktivitas traceability yang memerlukan pencatatan blockchain, meneruskan permintaan melalui blockchain service menuju smart contract. Hasil transaksi kemudian dikembalikan ke aplikasi untuk ditampilkan kepada pengguna. Dengan mekanisme ini, pengguna dapat menjalankan proses operasional melalui antarmuka aplikasi tanpa harus berinteraksi langsung dengan blockchain. Data operasional yang bersifat dinamis dikelola melalui basis data pada lapisan Web2, sedangkan transaksi traceability yang memerlukan pencatatan dan auditabilitas direkam pada jaringan private blockchain. IPFS digunakan untuk menyimpan metadata atau artefak yang tidak perlu ditempatkan secara langsung pada blockchain. Pembagian tersebut memungkinkan penggunaan blockchain dilakukan secara selektif sesuai kebutuhan traceability, bukan sebagai pengganti seluruh sistem informasi operasional. Arsitektur ini menghubungkan model *traceability* pada Gambar 2 dengan rancangan implementasi prototipe. Model *traceability* menentukan informasi dan aktivitas yang perlu ditelusuri, sedangkan arsitektur menentukan bagaimana komponen sistem mengelola informasi tersebut. Dengan demikian, komponen Web2 mendukung kebutuhan operasional dan interaksi pengguna, sementara komponen Web3 menyediakan mekanisme pencatatan serta verifikasi transaksi *traceability*. Pendekatan tersebut merupakan perluasan dari penelitian sebelumnya yang berfokus pada implementasi dan validasi smart contract MBGTraceability. Pada penelitian tersebut, smart contract ditempatkan sebagai lapisan transaksi dan provenance, sedangkan antarmuka, autentikasi pengguna, dan metadata berada di luar kontrak. Penelitian ini dikembangkan lebih lanjut sebagai rancangan sistem hibrida Web2-Web3 yang menyatukan berbagai komponen aplikasi operasional, layanan integrasi, database, blockchain, dan penyimpanan metadata ke dalam satu alur traceability.

Jurnal Manajemen dan Teknologi
https://journal.stmiki.ac.id
E-ISSN: 3047-8251 | P-ISSN: 3047-826X
Vol. 3 No. 2 (2026) | November
OPEN ACCESS
https://doi.org/ 10.63447/jmt.v3i2.2182

3.1.3 Implementasi Prototype

Sebagai realisasi dari rancangan yang diusulkan, penelitian ini menghasilkan prototipe traceability bahan pangan MBG untuk menunjukkan penerapan model dan arsitektur pada tingkat sistem. Prototipe mengimplementasikan alur utama proses mulai dari pembuatan batch, penerimaan bahan, proses produksi, distribusi, hingga konfirmasi penerimaan makanan sehingga catatan dari berbagai proses tersebut dapat ditautkan berdasarkan identitas batch yang bersangkutan. Pada sisi aplikasi, prototipe menyediakan fungsi operasional sesuai dengan peran pengguna. Untuk aktivitas *traceability* yang memerlukan pencatatan dan verifikasi, aplikasi meneruskan permintaan melalui layanan blockchain dan smart contract. Dengan mekanisme ini, pengguna dapat menjalankan proses operasional melalui antarmuka aplikasi tanpa harus berinteraksi langsung dengan blockchain. Data operasional dikelola melalui lapisan Web2, sedangkan transaksi *traceability* yang memerlukan verifikasi dicatat pada jaringan blockchain.



Gambar 4. Halaman Traceability Explorer

Salah satu antarmuka utama prototipe adalah Traceability Explorer, sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 4. Antarmuka ini menampilkan riwayat perjalanan *batch* berdasarkan aktivitas *traceability* yang tercatat. Informasi yang disajikan memperlihatkan keterkaitan antara *batch* bahan pangan, proses produksi, distribusi, dan penerimaan dalam satu rangkaian riwayat (*lineage*). Dengan demikian, pengguna dapat menelusuri hubungan antarproses melalui satu antarmuka.

Tabel 4. Fungsi Utama Prototipe Berdasarkan Tahapan Traceability

Tahap	Fungsi Prototipe
Supplier	Membuat *batch* bahan pangan
Inventory	Menerima dan mengkonfirmasi *batch*
Production	Menggunakan bahan dan membuat *batch* makanan
Distribution	Membuat dan mengirim pengiriman
Recipient	Mengonfirmasi penerimaan

Implementasi prototipe selanjutnya dievaluasi melalui pengujian fungsional, integrasi, dan *end-to-end*. Hasil pengujian integrasi yang terdokumentasi menunjukkan bahwa unggah metadata menghasilkan identitas konten IPFS, registrasi *batch* menghasilkan *transaction hash* dan sinkronisasi data ke database, serta pencatatan produksi dan konfirmasi distribusi menghasilkan pembaruan data sesuai alur yang diuji. Pengujian penelusuran juga menunjukkan bahwa endpoint *traceability* dapat menyajikan riwayat *batch* dari hulu ke hilir. Ringkasan hasil pengujian integrasi tersebut disajikan pada Tabel 5.

Jurnal Manajemen dan Teknologi
https://journal.stmiki.ac.id
E-ISSN: 3047-8251 | P-ISSN: 3047-826X
Vol. 3 No. 2 (2026) | November
OPEN ACCESS
https://doi.org/ 10.63447/jmt.v3i2.2182

Tabel 5. Ringkasan Hasil Pengujian Integrasi Web2-Web3

ID Uji	Komponen/Alur yang diuji	Hasil yang terdokumentasi
IT-03	Unggah metadata IPFS	Identitas konten IPFS diperoleh dan dapat digunakan pada transaksi batch.
IT-04	Registrasi batch	Transaction hash dihasilkan dan data disinkronkan dengan database.
IT-06	Pencatatan produksi	Relasi multi-batch input dan batch output tercatat dalam alur produksi yang diuji.
IT-08	Konfirmasi distribusi	Status pengiriman tercatat pada komponen on-chain dan off-chain.
IT-11	Penelusuran batch	Data riwayat provenance hulu-hilir dikembalikan dan ditampilkan melalui endpoint penelusuran.

Hasil pengujian *end-to-end* juga mendokumentasikan satu skenario alur bahan pangan dari supplier, melalui penerimaan dan produksi di SPPG, hingga konfirmasi penerimaan oleh penerima manfaat dan penelusuran melalui portal publik. Hasil ini memberikan bukti awal bahwa komponen operasional dan layanan *traceability* dapat digunakan secara berurutan dalam skenario yang diuji. Namun, hasil tersebut belum menjadi bukti bahwa seluruh kemungkinan kegagalan transaksi atau perubahan data telah diuji.

3.1.4 Hasil Task-Based Usability Evaluation

Pengujian dilakukan terhadap 10 peserta dengan total 33 observasi tugas yang disesuaikan dengan peran pengguna. Dari 33 observasi tugas, sebanyak 24 tugas (72,73%) diselesaikan secara mandiri dan 9 tugas (27,27%) diselesaikan dengan bantuan pengguna; tidak terdapat tugas yang gagal diselesaikan.

Tabel 6. Hasil Pengujian Berdasarkan Peran Pengguna

Peran	Tugas	Mandiri	Dibantu	Gagal
Inventory	8	6	2	0
Production	6	6	0	0
Distribution	4	2	2	0
Recipient	15	10	5	0
Total	33	24	9	0

Hasil tersebut menunjukkan bahwa seluruh tugas yang diamati dapat diselesaikan oleh peserta, tetapi tingkat penyelesaian secara mandiri berbeda antarkelompok peran. Pada kelompok Production, seluruh tugas diselesaikan secara mandiri. Sebaliknya, pada kelompok Distribution, setengah dari tugas memerlukan bantuan, sedangkan pada kelompok Recipient, lima dari 15 tugas memerlukan bantuan. Temuan ini menunjukkan bahwa meskipun fungsi prototipe dapat digunakan untuk menyelesaikan seluruh tugas yang diuji, beberapa alur penggunaan masih memerlukan pendampingan. Hasil tersebut menjadi dasar untuk menganalisis aspek *usability* dan masukan pengguna pada bagian berikutnya.

3.1.5 Hasil SUS dan Umpan Balik

Hasil pengukuran *System Usability Scale* (SUS) menunjukkan nilai rata-rata sebesar 67,25, dengan skor minimum 47,50 dan maksimum 85,00. Jika dibandingkan dengan nilai acuan 68 yang umum digunakan dalam interpretasi SUS, skor rata-rata prototipe berada sedikit di bawah nilai pembanding tersebut. Hasil ini mengindikasikan bahwa prototipe telah dapat digunakan untuk menyelesaikan skenario tugas yang diuji, tetapi kemudahan penggunaannya masih perlu ditingkatkan.

Jurnal Manajemen dan Teknologi
https://journal.stmiki.ac.id
E-ISSN: 3047-8251 | P-ISSN: 3047-826X
Vol. 3 No. 2 (2026) | November
OPEN ACCESS
https://doi.org/ 10.63447/jmt.v3i2.2182

Tabel 7. Hasil System Usability Scale

Statistik	Nilai
Minimum	47,50
Maksimum	85,00
Rata-rata	67,25

Umpan balik kualitatif menunjukkan bahwa peserta menilai fitur pelacakan, konfirmasi penerimaan, QR Code, dan informasi riwayat membantu proses penelusuran. Namun, beberapa masukan menunjukkan perlunya penyederhanaan tampilan, penyediaan panduan awal penggunaan, peningkatan pengalaman pengguna pada kelompok usia tertentu, serta penyederhanaan penyajian informasi teknis, seperti metadata blockchain. Temuan ini melengkapi hasil SUS dengan menunjukkan aspek antarmuka dan penyajian informasi yang masih perlu disempurnakan.

3.2 Pembahasan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa model yang dikembangkan mampu menghubungkan aktivitas *traceability* dari bahan pangan hingga penerima melalui identitas batch. Pendekatan ini memperluas penerapan food *traceability* yang pada penelitian sebelumnya umumnya berfokus pada provenance produk, segmen rantai pasok tertentu, atau teknologi tertentu. Wang *et al.* (2022), misalnya, menunjukkan kelayakan blockchain-enabled *traceability* pada rantai pasok pangan, sedangkan Markovic *et al.* (2020) menekankan pentingnya provenance pada proses last-mile delivery. Model penelitian ini mengintegrasikan aktivitas tersebut ke dalam satu alur yang disesuaikan dengan proses MBG. Arsitektur hibrida juga menunjukkan bahwa blockchain tidak harus digunakan untuk seluruh data operasional. Pemisahan fungsi Web2 dan Web3 memungkinkan data operasional tetap dikelola melalui aplikasi, sementara transaksi *traceability* yang membutuhkan integritas dan audit trail dicatat melalui private blockchain network. Pendekatan ini sejalan dengan Solaiman *et al.* (2021) yang menunjukkan manfaat arsitektur hybrid dalam mengkombinasikan komponen *on-chain* dan *off-chain*. Dengan demikian, kontribusi penelitian terletak pada integrasi model traceability end-to-end dengan arsitektur Hibrida Web2-Web3 pada konteks MBG, bukan pada pengembangan ulang logika smart contract.

Dari sisi evaluasi pengguna, seluruh 33 observasi tugas dapat diselesaikan, terdiri atas 24 tugas (72,73%) yang diselesaikan secara mandiri dan 9 tugas (27,27%) yang memerlukan bantuan. Hasil ini menunjukkan bahwa fungsi prototipe dapat digunakan untuk menyelesaikan skenario yang diuji, tetapi tidak seluruh tugas dapat dilakukan secara mandiri. Sementara itu, skor rata-rata *System Usability Scale* (SUS) sebesar 67,25 berada sedikit di bawah nilai pembanding 68 yang umum digunakan dalam interpretasi SUS. Kedua hasil tersebut memberikan gambaran yang saling melengkapi: penyelesaian tugas menunjukkan keterlaksanaan fungsi dalam skenario pengujian, sedangkan skor SUS menunjukkan bahwa persepsi kemudahan penggunaan masih perlu ditingkatkan. Umpan balik peserta secara khusus mengarah pada kebutuhan penyederhanaan tampilan, penyediaan panduan penggunaan, dan penyajian informasi teknis yang lebih mudah dipahami oleh pengguna operasional. Evaluasi ini masih memiliki keterbatasan. Pengujian pengguna belum mencakup peran *supplier*, meskipun peran tersebut merupakan bagian awal dari alur *traceability* yang dirancang. Keterbatasan rekrutmen peserta menyebabkan fungsi pada peran tersebut belum dievaluasi secara langsung oleh pengguna yang bersangkutan. Selain itu, hasil *task-based usability evaluation* dan SUS tidak dengan sendirinya membuktikan ketahanan integrasi blockchain terhadap kegagalan transaksi atau perubahan data. Oleh karena itu, hasil penelitian ini perlu dipahami sebagai evaluasi awal prototipe pada skenario dan kelompok pengguna yang diuji. Pengujian selanjutnya perlu melibatkan seluruh kelompok aktor MBG serta mencakup skenario kegagalan transaksi dan perubahan data untuk mengevaluasi sistem secara lebih menyeluruh.

Jurnal Manajemen dan Teknologi
https://journal.stmiki.ac.id

E-ISSN: 3047-8251 | P-ISSN: 3047-826X
Vol. 3 No. 2 (2026) | November
OPEN ACCESS
https://doi.org/ 10.63447/jmt.v3i2.2182

4. Kesimpulan

Penelitian ini menghasilkan model *traceability* pangan *end-to-end* berbasis blockchain dengan arsitektur hibrida Web2–Web3 untuk Program Makan Bergizi Gratis (MBG). Model menggunakan *batch* sebagai unit utama penelusuran dan menghubungkan aktivitas pemasok, inventaris, produksi, distribusi, hingga penerima manfaat. Model tersebut diimplementasikan dalam bentuk prototipe yang mengintegrasikan *smart contract* dengan jaringan *private blockchain*. Hasil evaluasi awal menunjukkan bahwa seluruh 33 observasi tugas diselesaikan, dengan 24 tugas (72,73%) dilakukan secara mandiri dan 9 tugas (27,27%) memerlukan bantuan pengguna. Tidak terdapat tugas yang gagal diselesaikan. Nilai rata-rata *System Usability Scale* (SUS) sebesar 67,25, dengan rentang 47,50–85,00. Hasil ini menunjukkan bahwa prototipe dapat mendukung alur *traceability* yang dirancang, tetapi masih memerlukan penyempurnaan antarmuka dan kemudahan penggunaan. Temuan tersebut merupakan hasil evaluasi awal prototipe dan belum membuktikan kesiapan sistem untuk diterapkan secara luas. Keterbatasan penelitian ini adalah belum terlibatnya peserta uji dengan peran pemasok sehingga evaluasi belum mencakup seluruh kelompok aktor dalam rantai pasok MBG. Penelitian selanjutnya perlu melibatkan seluruh kelompok aktor dan memvalidasi prototipe dalam lingkungan operasional SPPG. Selain itu, pengujian keamanan dan kinerja sistem diperlukan untuk mengevaluasi keandalan model dan arsitektur hibrida dalam mendukung proses *traceability* secara lebih komprehensif.

5. Ucapan Terima Kasih

Penulis menyampaikan rasa terima kasih kepada Kementerian Pendidikan Tinggi, Sains, dan Teknologi (Kemdiktisaintek) atas dukungan pendanaan melalui Program Penelitian BIMA (Basis Informasi Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat), skema Penelitian Dasar (Penelitian Dosen Pemula) Tahun Anggaran 2026 dengan nomor kontrak induk 283/C3/DT.05.00/PL-BARU/2026. Dukungan tersebut memungkinkan pelaksanaan penelitian, pengembangan prototipe, dan evaluasi awal sistem traceability pangan untuk Program Makan Bergizi Gratis (MBG). Penulis juga menyampaikan terima kasih kepada seluruh peserta yang telah berpartisipasi dalam proses penyaringan dan pengujian prototipe serta memberikan masukan untuk penyempurnaan sistem.

6. Daftar Pustaka

Abdillah, A. G., Saputra, A., & Afriantoro, I. (2026). Perancangan dan implementasi smart contract untuk traceability pangan pada Program Makan Bergizi Gratis (MBG) di Indonesia. *Jurnal Ilmu Komputer dan Teknologi Informasi, 3*(2), 126–138. https://doi.org/10.63447/jikti.v3i2.2054.

Adinda, A. S., & Jamal, N. (2026). Effectiveness of the free nutritious meal (MBG) program policy on improving students' health quality and learning productivity. *Golden Ratio of Data in Summary, 6*(1), 35–45. https://doi.org/10.52970/grdis.v6i1.1996.

Babo, D. H. P., Sidi, K. R., & Imtiyaz, H. (2026). Implementation of the Free Nutritious Meals (MBG) Program: A health policy perspective from Jakarta. *Jurnal Cakrawala Promkes, 8*(1), 50–59. https://doi.org/10.12928/jcp.v8i1.15522.

Badan Gizi Nasional. (2025). *Keputusan Deputi Bidang Pemantauan dan Pengawasan Nomor 3 Tahun 2025 tentang Petunjuk Teknis Pemantauan dan Pengawasan Program Makan Bergizi Gratis (MBG).*

E-ISSN: 3047-8251 | P-ISSN: 3047-826X
Vol. 3 No. 2 (2026) | November
OPEN ACCESS
https://doi.org/ 10.63447/jmt.v3i2.2182

Behnke, K., & Janssen, M. F. W. H. A. (2020). Boundary conditions for traceability in food supply chains using blockchain technology. *International Journal of Information Management, 52*, Article 101969. https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2019.05.025.

Brooke, J. (1996). SUS: A 'quick and dirty' usability scale. In P. W. Jordan, B. Thomas, B. A. Weerdmeester, & I. L. McClelland (Eds.), *Usability evaluation in industry* (pp. 189–194). Taylor & Francis. https://doi.org/10.1201/9781498710411-35.

Casino, F., Kanakaris, V., Dasaklis, T. K., Moschuris, S., & Rachaniotis, N. P. (2019). Modeling food supply chain traceability based on blockchain technology. *IFAC-PapersOnLine, 52*(13), 2728–2733. https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2019.11.620.

Darodjat, R., & Utarie, F. (2022). Optimalisasi penjualan bahan pangan oleh petani dan UMKM dengan memanfaatkan teknologi digital. *Dharmakarya: Jurnal Aplikasi Ipteks untuk Masyarakat, 11*(1), 1–4. https://doi.org/10.24198/dharmakarya.v11i1.36093.

Ellahi, R. M., Wood, L. C., & Bekhit, A. E.-D. A. (2023). Blockchain-based frameworks for food traceability: A systematic review. *Foods, 12*(16), 3026. https://doi.org/10.3390/foods12163026.

Hevner, A. R., March, S. T., Park, J., & Ram, S. (2004). Design science in information systems research. *MIS Quarterly, 28*(1), 75–105. https://doi.org/10.2307/25148625.

Kechagias, E. P., Gayialis, S. P., Papadopoulos, G. A., & Papoutsis, G. (2023). An Ethereum-based distributed application for enhancing food supply chain traceability. *Foods, 12*(6), 1220. https://doi.org/10.3390/foods12061220.

Liu, P., Qiang, L., Shanshan, Y., Wen, L., Zhenyu, Y., Yue, D., Min, D., & Yiying, N. (2021). Design and implementation of blockchain based food quality and safety traceability platform. In *Proceedings of the 4th International Conference on Information Technologies and Electrical Engineering (ICITEE 2021)* (Article 66, pp. 1–5). ACM. https://doi.org/10.1145/3513142.3513210.

Markovic, M., Jacobs, N., Dryja, K., Edwards, P., & Strachan, N. J. C. (2020). Integrating internet of things, provenance, and blockchain to enhance trust in last mile food deliveries. *Frontiers in Sustainable Food Systems, 4*, Article 563424. https://doi.org/10.3389/fsufs.2020.563424.

Peffers, K., Tuunanen, T., Rothenberger, M. A., & Chatterjee, S. (2007). A design science research methodology for information systems research. *Journal of Management Information Systems, 24*(3), 45–77. https://doi.org/10.2753/MIS0742-1222240302.

Perdana, T., Renaldi, E., Sadeli, A. H., Rahmawati, I. F., & Perdana, H. H. (2022). Pemberdayaan konsumen pangan untuk meningkatkan konsumsi pangan berkualitas dengan penciptaan nilai bersama melalui social commerce. *Dharmakarya: Jurnal Aplikasi Ipteks untuk Masyarakat, 11*(2), 165–171. https://doi.org/10.24198/dharmakarya.v11i2.32289.

Shenia, A. S., Maksum, M. A., & Affandi, M. (2025). Studi kasus dampak Program Makan Bergizi Gratis (MBG) terhadap semangat belajar siswa di SD Negeri 38 Palembang. *Indonesian Journal of Education, 2*(1), 389–392. https://doi.org/10.71417/ije.v2i1.533.

Solaiman, E., Wike, T., & Sfyrakis, I. (2021). Implementation and evaluation of smart contracts using a hybrid on- and off-blockchain architecture. *Concurrency and Computation: Practice and Experience, 33*(1), e5811. https://doi.org/10.1002/cpe.5811.

E-ISSN: 3047-8251 | P-ISSN: 3047-826X
Vol. 3 No. 2 (2026) | November
OPEN ACCESS
https://doi.org/ 10.63447/jmt.v3i2.2182

Subashini, B., & Hemavathi, D. (2023). Scalable blockchain technology for tracking the provenance of the agri-food. *Computers, Materials & Continua, 75*(2), 3343–3361. https://doi.org/10.32604/cmc.2023.035074.

Sugandh, U., Nigam, S., Khari, M., & Misra, S. (2023). An approach for risk traceability using blockchain technology for tracking, tracing, and authenticating food products. *Information, 14*(11), 613. https://doi.org/10.3390/info14110613.

Vasileiou, M., Kyrgiakos, L. S., Kleisiari, C., Lappas, P. Z., Tsinopoulos, C., Kleftodimos, G., Ntemou, A., Kateris, D., Moulogianni, C., & Vlontzos, G. (2026). Digital transformation of food supply chain management using blockchain: A systematic literature review towards food safety and traceability. *Business & Information Systems Engineering, 68*(4), 919–946. https://doi.org/10.1007/s12599-025-00948-0.

Wang, L., He, Y., & Wu, Z. (2022). Design of a blockchain-enabled traceability system framework for food supply chains. *Foods, 11*(5), 744. https://doi.org/10.3390/foods11050744.