

Pengembangan Prototipe Aplikasi untuk Rantai Pasok Beras Menggunakan Blockchain dan QR Code dengan Metode ABCDE

Development of a Prototype Application for Rice Supply Chain Using Blockchain and QR Code with the ABCDE Methodology

AGUS BARLIANTO^{1*}, IRMAN HERMADI¹, SRI WAHJUNI¹

Abstrak

Penggunaan aplikasi rantai pasok berbasis blockchain memiliki potensi untuk merevolusi transparansi dan ketertelusuran dalam industri pertanian. Penelitian ini menyajikan pengembangan Ricetrack, sebuah prototipe aplikasi yang mengintegrasikan teknologi blockchain dan QR Code menggunakan Metode *Agile Blockchain DApp Engineering* untuk meningkatkan transparansi dan ketertelusuran dalam rantai pasok beras. Ricetrack memungkinkan setiap pemangku kepentingan untuk merekam dan mengakses data transaksi secara *real-time*, sementara integrasi QR Code memfasilitasi pelacakan produk dari petani hingga konsumen akhir dengan lebih efisien. Aplikasi ini dikembangkan dan diuji dalam rantai pasok beras di Menata Citra Selaras, Kabupaten Bekasi, Indonesia. Sebelum penerapan Ricetrack, ketertelusuran dan transparansi data sangat minim atau hampir tidak ada, dengan catatan yang dipelihara secara manual menggunakan kertas dan/atau Microsoft Excel. Pengujian prototipe menunjukkan peningkatan signifikan dalam ketertelusuran, transparansi data, dan efisiensi operasional. Temuan utama meliputi pengurangan waktu pencatatan dan penelusuran data sebesar 89%, peningkatan akses data *real-time* oleh pemangku kepentingan dari 5% menjadi 90%, serta penurunan kesalahan pencatatan data sebesar 95%. Dibandingkan dengan penelitian sebelumnya, Ricetrack menunjukkan keunggulan dalam efisiensi operasional dan adaptasi lokal. Studi ini menawarkan wawasan berharga tentang tantangan praktis dan manfaat penerapan teknologi blockchain dalam manajemen rantai pasok serta menyediakan dasar untuk peningkatan lebih lanjut dan implementasi Ricetrack yang lebih luas di masa depan.

Kata Kunci: *blockchain*, ketertelusuran, metode ABCDE, *QR code*, rantai pasok beras, *sawtooth*.

Abstract

The use of blockchain-based supply chain applications has the potential to revolutionize transparency and traceability in the agricultural industry. This study presents the development of Ricetrack, a prototype application integrating blockchain and QR Code technologies using the Agile Blockchain DApp Engineering (ABCDE) methodology to enhance transparency and traceability in the rice supply chain. Ricetrack enables stakeholders to record and access transaction data in real-time, while the integration of QR Codes facilitates efficient product tracking from farmers to end consumers. The application was developed and tested within the rice supply chain at Menata Citra Selaras, Bekasi Regency, Indonesia. Prior to Ricetrack, traceability and data transparency were minimal, with records maintained manually using paper and/or Microsoft Excel. Prototype testing demonstrated significant improvements in traceability, data transparency, and operational efficiency. Key findings include a 89% reduction in time required for data recording and tracing, an increase in real-time data access by stakeholders from 5% to 90%, and a 95% reduction in data recording errors. Compared to previous studies, Ricetrack shows advantages in operational efficiency and local adaptation. This study offers valuable insights into the practical benefits of implementing blockchain technology in supply chain management and provides a foundation for further development and wider implementation of Ricetrack in the future.

Keywords: ABCDE methodology, blockchain, QR code, rice supply chain, sawtooth, traceability.

¹ Departemen Ilmu Komputer, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, IPB University, Bogor 16880

* Penulis Korespondensi: Tel: +628558487227; Surel: agus.barlianto@gmail.com

PENDAHULUAN

Blockchain adalah teknologi inovatif yang menawarkan buku besar digital yang aman dan transparan, mampu merevolusi ketertelusuran rantai pasok dengan menyediakan catatan yang tidak dapat diubah dan dapat diakses secara *real-time* oleh semua pemangku kepentingan (Wust dan Gervais 2018). Rantai pasok beras di Indonesia, dengan konsumsi yang tinggi dan peran strategis dalam perekonomian, menghadapi berbagai tantangan seperti infrastruktur yang tidak memadai, kurangnya koordinasi antar lembaga, dan sistem informasi yang tidak terintegrasi (Perdana *et al.* 2020). Tantangan-tantangan ini mengakibatkan ketidakefisienan dalam pengelolaan rantai pasok dan risiko penipuan serta manipulasi data (Hassan *et al.* 2019). Pengembangan aplikasi berbasis *blockchain*, seperti *Ricetrack*, menawarkan solusi efektif untuk mengatasi masalah ini. *Ricetrack*, yang dikembangkan menggunakan teknologi *Sawtooth blockchain* dan metodologi *Agile Blockchain DApp Engineering (ABCDE)*, dirancang untuk meningkatkan ketertelusuran dengan menyediakan mekanisme pencatatan yang transparan dan tidak dapat diubah.

Beberapa penelitian terbaru menunjukkan potensi besar teknologi *blockchain* dalam meningkatkan transparansi dan efisiensi rantai pasok pangan. Misalnya, penelitian oleh Baralla *et al.* (2019) dan Wang *et al.* (2021) menunjukkan bahwa teknologi *blockchain* dapat memastikan keaslian dan ketertelusuran produk pangan. Penelitian oleh Bhatia dan Albarrak (2023) menggabungkan *blockchain* dengan teknologi XAI-Faster RCNN untuk meningkatkan keamanan dan kualitas produk pangan. Dey *et al.* (2021) mengembangkan FoodSQRBlock, yang mengintegrasikan *blockchain* dan QR Code untuk mendigitalkan informasi produksi makanan. Usman *et al.* (2021) mengembangkan sistem ketertelusuran rantai pasok ayam pedaging menggunakan Hyperledger Fabric dan QR Code, terintegrasi dengan aplikasi Android. Nawaz *et al.* (2020) mengembangkan sistem ketertelusuran rantai pasok obat-obatan berbasis Hyperledger Sawtooth. Penelitian-penelitian tersebut memberikan dasar yang kuat untuk penerapan teknologi *blockchain* dalam rantai pasok beras di Indonesia.

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan aplikasi berbasis teknologi *blockchain Sawtooth* dan *QR Code* dengan menggunakan metode ABCDE khusus untuk rantai pasok beras. Aplikasi yang dikembangkan diharapkan dapat menghadirkan data secara *real-time* bagi semua pemangku kepentingan, serta menyediakan sistem ketertelusuran yang memungkinkan pemantauan perjalanan beras dari petani hingga konsumen.

METODE

Penelitian ini dilakukan di Kabupaten Bekasi dan sekitarnya, khususnya di titik-titik rantai pasok beras Menata Citra Selaras (MCS), yaitu di Pabuaran, Cibitung, dan Jatiasih. Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Agustus 2023 sampai dengan Mei 2024.

Dalam upaya pengembangan aplikasi yang efisien dan andal melalui integrasi teknologi *blockchain* dan *QR Code*, penelitian ini menggunakan pendekatan metode ABCDE yang diperkenalkan oleh Marchesi *et al.* (2020). Metode ini dirancang untuk mendukung pengembangan perangkat lunak yang mengintegrasikan komponen *blockchain* dengan aplikasi eksternal seperti platform *web* atau *mobile*.

Langkah-langkah pengembangan aplikasi menggunakan metode ABCDE adalah sebagai berikut:

1. Menentukan Tujuan Sistem:
 - Merumuskan tujuan sistem dalam 10–30 kata untuk memberikan fokus yang jelas pada pengembangan aplikasi.
2. Identifikasi Aktor:
 - Mengidentifikasi aktor-aktor yang akan berinteraksi dengan sistem, seperti petani, pengumpul, MCS, distributor, pengecer, Bulog, dan konsumen.
3. Mengumpulkan *User Stories*:

- Mengumpulkan persyaratan sistem melalui user stories menggunakan pendekatan agile.
 - Membuat Diagram *Use Case* UML untuk menampilkan hubungan antara aktor dan user stories secara grafis.
4. Membagi Sistem menjadi Sub-sistem:
 - Memisahkan sistem menjadi dua sub-sistem utama:
 - i. *Transaction Family (Smart Contracts)*: Logika bisnis yang berjalan di atas blockchain Sawtooth.
 - ii. Perangkat Lunak Non-Blockchain: Aplikasi web atau mobile yang digunakan oleh pengguna akhir.
 5. Perancangan Sistem:
 - Menggunakan Diagram UML seperti *Class Diagram*, *Use Case Diagram*, dan *Sequence Diagram* untuk:
 - i. Merancang struktur dan fungsi transaction family.
 - ii. Memodelkan interaksi antara antarmuka pengguna dan blockchain.
 6. Pengembangan dan Pengujian Iteratif:
 - Mengembangkan aplikasi dan melakukan pengujian fungsionalitas secara bertahap dengan iterasi yang terencana.
 7. Penerapan dalam Lingkungan Operasional:
 - Menerapkan aplikasi pada rantai pasok beras di MCS dengan mengintegrasikan aliran pengembangan *blockchain* dan *non-blockchain* secara kontinu.
 8. Evaluasi Keamanan dan Optimasi Sumber Daya:
 - Melakukan evaluasi keamanan dan mengoptimalkan penggunaan sumber daya dalam transaction family untuk meningkatkan efisiensi.
 9. Pemeliharaan dan Pengembangan Berkelanjutan:
 - Memantau kinerja aplikasi secara *real-time*, mengumpulkan umpan balik dari pengguna dan melakukan penyesuaian dan perbaikan berdasarkan umpan balik dan pemantauan kinerja.

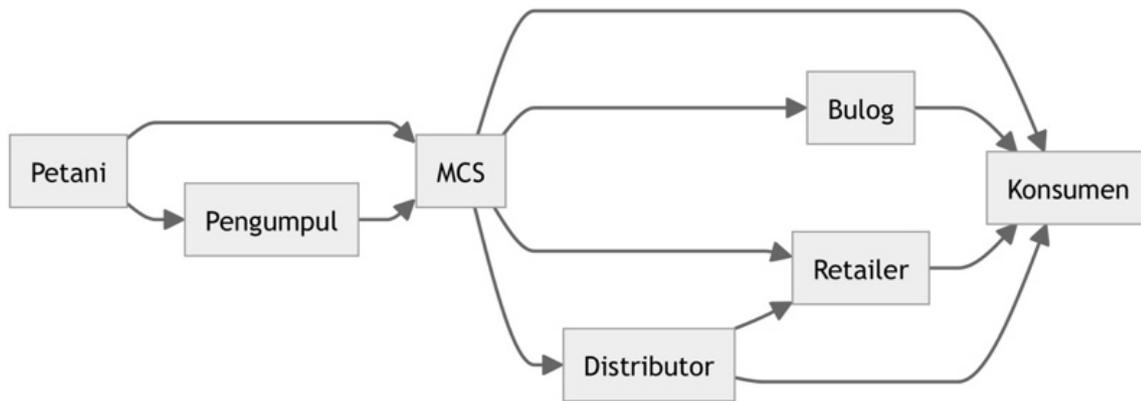
Metode penelitian juga melibatkan pengamatan lapangan dan wawancara mendalam dengan pemangku kepentingan. Pengamatan lapangan dilakukan untuk memahami konteks operasional dan mengidentifikasi masalah spesifik yang dihadapi dalam rantai pasok beras. Wawancara mendalam dengan pemangku kepentingan dilakukan untuk mengumpulkan data kualitatif tentang kebutuhan, tantangan, dan memastikan bahwa aplikasi yang dikembangkan sesuai dengan kebutuhan nyata di lapangan.

Untuk mengukur indikator kinerja sebelum dan sesudah implementasi Ricetrack, dilakukan survei pilihan ganda yang melibatkan 50 responden. Survei ini menggunakan kuesioner terstruktur untuk mengumpulkan data kuantitatif mengenai waktu pencatatan, akses data real-time, dan kesalahan pencatatan. Data yang dikumpulkan kemudian diolah menggunakan statistik deskriptif. Perhitungan rata-rata, persentase, dan perbandingan dilakukan untuk mengevaluasi peningkatan kinerja setelah implementasi Ricetrack.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengumpulan Data

Rantai pasok beras di MCS melibatkan proses kompleks dari hulu hingga hilir (lihat Gambar 1). Sebelum adanya *Ricetrack*, ketertelusuran dan transparansi data dalam rantai pasok beras di MCS hampir tidak ada. Pencatatan dilakukan secara manual menggunakan kertas dan/atau Microsoft Excel, yang mengakibatkan banyaknya data yang hilang atau tidak tercatat secara sistematis. Observasi dan pengumpulan data dilakukan di berbagai titik rantai pasok ini untuk memahami konteks operasional dan mengidentifikasi masalah spesifik yang dihadapi.



Gambar 1 Rantai Pasok Beras MCS

Penentuan Tujuan Sistem

Langkah pertama metode ABCDE adalah merumuskan tujuan sistem dalam 10 sampai 30 kata. Tujuan utama dari pengembangan *Ricetrack* adalah untuk meningkatkan ketertelusuran, transparansi, dan efisiensi dalam manajemen rantai pasok beras melalui integrasi teknologi *blockchain* dan *QR Code*.

Ricetrack meningkatkan ketertelusuran dengan menyediakan catatan digital yang aman dan tidak dapat diubah untuk melacak perjalanan beras dari petani hingga konsumen akhir. Ini memastikan setiap langkah dalam rantai pasok dapat diidentifikasi dan diverifikasi, memberikan ketertelusuran produk yang komprehensif. Aplikasi ini juga meningkatkan transparansi dengan memungkinkan semua pemangku kepentingan mengakses informasi produk secara *real-time*, yang meningkatkan kepercayaan dan kolaborasi, serta mendukung operasi yang lebih efektif dan efisien. Efisiensi operasional ditingkatkan melalui otomatisasi proses pencatatan, mengurangi kesalahan manusia dan meningkatkan akurasi data. Selain itu, *Ricetrack* memfasilitasi verifikasi kualitas dan asal-usul beras melalui integrasi dengan *QR Code*, memungkinkan konsumen memverifikasi informasi produk dengan mudah dan memastikan standar keamanan produk terjaga.

Identifikasi Aktor

Identifikasi aktor-aktor yang akan berinteraksi dengan sistem dilakukan memahami kebutuhan dan interaksi yang diperlukan oleh masing-masing aktor dalam sistem DApp. Aktor-aktor yang terlibat dalam pengembangan aplikasi *Ricetrack* dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1 Identifikasi Aktor

No	Aktor	Deskripsi
1	Petani	Bertanggung jawab atas penanaman, pemanenan, dan pengiriman padi ke pengumpul atau pabrik penggilingan.
2	Pengumpul	Mengumpulkan padi dari petani dan mengirimkannya ke pabrik penggilingan untuk diproses lebih lanjut.
3	MCS	Mengelola proses penggilingan padi menjadi beras dan mencatat data operasional terkait.
4	Distributor	Mendistribusikan beras dari pabrik penggilingan ke pengecer atau konsumen akhir.
5	Pengecer	Menjual beras kepada konsumen akhir, baik melalui toko fisik maupun platform online.
6	Bulog	Membeli beras dari MCS, menyimpan, dan mendistribusikannya ke berbagai wilayah untuk memastikan ketersediaan beras nasional.
7	Konsumen	Membeli dan mengonsumsi beras, serta memverifikasi kualitas dan asal-usul produk menggunakan <i>QR Code</i> .

Pengumpulan *User Stories*

Pengumpulan *user stories* dilakukan untuk memahami kebutuhan dan ekspektasi pengguna, serta memastikan bahwa sistem yang dikembangkan memenuhi persyaratan tersebut. *User stories* yang dikumpulkan untuk masing-masing aktor dalam sistem *Ricetrack* dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2 *User Stories*

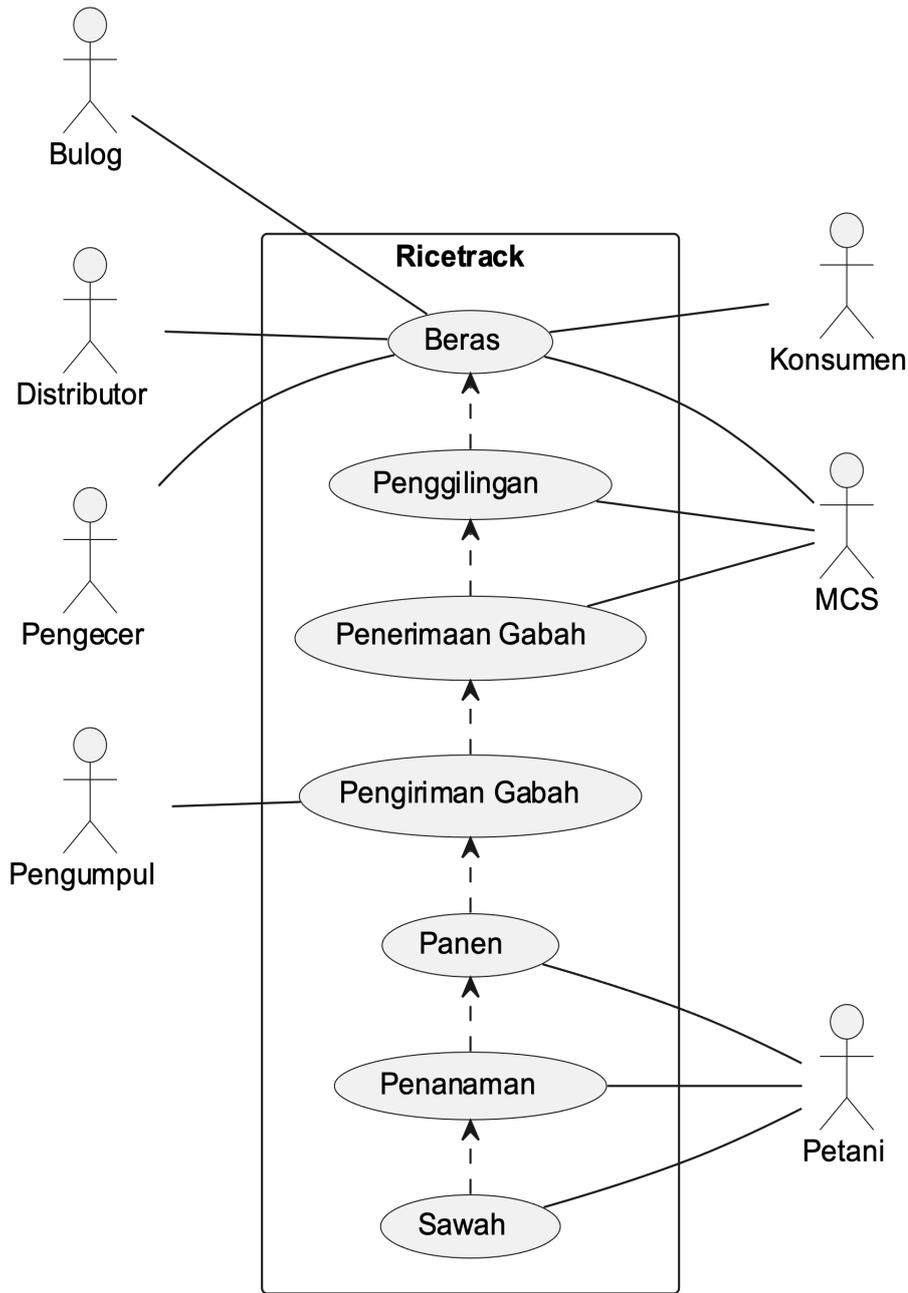
No	Aktor	<i>User Stories</i>
1	Petani	Sebagai petani, saya ingin mencatat data panen padi secara digital sehingga saya dapat memantau hasil panen dengan lebih akurat. Sebagai petani, saya ingin mengetahui harga jual padi secara <i>real-time</i> sehingga saya dapat membuat keputusan penjualan yang lebih baik.
2	Pengumpul	Sebagai pengumpul, saya ingin melacak padi yang saya kumpulkan dari petani sehingga saya dapat memastikan kualitas dan asal-usul produk. Sebagai pengumpul, saya ingin mencatat jumlah padi yang saya kumpulkan setiap hari sehingga saya dapat mengelola inventori dengan lebih efisien.
3	MCS	Sebagai pabrik penggilingan, saya ingin mencatat proses penggilingan secara otomatis sehingga saya dapat memantau efisiensi operasional dan kualitas beras. Sebagai pabrik penggilingan, saya ingin memantau stok beras yang tersedia sehingga saya dapat merencanakan produksi dengan lebih baik.
4	Distributor	Sebagai distributor, saya ingin memverifikasi status dan kualitas beras yang saya distribusikan sehingga saya dapat menjaga kepercayaan konsumen. Sebagai distributor, saya ingin melacak pengiriman beras secara <i>real-time</i> sehingga saya dapat memastikan tepat waktu.
5	Pengecer	Sebagai pengecer, saya ingin mengakses informasi ketertelusuran beras secara <i>real-time</i> sehingga saya dapat memberikan informasi yang akurat kepada konsumen. Sebagai pengecer, saya ingin mengetahui stok beras yang tersedia sehingga saya dapat mengelola persediaan dengan lebih efisien.
6	Bulog	Sebagai Bulog, saya ingin memverifikasi kualitas dan kuantitas beras yang saya terima dari MCS sehingga saya dapat memastikan bahwa beras memenuhi standar yang ditetapkan untuk distribusi nasional. Sebagai Bulog, saya ingin melacak pengiriman beras dari MCS ke berbagai gudang penyimpanan kami sehingga saya dapat memastikan bahwa distribusi dilakukan tepat waktu dan efisien.
7	Konsumen	Sebagai konsumen, saya ingin mengetahui asal-usul dan kualitas beras yang saya beli sehingga saya dapat membuat keputusan pembelian yang lebih baik. Sebagai konsumen, saya ingin memindai <i>QR Code</i> pada kemasan beras untuk memverifikasi informasi produk secara langsung.

Pembagian Sistem Menjadi Dua Sub-sistem

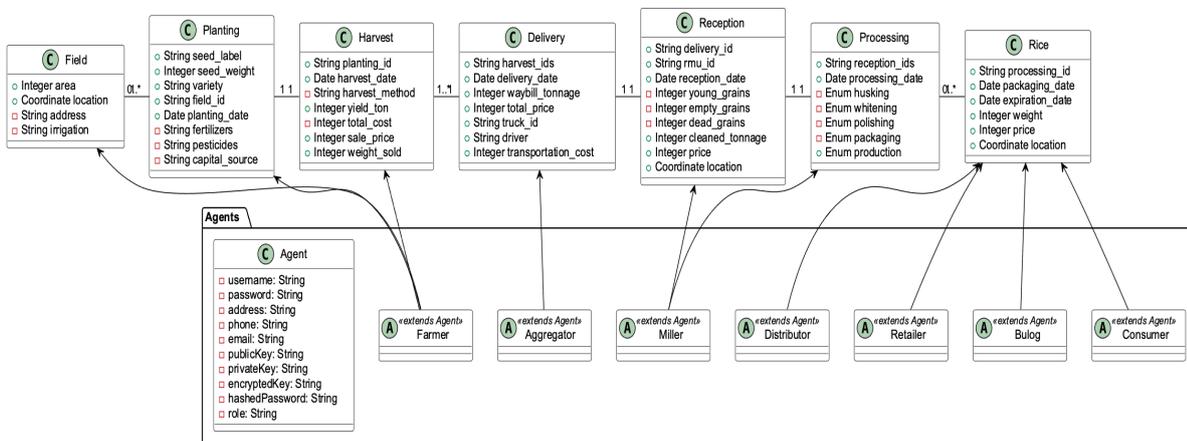
Aktivitas pengembangan sistem dibagi menjadi dua aliran terpisah: satu untuk pengembangan smart contracts dan satu lagi untuk pengembangan perangkat lunak *non-blockchain* (*front-end* dan *back-end*). Pendekatan ini memungkinkan proses pengembangan yang lebih fokus dan efisien. Kedua aliran ini dilakukan secara iteratif dengan aktivitas integrasi setiap 2-3 iterasi. Dengan membagi sistem menjadi dua sub-sistem dan melakukan pengembangan secara iteratif, pengembang dapat lebih fokus pada masing-masing komponen, memastikan bahwa semua bagian sistem berfungsi dengan baik sebelum diintegrasikan menjadi satu kesatuan.

Perancangan Sistem

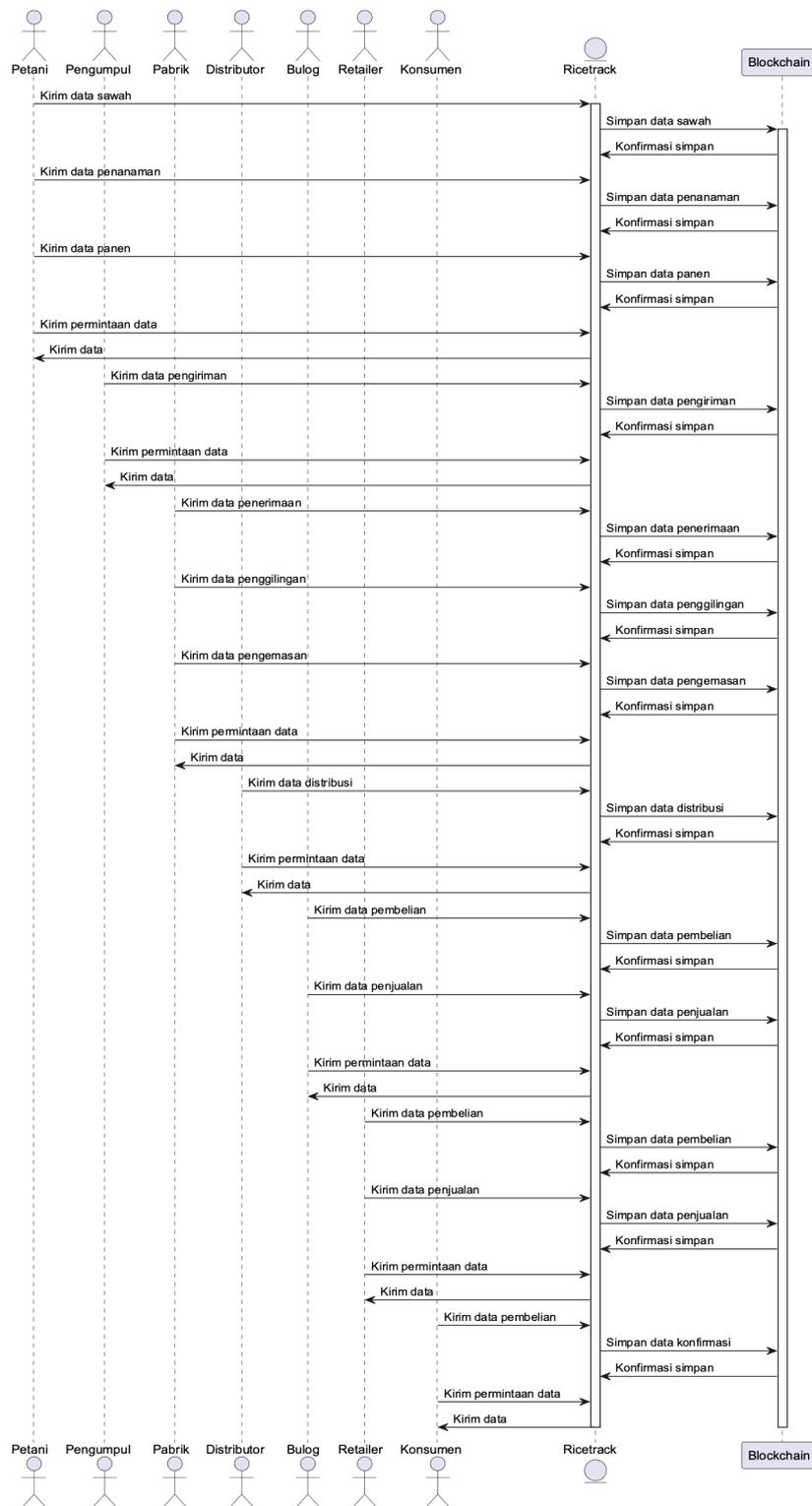
Desain sistem menggunakan diagram UML seperti *Use Case Diagram* (Gambar 2), *Class Diagram* (Gambar 3), dan *Sequence Diagram* (Gambar 4) untuk menggambarkan interaksi antara aktor dan sistem *Ricetrack*. Dengan menggunakan diagram UML ini, pengembang dapat memastikan bahwa semua aspek sistem dirancang dengan baik dan bahwa interaksi antara komponen sistem jelas dan efisien.



Gambar 2 Use Case Diagram



Gambar 3 Class Diagram



Gambar 4 Sequence Diagram

Pengembangan dan Pengujian

Pengembangan dan pengujian aplikasi dilakukan secara iteratif untuk memastikan kualitas dan fungsionalitas yang optimal. Pada tahap pengujian unit, fungsi-fungsi individu dalam *transaction family* dan aplikasi *non-blockchain* diuji secara mendalam. Hasilnya menunjukkan bahwa sebagian besar kasus uji berhasil lulus, sementara perbaikan segera dilakukan untuk kasus-kasus yang gagal.

Selanjutnya, pengujian integrasi mengevaluasi interaksi antara *transaction family* dan aplikasi *non-blockchain*, dengan hasil bahwa integrasi berjalan lancar tanpa konflik data. Beberapa tangkapan layar *Ricetrack* dapat dilihat pada Gambar 5, Gambar 6 dan Gambar 7.



Ricetrack adalah aplikasi berbasis blockchain untuk melacak rantai pasok beras, mulai dari asal-usul, penanaman, panen, pengangkutan, penggilingan, penjualan, dari sawah hingga ke meja makan Anda.

Gambar 5 Beranda

Gambar 6 Penanaman

Gambar 7 Data Beras

Implementasi dan Integrasi

Setelah pengembangan dan pengujian selesai, langkah berikutnya adalah mengimplementasikan aplikasi dalam lingkungan operasional dan mengintegrasikan kedua sub-sistem yang telah dikembangkan. Aplikasi diterapkan dalam lingkungan operasional untuk studi kasus rantai pasok beras. Pemantauan dan penyesuaian terus dilakukan berdasarkan umpan balik pengguna untuk memastikan kinerja optimal aplikasi.

Evaluasi Keamanan dan Optimasi Gas

Sawtooth menggunakan mekanisme yang berbeda dengan *Ethereum* untuk menangani biaya dan eksekusi transaksi. *Sawtooth* lebih fokus pada konsensus dan skalabilitas tanpa memperkenalkan biaya transaksi berbasis gas seperti di *Ethereum*.

Penggunaan sumber daya yang efisien penting untuk memastikan bahwa transaksi di *blockchain* dilakukan dengan biaya yang minimal. Berikut adalah langkah-langkah yang dilakukan untuk mengoptimalkan penggunaan sumber daya:

1. Optimalisasi Struktur Data.

Menggunakan struktur data yang efisien, seperti *map* dan *array*, dan menghindari struktur data kompleks yang memerlukan banyak ruang penyimpanan. Transaksi yang melibatkan banyak data diproses dalam *batch* untuk mengurangi *overhead* komunikasi dan penyimpanan. Misalnya, saat petani mencatat hasil panen, data dikumpulkan dan diproses sekaligus pada akhir hari kerja, bukan setiap kali terjadi panen individu, sehingga mengurangi beban pada jaringan.

2. Manajemen *State Delta*

Menggunakan fitur *state delta* dalam *Sawtooth* untuk mencatat hanya perubahan signifikan, mengurangi duplikasi data dan meningkatkan efisiensi penyimpanan. Misalnya, ketika terjadi perubahan harga beras, hanya nilai harga yang diperbarui dalam *state*, tanpa perlu mencatat ulang seluruh informasi produk.

3. Optimalisasi Algoritma dan Fungsi

Mengoptimalkan algoritma dalam *transaction family* untuk mengurangi kompleksitas komputasi. Memecah fungsi kompleks menjadi fungsi yang lebih kecil dan efisien.

Menggunakan variabel penampung untuk nilai yang sering digunakan. Misalnya, saat pengguna membuka halaman detail suatu transaksi, sistem secara otomatis mengambil data terkait lainnya yang mungkin dibutuhkan, mengurangi waktu tunggu saat pengguna mengakses data tersebut.

Pemeliharaan dan Pengembangan Berkelanjutan

Setelah implementasi Ricetrack, pemantauan kinerja dan penyesuaian sistem dilakukan secara intensif. Pada April 2024, wawancara dilakukan dengan pengguna untuk mengumpulkan umpan balik mengenai antarmuka pengguna, fungsionalitas, dan kinerja aplikasi. Berdasarkan masukan yang diterima, tim pengembang melakukan peningkatan pada antarmuka pengguna, mengoptimalkan kinerja aplikasi, dan memperbaiki bug yang ditemukan.

Data Kuantitatif

Untuk menilai efektivitas Ricetrack, dilakukan analisis kuantitatif melalui survey pilihan ganda pada 50 pengguna yang fokus pada tiga aspek utama. Pertama, dalam hal ketertelusuran produk, responden mencatat waktu pencatatan dan penelusuran data dalam 10 transaksi sebelum dan sesudah menggunakan Ricetrack. Hasilnya menunjukkan pengurangan waktu rata-rata dari 45 menit menjadi 5 menit per transaksi, atau sebesar 89%.

Kedua, terkait transparansi data, survei mengungkap bahwa sebelum implementasi Ricetrack, hanya 5% responden yang menyatakan memiliki akses ke data *real-time*. Setelah implementasi, angka tersebut melonjak menjadi 90%, menunjukkan peningkatan akses sebesar 85%.

Ketiga, dalam hal pengurangan kesalahan data, responden mencatat jumlah kesalahan dalam 100 transaksi sebelum dan sesudah menggunakan Ricetrack. Terdapat penurunan signifikan dari 20 kesalahan menjadi hanya 1 kesalahan per 100 transaksi, menunjukkan penurunan kesalahan sebesar 95%.

Analisis Komparatif

Ketertelusuran rantai pasok berbasis *blockchain* telah menjadi fokus banyak penelitian dan implementasi dalam berbagai industri. Berikut adalah beberapa sistem ketertelusuran berbasis *blockchain* yang ada dan perbandingannya dengan *Ricetrack* sebagaimana ditunjukkan dalam Tabel 3:

Tabel 3 Perbandingan Sistem Ketertelusuran Berbasis *Blockchain*

Aspek	Ricetrack	FoodSQRBlock (Dey <i>et al.</i> , 2021)	Broiler Supply Chain (Usman <i>et al.</i> , 2021)	PHTrack (Nawaz <i>et al.</i> , 2020)
Platform Blockchain	Hyperledger <i>Sawtooth</i>	Public/private/ <i>consortium blockchain</i>	<i>Hyperledger Fabric</i>	Hyperledger Sawtooth
Fokus Industri	Rantai pasok beras	Produksi makanan	Ayam pedaging	Farmasi
Fokus Geografis	Lokal (Indonesia)	Internasional	Lokal (Indonesia)	Internasional
Pendekatan Pengembangan	Metodologi ABCDE	Integrasi cloud	Prototipe berbasis UML	Modular, berbasis aturan bisnis
Penggunaan <i>QR Code</i>	Autentikasi dan verifikasi informasi	Verifikasi dan pelacakan untuk konsumen	<i>BatchID</i> untuk <i>tracing</i>	Verifikasi histori transaksi
Keunggulan Utama	Transparansi dan efisiensi operasional	Aksesibilitas untuk konsumen	Privasi dan keamanan	Skalabilitas, komunikasi aman, modularitas
Kelemahan/ Keterbatasan	Tantangan adaptasi untuk aktor kecil	Membutuhkan infrastruktur cloud	Akses terbatas untuk aktor kecil	Membutuhkan keahlian teknis tinggi

1. *FoodSQRBlock* (Dey et al. 2021)
FoodSQRBlock menggunakan *blockchain* dan *QR Code* untuk mendigitalkan informasi produksi makanan. Namun, sistem ini tidak fokus pada rantai pasok beras dan tidak menggunakan teknologi *blockchain Sawtooth*. *Ricetrack*, di sisi lain, menggunakan pendekatan yang lebih spesifik untuk rantai pasok beras di Indonesia, memanfaatkan *Sawtooth* untuk efisiensi dan keamanan transaksi.
2. *Broiler Supply Chain Traceability* (Usman et al. 2021)
Sistem ini menggunakan *blockchain IBM Hyperledger Fabric* dan *QR Code* sebagai *BatchID*, terintegrasi dengan aplikasi Android. Fokusnya adalah pada ketertelusuran ayam pedaging dari peternak hingga konsumen, dengan keunggulan menggabungkan *blockchain* dengan aplikasi mobile untuk memudahkan verifikasi oleh konsumen. Namun, sistem ini fokus pada produk spesifik (ayam pedaging) dan menggunakan *Hyperledger Fabric* yang berbeda dari *Sawtooth*. *Ricetrack* menawarkan solusi yang lebih luas untuk rantai pasok beras dengan fokus pada efisiensi dan transparansi melalui *Sawtooth*.
3. *PHTrack* (Nawaz et al. 2020)
PHTrack dirancang menggunakan *Hyperledger Sawtooth* untuk rantai pasok farmasi, dengan tujuan utama mencegah pemalsuan obat dan memastikan distribusi produk farmasi yang aman. Teknologi ini sangat relevan untuk kebutuhan global, terutama di negara berkembang, di mana pemalsuan obat sering menjadi masalah besar. *Ricetrack* berfokus pada rantai pasok beras, khususnya di Indonesia, dengan tujuan meningkatkan efisiensi, transparansi, dan ketertelusuran di sektor agribisnis. Fokusnya adalah pada rantai pasok lokal dari petani hingga konsumen akhir.

Ricetrack dirancang memiliki keunikan dan keunggulan khusus untuk rantai pasok beras di Indonesia, menghadirkan solusi yang sesuai dengan kebutuhan lokal. Penggunaan *Sawtooth* memungkinkan efisiensi dan keamanan tinggi tanpa biaya transaksi berbasis gas. Pendekatan ABCDE memastikan pengembangan yang iteratif dan adaptif sesuai kebutuhan pengguna. Selain itu, integrasi *QR Code* digunakan untuk memudahkan verifikasi oleh semua pemangku kepentingan, dari petani hingga konsumen.

SIMPULAN

Dari hasil penelitian, dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut:

1. Pengembangan Aplikasi dengan Metode ABCDE
Aplikasi *Ricetrack* berhasil dikembangkan menggunakan metode ABCDE, yang memungkinkan pengembangan perangkat lunak yang terstruktur dan iteratif. Penggunaan metode ABCDE memastikan bahwa aplikasi dapat beradaptasi dengan kebutuhan pengguna dan perubahan yang muncul selama proses pengembangan.
2. Peningkatan Ketertelusuran, Transparansi dan Efisiensi Operasional
Integrasi teknologi *blockchain Sawtooth* dan *QR Code* dalam aplikasi *Ricetrack* berhasil meningkatkan ketertelusuran dan transparansi data dalam rantai pasok beras. Setiap langkah dalam proses rantai pasok dapat diidentifikasi dan diverifikasi, memastikan bahwa informasi produk dapat diakses secara *real-time* oleh semua pemangku kepentingan, mulai dari petani hingga konsumen. Aplikasi *Ricetrack* mengotomatisasi proses pencatatan dan manajemen inventori, yang secara signifikan mengurangi kesalahan manusia dan meningkatkan efisiensi operasional.

Penelitian ini berhasil mengembangkan dan menguji aplikasi *Ricetrack* yang mengintegrasikan teknologi *blockchain Sawtooth* dan *QR Code* untuk meningkatkan ketertelusuran, transparansi, dan efisiensi dalam manajemen rantai pasok beras di MCS. Temuan penelitian ini memberikan dasar yang kuat untuk penerapan lebih lanjut dan perbaikan *Ricetrack* di masa mendatang.

DAFTAR PUSTAKA

- Baralla G, Pinna A, Corrias G. 2019. Ensure traceability in european food supply chain by using a blockchain system. *Proceedings - 2019 IEEE/ACM 2nd International Workshop on Emerging Trends in Software Engineering for Blockchain, WETSEB 2019*. 0(0):40–47. <https://doi.org/10.1109/WETSEB.2019.00012>
- Bhatia S, Albarrak AS. 2023. A blockchain-driven food supply chain management using QR code and XAI-Faster RCNN architecture. *Sustainability (Switzerland)*. 15(3):. <https://doi.org/10.3390/su15032579>
- Dey S, Saha S, Singh AK, McDonald-Maier K. 2021. FoodSQRBlock: Digitizing food production and the supply chain with blockchain and QR code in the cloud. *Sustainability (Switzerland)*. 13(6):1–11. <https://doi.org/10.3390/su13063486>
- Hassan R, Whitney B, Williams DL, Holloman K, Grady D, Thomas D, Omoregie E, Lamba K, Leeper M, Gieraltowski L. 2019. Multistate outbreaks of salmonella infections linked to imported maradol papayas - United States, December 2016-September 2017. *Epidemiology and Infection*. 147(e265):1–8. <https://doi.org/10.1017/S0950268819001547>
- Marchesi L, Marchesi M, Tonelli R. 2020. ABCDE—agile block chain DApp engineering. *Blockchain: Research and Applications*. 1(0):118. <https://doi.org/10.1016/j.bcra.2020.100002>
- Nawaz, A., Wang, L., Irfan, M., & Westerlund, T. (2020). Hyperledger Sawtooth based supply chain traceability system for counterfeit drugs. *Journal of Network and Computer Applications*, 149, 102456.
- Perdana T, Handayati Y, Sadeli AH, Utomo DS, Hermiatin FR. 2020. A Conceptual Model of Smart Supply Chain for Managing Rice Industry. *MIMBAR : Jurnal Sosial Dan Pembangunan*. 36(1):128–138. <https://doi.org/10.29313/mimbar.v36i1.5431>
- Usman M, Hermadi I, Arkeman Y. 2021. Design of broiler supply chain traceability system through blockchain-based android application. *Systematics*. 3(3):295–308.
- 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(0):9296–9307. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2021.3050112>
- Wust K, Gervais A. 2018. Do you need a blockchain? *Proceedings - 2018 Crypto Valley Conference on Blockchain Technology, CVCBT 2018*. 0(0):45–54. <https://doi.org/10.1109/CVCBT.2018.00011>