

Sistem Rantai Pasok Buah Melon Menggunakan Teknologi *Blockchain*

Noer Arbian Nisyah^{1*)}; Irman Hermadi¹; Karlisa Priandana¹

1. Sekolah Pascasarjana, Program Studi Magister Ilmu Komputer, Institut Pertanian Bogor, Jl. Raya Dramaga, Bogor, Jawa Barat 16680, Indonesia

^{*)}Email: noerarbiannisyah@apps.ipb.ac.id

Received: 05 Juni 2024 | Accepted: 02 Januari 2025 | Published: 10 Januari 2025

ABSTRACT

Melon is a fruit that is easy to find and has the potential to contribute to the country's economy if its distribution and production are managed well. The supply chain authorities require a system that is capable of presenting information with the characteristics of being trustworthy, traceable, and transparent. Blockchain is a technology where all transactions are recorded without deleting previous transaction records. This technology can assist every melon supply chain actor in recording melon fruit transactions. Transparent transaction recording can enhance consumer satisfaction and trust in the quality of the melon fruit to be consumed. This study aims to develop and implement blockchain technology in a traceability system in the melon supply chain. The method used for system development is the prototyping method. The blockchain framework used is Hyperledger Fabric. This framework was chosen because it is one of the private blockchain networks where each member can interact according to the predefined chain code. This study has effectively developed a blockchain-based prototype for a melon supply chain, known as Melon Apk. Each transaction record generates a transaction ID, which is produced in a QRcode, thereby simplifying the tracking of information and the history of the melon supply chain.

Keywords: Blockchain, Hyperledger Fabric, Prototyping, Supply Chain

ABSTRAK

Melon adalah buah yang mudah ditemui dan berpotensi untuk berkontribusi dalam perekonomian negara apabila produksi dan distribusinya dikelola dengan baik. Otoritas rantai pasok memerlukan sistem yang mampu menyajikan informasi dengan karakteristik terpercaya, dapat dilacak dan transparan. Blockchain adalah teknologi dimana semua transaksi dicatat tanpa menghapus catatan transaksi sebelumnya. Teknologi ini dapat membantu setiap pelaku rantai pasok buah melon dalam melakukan pencatatan transaksi buah melon. Pencatatan transaksi yang transparan dapat meningkatkan kepuasan dan kepercayaan konsumen terhadap kualitas buah melon yang akan dikonsumsi. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan dan mengimplementasikan teknologi blockchain dalam sistem ketertelusuran pada rantai pasok melon. Metode yang digunakan untuk pengembangan sistem adalah metode prototyping. Framework blockchain yang digunakan adalah Hyperledger Fabric. Framework ini dipilih karena merupakan salah satu jaringan blockchain pribadi dimana setiap anggota dapat berinteraksi sesuai dengan kode rantai yang telah ditentukan. Studi ini secara efektif telah mengembangkan prototipe berbasis blockchain untuk rantai pasok melon, yang diberi nama Melon Apk. Setiap catatan transaksi memiliki id transaksi yang menghasilkan QRcode, sehingga memudahkan penelusuran informasi dan riwayat rantai pasok buah melon.

Kata kunci: Blockchain, Hyperledger Fabric, Prototyping, Rantai Pasok

1. PENDAHULUAN

Salah satu buah yang mengandung banyak vitamin adalah buah melon yang merupakan salah satu komoditas hortikultura bernilai tinggi sehingga menjadi salah satu buah yang sering ditemui dan dikonsumsi masyarakat. Melon memiliki produktivitas yang tinggi dan buahnya mengandung karoten (pro vitamin A) dengan kadar bervariasi [1]. Melon (*Cucumis melo L.*) merupakan tanaman yang memiliki potensi ekonomi dan telah dibudidayakan di beberapa wilayah di Indonesia [2].

Melon adalah buah yang dapat ditanam di Indonesia dan hasil produksinya berada pada posisi kedua tertinggi setelah semangka. Berdasarkan data Badan Pusat Statistik Indonesia [3] menunjukkan bahwa jumlah produksi buah melon pada tahun 2023 sebanyak 117.730 buah sedangkan semangka sebanyak 407.198 buah. Hal ini menunjukkan bahwa melon merupakan salah satu buah yang digemari dan memiliki potensi untuk berkontribusi pada perekonomian negara apabila distribusi dan produksinya dikelola dengan baik. Contohnya negara Jepang yang mampu memproduksi stroberi dan melon yang berkualitas dengan harga jual tinggi. Hal ini dikarenakan Jepang mampu mempertahankan kualitas buah selama proses produksi hingga distribusinya. Dikenal memiliki kualitas buah yang baik, Jepang merupakan salah satu negara pengimpor benih melon di Indonesia [4].

Di sisi lain, kesadaran masyarakat untuk mengonsumsi buah yang minim bahan kimia semakin meningkat seperti penggunaan pestisida yang berlebihan pada proses penanaman atau penggunaan bahan pengawet berbahaya agar memperlambat proses pembusukan buah. Sehingga sangat penting bagi otoritas rantai pasok dalam memastikan keamanan buah yang akan dikonsumsi oleh konsumen. Untuk mendapatkan kepercayaan konsumen, otoritas rantai pasok harus efisien dan akurat dalam menyampaikan informasi suatu produk. Hal tersebut dilakukan untuk menghindari pengelolaan produk yang tidak transparan dan kualitas produk yang tidak sesuai dengan harapan [5]. Revolusi teknologi di bidang produksi memerlukan manajemen yang handal dan efisien dimana data yang dikumpulkan dari produsen hingga retail seharusnya disimpan dan saling terintegrasi agar konsumen dapat percaya dengan produknya [6]. Maka dibutuhkan suatu sistem yang dapat menjawab tantangan tersebut. Dimana semua *stakeholder* dalam rantai pasok saling terintegrasi dan keterlacakan rantai pasok dapat disajikan secara transparan sehingga mampu meningkatkan keamanan dan kualitas hingga produk diterima oleh konsumen.

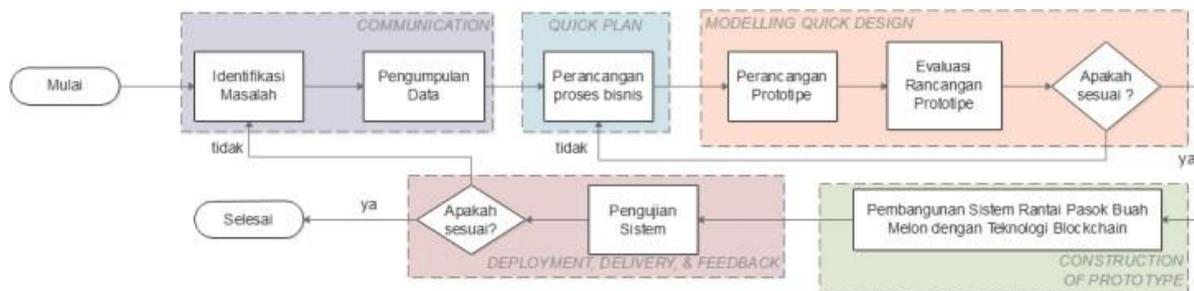
Solusi yang ditawarkan pada penelitian ini adalah dengan menerapkan teknologi *blockchain* yang dapat membantu petani hingga retail dalam mencatat transaksi berupa data perlakuan terhadap buah melon selama proses produksi hingga proses distribusinya. *Blockchain* merupakan teknologi yang mempermudah proses pencatatan dan melacak sumber produk secara aman dan terdistribusi [7]. Karena memiliki sistem data terdistribusi, *blockchain* menawarkan keamanan data yang mampu meningkatkan kepercayaan penggunaannya [8]. Selain itu, teknologi ini mampu memantau kualitas dan keamanan produk dalam rantai pasok dengan melacak produk dan proses produksi hingga distribusi secara digital [9]. *Blockchain* memiliki kemampuan menyimpan data dan informasi secara transparan, handal, dan aman [10]. Hal ini dikarenakan semua interaksi dan transaksi di antara semua *stakeholder* yang terlibat dalam ekosistem rantai pasok diatur dan dikontrol oleh *smart contract* di dalam sistem *blockchain* [11]. Di sisi lain, *blockchain* dapat digunakan dalam melakukan manajemen data berkapasitas besar dengan kontrol akses yang memungkinkan data terbuka untuk publik [12]. Dengan demikian, *blockchain* merupakan sebuah teknologi yang memiliki tiga karakteristik yaitu *trusted*, *traceable*, dan *transparent*. Sehingga memungkinkan konsumen untuk memperoleh informasi mengenai kualitas buah melon yang akan dikonsumsi. Beberapa penelitian terkait sistem rantai pasok berbasis *blockchain* telah dilakukan dengan berbagai objek. Sistem rantai pasok bawang merah dengan teknologi *blockchain* dibangun dengan menggunakan *framework Hyperledger Fabric*

[13]. Penelitian tersebut menghasilkan sistem yang menjadi sarana untuk menyimpan informasi transaksi penangkar hingga pedagang bawang merah dimana setiap transaksi menghasilkan *id* transaksi yang dapat digunakan untuk melacak ketertelusuran bawang merah. Penelitian lainnya yaitu teknologi *blockchain* pada rantai pasok ayam pedaging [14]. Penelitian tersebut menghasilkan sistem aplikasi android yang dirancang untuk membantu peternak, perusahaan, pengepul, dan pengecer dalam melacak ketertelusuran rantai pasok ayam pedaging menggunakan *BatchID*.

Tujuan penelitian ini adalah mengembangkan dan mengimplementasikan teknologi *blockchain* pada sistem ketertelusuran dalam rantai pasok buah melon sehingga informasi yang disajikan memiliki tiga karakteristik *blockchain* (*trusted, traceable, dan transparent*).

2. METODE/PERANCANGAN PENELITIAN

Penelitian ini terdiri atas beberapa tahapan. Metode prototyping dipilih sebagai model pengembangan dalam penelitian ini dan direpresentasikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Tahapan Penelitian

Di bawah ini merupakan tahapan yang dilakukan pada penelitian ini.

a. *Communication*

Prototyping dimulai dengan tahap diskusi dengan *user* atau pengguna. Tahap ini dilakukan untuk menentukan tujuan akhir dari sistem yang akan dibangun. Selain itu, tahap ini juga membahas *user requirement* untuk membantu peneliti dalam membangun sistem. Pada penelitian ini, tahap *communication* meliputi dua tahap yaitu identifikasi masalah dan pengumpulan data. Identifikasi masalah dilakukan untuk mengetahui permasalahan yang terjadi pada sistem berjalan rantai pasok buah melon yang berada di wilayah Sulawesi Selatan. Pengumpulan data digunakan untuk menganalisis kebutuhan data terhadap sistem yang akan dibangun melalui observasi dan wawancara dengan *stakeholder* pada rantai pasok buah melon. Selain itu, pengumpulan data juga dilakukan melalui studi literatur dari beberapa jurnal, buku, dan artikel terkait.

b. *Quick Plan*

Tahapan penelitian *quick plan* dilakukan dimana peneliti atau pengembang melakukan perancangan sementara terhadap usulan sistem yang akan dibangun. Perancangan dilakukan sesuai dengan *user requirement* pada tahap sebelumnya. Perancangan ini direpresentasikan dalam *flowchart* sebagai bentuk proses bisnis yang diusulkan pengembang dan perancangan model UML yang terdiri atas *use case*, *activity diagram*, dan *class diagram* [15]. Pemodelan ini dilakukan sebagai bentuk acuan dalam perancangan prototipe atau desain antarmuka sistem. Dalam tahap ini juga membahas mengenai arsitektur sistem yang akan dibangun.

c. *Modelling Quick Design*

Pengembang kemudian melakukan desain prototipe sistem. Desain prototipe berupa

rancangan *user interface* sistem yang akan dibangun berdasarkan model UML yang telah dibuat. Desain prototipe tersebut kemudian dikembalikan kepada *user* untuk dievaluasi. Namun, apabila desain sebelumnya masih memiliki kekurangan, maka penelitian kembali ke tahap perancangan proses bisnis.

d. *Construction of Prototype*

Tahap *construction of prototype* merupakan tahap pengkodean atau pembangunan sistem dimana desain prototipe yang sudah dibuat kemudian diterjemahkan kedalam bahasa pemrograman. Pada tahap ini dilakukan pembangunan jaringan *blockchain* yang selanjutnya integrasikan dengan sistem lokal yang telah dibangun sebelumnya. Pengujian sistem menggunakan metode *blackbox testing* untuk memastikan keluaran yang dihasilkan sudah sesuai dengan skenario yang diharapkan.

e. *Deployment, Delivery, and Feedback*

Sistem yang telah dibangun kemudian dilanjutkan dengan melakukan pengujian metode *blackbox testing*. Tujuan pengujian ini adalah untuk mengetahui apakah sistem sudah sesuai dengan tujuan yang diharapkan. Jika belum sesuai, maka perlu dilakukan evaluasi ulang dengan kembali ke tahap awal.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. *Communication*

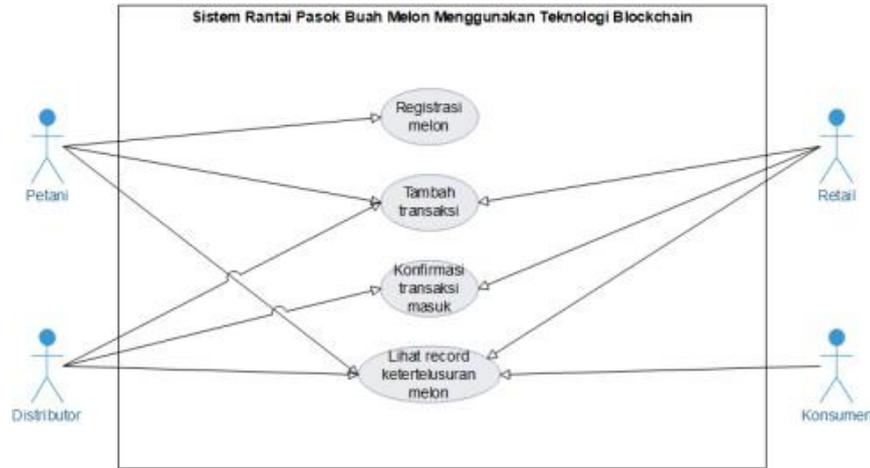
Berdasarkan identifikasi masalah, dihasilkan bahwa semua aktor dalam rantai pasok melon melakukan pencatatan transaksi yang masih manual atau tradisional. Setiap aktor memiliki catatan transaksinya masing-masing sehingga data atau informasinya tidak memiliki transparansi dan akuntabilitas. Selain itu, wawancara dan observasi menghasilkan analisis terhadap proses bisnis dalam rantai pasok buah melon yang dibatasi hanya pada pemenuhan permintaan buah melon di pasaran.

Penelitian ini dibatasi tiga aktor yang terdiri atas petani, distributor, dan retail. Lingkup petani sebagai produsen buah melon mencakup penanaman, pemeliharaan, pemanenan, penyimpanan dan penyedia buah melon ke distributor. Distributor sebagai pengepul dan mendistribusikan buah melon mencakup pembelian, penyimpanan, pengiriman dan penjualan melon ke retail. Retail sebagai pengecer atau tempat penjualan terakhir buah melon mencakup pembelian, penyimpanan, dan penyedia melon ke konsumen.

3.2. *Quick Plan*

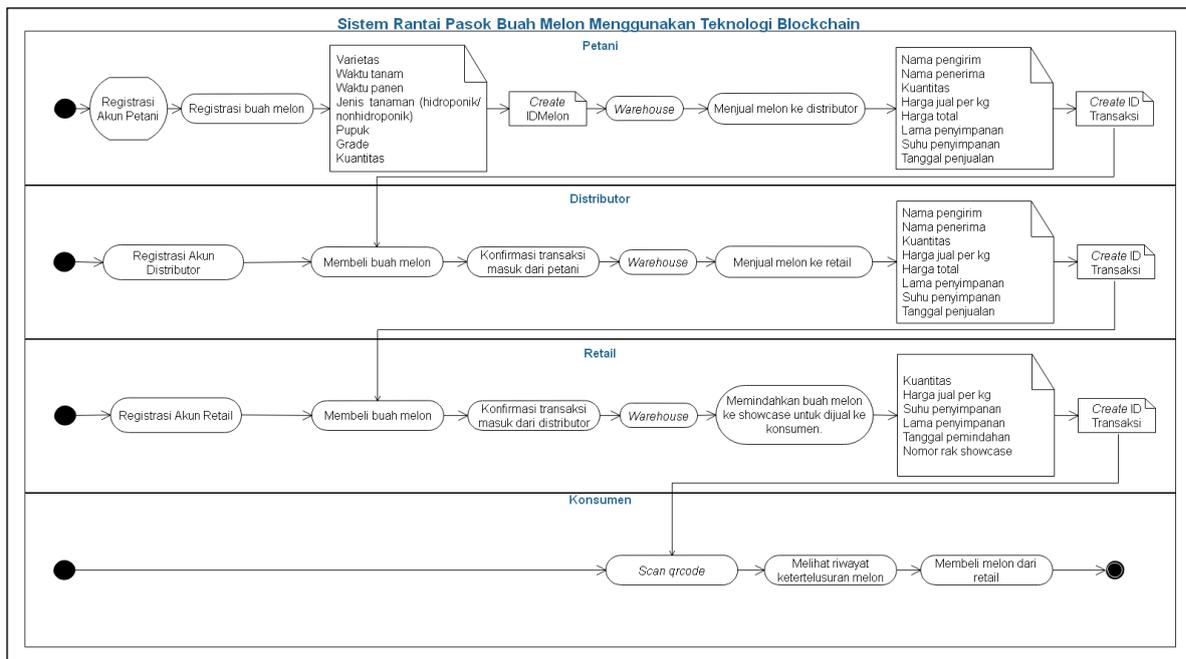
UML adalah diagram yang merepresentasikan visualisasi dari rancangan sistem yang akan dibuat. Diagram ini merupakan diagram yang dibuat untuk merancang dan mendokumentasikan suatu sistem. UML terdiri atas beberapa diagram, beberapa di antaranya adalah *use case*, *activity diagram*, dan *class diagram*.

Pada penelitian ini, *use case* digunakan untuk merepresentasikan interaksi antara petani, distributor, retail dan konsumen dalam sistem rantai pasok buah melon dengan teknologi *blockchain*. Gambar 2 menunjukkan diagram *use case* dalam penelitian ini.



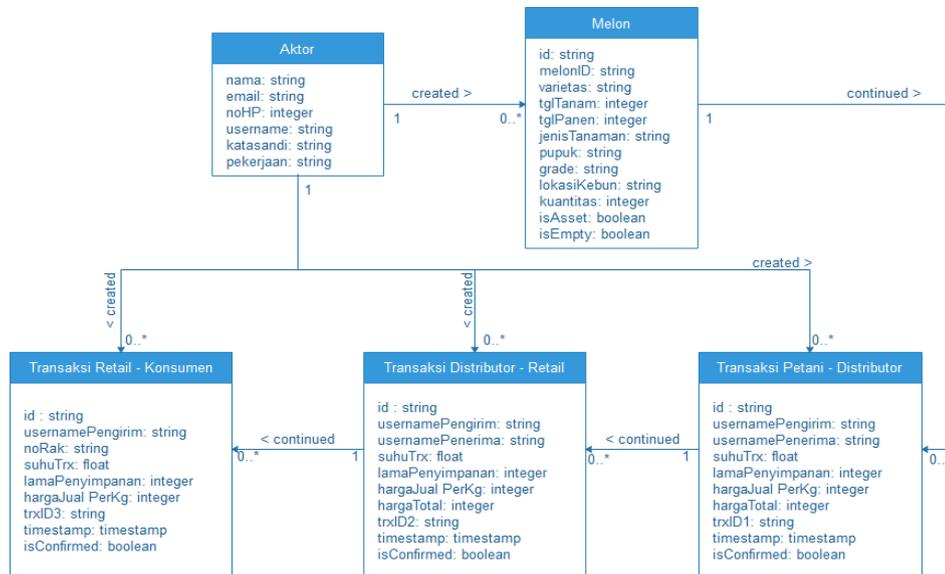
Gambar 2. Use case rantai pasok buah melon

Di dalam *use case* tersebut terdapat perbedaan aktivitas antara petani dengan distributor dan retail. Sistem ini dimulai ketika petani melakukan registrasi terhadap buah melon dengan memasukkan informasi terkait varietas, pupuk, tanggal tanam, tanggal panen, jenis tanaman, dan *grade* buah. Semua informasi tersebut akan tersimpan sebagai aset petani. Aset setiap aktor akan digunakan untuk melakukan transaksi keluar sesuai dengan kuantitas yang tersedia. Jumlah aset di setiap aktor akan berkurang sesuai dengan kuantitas yang dimasukkan ke transaksi keluar. Setiap aktor dalam sistem dapat mengakses informasi aset tersedia di bagian data melon, melakukan konfirmasi terkait transaksi masuk, hingga melihat riwayat transaksi masuk dan transaksi keluar.



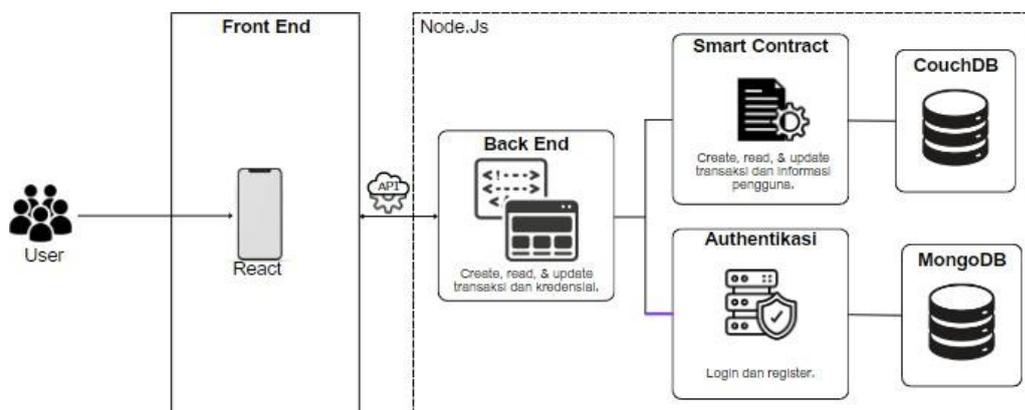
Gambar 3. Activity diagram Rantai Pasok Buah Melon

Activity diagram digunakan untuk menampilkan alur aktivitas transaksi dalam rantai pasok buah melon yang ditampilkan pada gambar 3. Keterkaitan antara aktivitas dan informasi transaksi aktor berupa *class diagram* ditampilkan pada gambar 4.



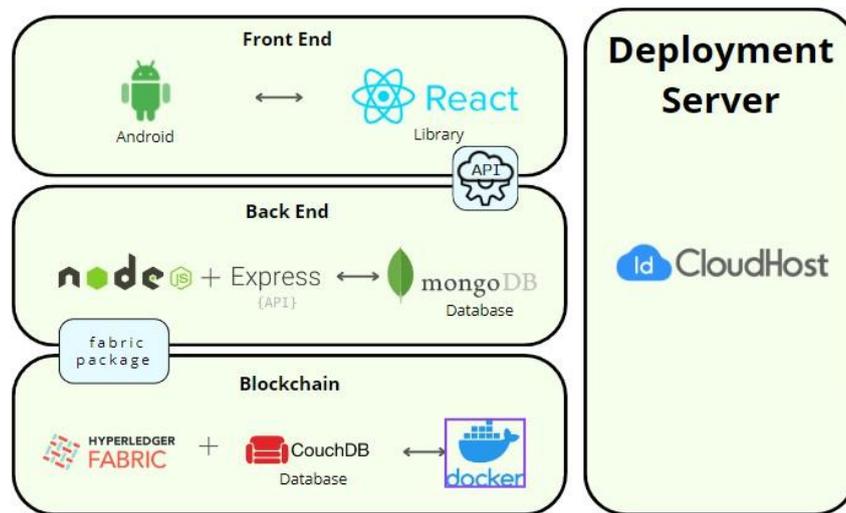
Gambar 4. Domain Class Diagram

Sistem yang dibangun merupakan aplikasi *mobile*. Pengguna dapat mengakses sistem dengan melakukan pendaftaran atau login yang diverifikasi oleh bagian autentikasi yang terintegrasi dengan basis data MongoDB. Ketika pengguna melakukan transaksi, sistem akan menjalankan fungsi *chaincode* dalam jaringan *blockchain* dengan CouchDB sebagai basis data *state*. *Chaincode* atau *smart contract* adalah sebuah perjanjian yang berisi atribut transaksi yang dibutuhkan dalam sistem *blockchain* dan telah disepakati oleh semua aktor dalam rantai pasok melon. Bagian *front-end* dan *back-end* saling terhubung menggunakan API. Alur kerja sistem *blockchain* ditampilkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Alur kerja sistem *blockchain*

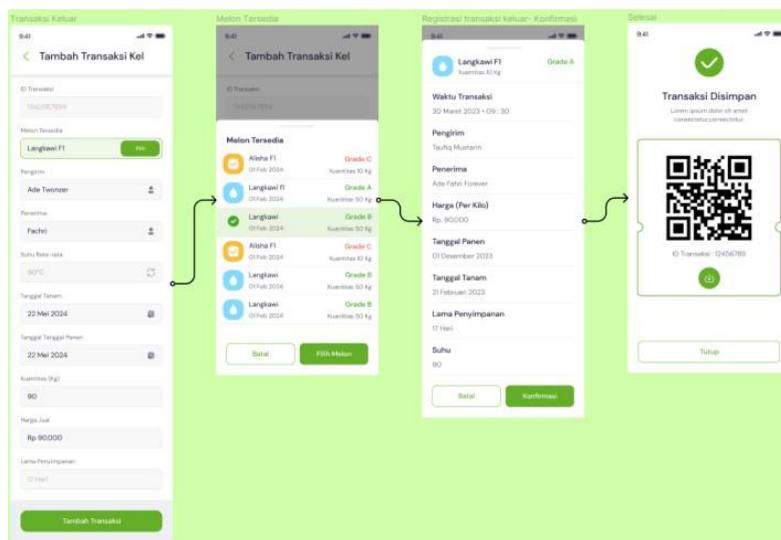
Aplikasi *mobile* dengan sistem operasi android dibangun menggunakan *framework* ReactJs untuk sisi *front-end*. Konstruksi *back-end* dibangun menggunakan ExpressJs sebagai *framework* NodeJs dengan basis data MongoDB. Sistem *back-end* terhubung dengan Hyperledger Fabric sebagai *framework blockchain* menggunakan *library* Fabric Package. Hyperledger Fabric dijalankan dalam sebuah kontainer Docker. Penelitian ini menggunakan *virtual machine* dari provider IDCloudHost sebagai layanan dalam *deployment* sistem baik *front-end*, *back-end*, dan *blockchain*. Arsitektur sistem rantai pasok menggunakan teknologi *blockchain* dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Arsitektur sistem rantai pasok dengan blockchain

3.3. Modelling Quick Design

Desain prototipe sistem menggunakan aplikasi Figma dengan perancangan *interface* yang disesuaikan dengan diagram UML yang telah dibuat. Pada penelitian ini terdapat tiga halaman utama yaitu halaman *login*, halaman tambah transaksi, dan halaman konfirmasi transaksi. *User* yang sudah terdaftar, dapat mengakses sistem dan melakukan transaksi sesuai dengan *role*-nya. Gambar 7 merepresentasikan desain halaman tambah transaksi bagi petani dan distributor.

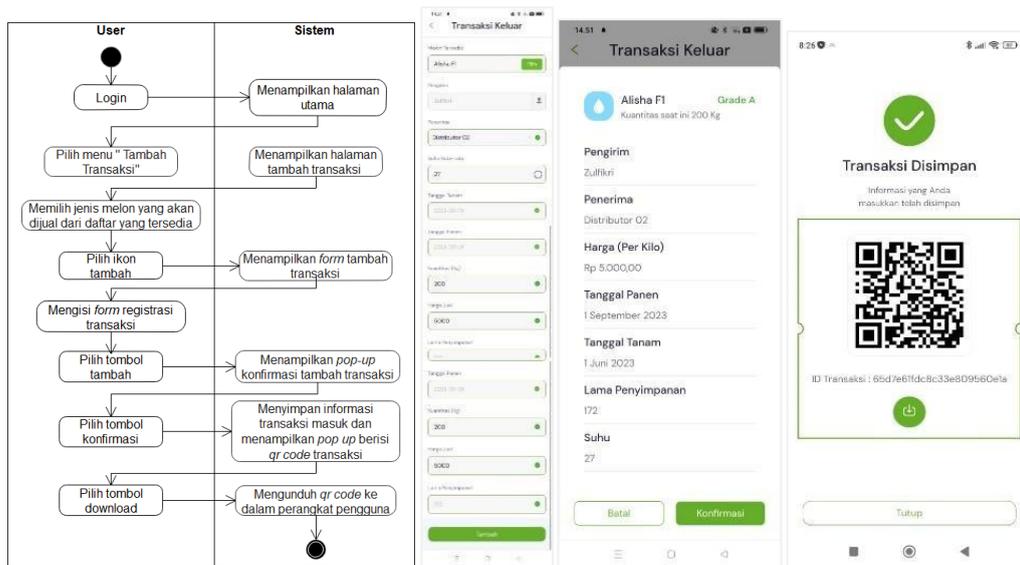


Gambar 7. Desain prototipe tambah transaksi

3.4. Construction of Prototype

Desain prototipe dikonstruksikan menjadi sebuah sistem berupa aplikasi *mobile* yang berfungsi untuk mencatat transaksi yang dilakukan para aktor. Melalui catatan transaksi ini, konsumen memiliki kemampuan untuk melakukan penelusuran terhadap asal usul dan perjalanan buah melon yang akan mereka konsumsi.

Gambar 8 menampilkan alur *activity diagram* dan *user interface* yang berhasil dibangun untuk fungsi tambah transaksi. Fungsi tambah transaksi digunakan aktor untuk mencatat informasi transaksi yang dibutuhkan sistem. Transaksi yang berhasil ditambahkan akan menghasilkan *output* berupa *QRcode* yang merepresentasikan *id* transaksi berisi informasi transaksi yang telah dimasukkan oleh aktor.



Gambar 8. Activity diagram & User Interface Tambah Transaksi

3.5. Deployment, Delivery, and Feedback

Aplikasi telah melewati pengujian dengan metode *blackbox testing*. *Blackbox testing* bertujuan untuk mengetahui apakah sistem sudah sesuai dengan tujuan yang diharapkan. Hasil pengujian aplikasi dengan metode *blackbox testing* dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Hasil Pengujian *Blackbox Testing*

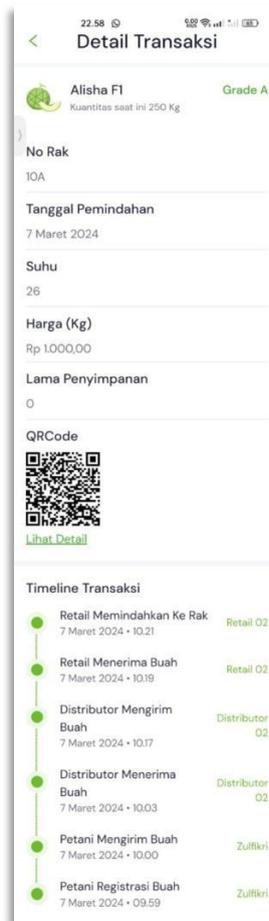
No.	Nama Fungsi	Skenario	Hasil yang Diharapkan	Status
1	Registrasi Melon	Petani login dan mengetuk ikonSistem registasi buah. Petani mengisi informasiditandai dengan tampilnya id registrasi melon dan mengetuktransaksi dan QRcode yang tombol registrasi. Petani memastikan informasi yang dimasukkan sudah benar dan mengetuk tombol konfirmasi.	menampilkan <i>popup</i> 'Transaksi Disimpan' yang informasi ditandai dengan tampilnya <i>id</i> registrasi melon dan mengetuktransaksi dan <i>QRcode</i> yang dapat diunduh oleh petani.	Sukses

2	Tambah transaksi	<p>Para aktor login dan mengetuk Sistem menampilkan <i>popup</i> Sukses ikon tambah transaksi. ‘Transaksi Disimpan’ yang Para aktor mengisi informasi ditandai dengan tampilnya <i>id</i> tambah transaksi sesuai dengan transaksi dan <i>QRcode</i> yang kebutuhan sistem dan mengetuk dapat diunduh oleh aktor. tombol tambah. Kuantitas aset pengirim Para aktor memastikan berkurang sesuai kuantitas yang informasi yang dikirim ke aktor penerima. dimasukkan sudah benar dan mengetuk tombol konfirmasi.</p>	Sukses
3	Konfirmasi transaksi (diterima)	<p>Para aktor login lalu mengetuk Sistem menampilkan <i>popup</i> Sukses ikon transaksi masuk dan ‘Transaksi Terkonfirmasi’. memilih transaksi masuk Transaksi yang diterima tertunda. kemudian tersimpan menjadi Para aktor memilih salah satu aset inventori penerima transaksi masuk tertunda yang transaksi. ingin dikonfirmasi. Para aktor memastikan informasi transaksi sudah benar dan mengetuk tombol konfirmasi untuk menerima transaksi masuk.</p>	Sukses
4	Lihat <i>record</i> ketertelusuran melon.	<p>Para aktor mengetuk tombol Sistem menampilkan detail Sukses telusuri pada halaman login. transaksi terakhir melon beserta Para aktor mengarahkan kamera timeline rantai pasok melon. <i>handphone</i> ke <i>QRcode</i> yang tertempel pada buah melon dan mengetuk tombol telusuri.</p>	Sukses

Sistem telah di-*deploy* menggunakan *virtual machine* dari *provider* IDCloudHost. Aplikasi yang dihasilkan merupakan aplikasi *mobile* berbasis android yang diberi nama “Melon App.apk”.

Penelusuran dalam rantai pasok buah melon menggunakan *id* transaksi yang ditampilkan dalam bentuk *QRcode*. *Back-end* dan *front-end* terintegrasi menggunakan API.

Gambar 9 menampilkan hasil *scan QRcode* yang digunakan untuk menelusuri rantai pasok buah melon. Berdasarkan hasil pengujian tersebut dinyatakan bahwa sistem telah berjalan dengan baik sesuai dengan tujuan yang diharapkan.



Gambar 9. Hasil scan QRcode penelusuran rantai pasok buah melon

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Penelitian ini berhasil mengembangkan prototipe rantai pasok buah melon berbasis *blockchain* yang dapat melakukan pelacakan buah melon. Aplikasi yang dihasilkan diberi nama “Melon App.apk” yang dapat membantu *stakeholder* dalam mencatat transaksi buah melon. Setiap transaksi menghasilkan *id* transaksi yang di-generate dalam QRcode sehingga memudahkan para aktor dan konsumen dalam melakukan penelusuran informasi dan riwayat rantai pasok buah melon. Prototipe ini dikembangkan dengan pendekatan *prototyping* menggunakan ReactJs sebagai *framework* sistem *front-end*, NodeJs untuk *framework back-end*, dan Hyperledger Fabric untuk kerangka *blockchain*.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] B. S. Daryono, S. D. Maryanto, S. Nissa, and G. R. Aristya, "Analisis Kandungan Vitamin Pada Melon (Cucumis melo L.) Kultivar Melodi Gama 1 dan Melon Komersial," *Biog. J. Ilm. Biol.*, vol. 4, no. 1, pp. 1–9, 2016, doi: 10.24252/bio.v4i1.1113.
- [2] T. Triadiati, M. Muttaqin, and N. Saidah Amalia, "Growth, Yield, and Fruit of Melon Quality Using Silica Fertilizer," *J. Ilmu Pertan. Indones.*, vol. 24, no. 4, pp. 366–374, 2019, doi:10.18343/jipi.24.4.366.
- [3] Badan Pusat Statistik, *Statistik Indonesia 2024*, vol. 52. Badan Pusat Statistik Indonesia, 2024.
- [4] B. S. Daryono and N. Nofriarno, "Pewarisan Karakter Fenotip Melon (Cucumis melo L. 'Hikapel Aromatis') Hasil Persilangan ♀ 'Hikapel' dengan ♂ 'Hikadi Aromatik,'" *Biosfera*, vol. 35, no. 1, p. 44, 2018, doi: 10.20884/1.mib.2018.35.1.586.
- [5] I. Afrianto, T. Djatna, Y. Arkeman, I. Hermadi, and I. S. Sitanggang, "Block Chain Technology Architecture for Supply Chain Traceability of Fisheries Products in Indonesia: Future Challenge," *J. Eng. Sci. Technol.*, vol. 15, pp. 41–49, 2020.
- [6] H. Wu *et al.*, "Data Management in Supply Chain Using *Blockchain* : Challenges and a Case Study," *Proc. - Int. Conf. Comput. Commun. Networks, ICCCN*, vol. 2019-July, pp. 1–8, 2019, doi: 10.1109/ICCCN.2019.8846964.
- [7] T. Salman, M. Zolanvari, A. Erbad, R. Jain, and M. Samaka, "Security Services Using *Blockchain* s: A State of The Art Survey," *IEEE Commun. Surv. Tutorials*, vol. 21, no. 1, pp. 858–880, 2019, doi: 10.1109/COMST.2018.2863956.
- [8] F. D. Wihartiko, S. Nurdiati, A. Buono, and E. Santosa, "*Blockchain* Dan Kecerdasan Buatan Dalam Pertanian : *Blockchain* and Artificial Intelligence in Agriculture :," *J. Teknol. Inf. dan Ilmu Komput.*, vol. 8, no. 1, pp. 177–188, 2021, doi: 10.25126/jtiik.202184059.
- [9] X. Guixia *et al.*, "A Framework for *Blockchain* and Internet of Things Integration in Improving Food Security in the Food Supply Chain," *J. Adv. Res. Appl. Sci. Eng. Technol.*, vol. 34, no. 1, pp. 24–37, 2024, doi: 10.37934/araset.34.1.2437.
- [10] I. Afrianto, T. Djatna, Y. Arkeman, I. Sukaesih Sitanggang, and I. Hermadi, "Disrupting Agro-industry Supply Chain in Indonesia with *Blockchain* Technology: Current and Future Challenges," *2020 8th Int. Conf. Cyber IT Serv. Manag. CITSM 2020*, 2020, doi: 10.1109/CITSM50537.2020.9268872.
- [11] K. Salah, N. Nizamuddin, R. Jayaraman, and M. Omar, "*Blockchain* -Based Soybean Traceability in Agricultural Supply Chain," *IEEE Access*, vol. 7, pp. 73295–73305, 2019, doi: 10.1109/ACCESS.2019.2918000.
- [12] X. Xu, I. Weber, and M. Staples, *Architecture for Blockchain Applications*. Switzerland: Switzerland: Springer, 2019.
- [13] M. R. Prabantoro, "Pengembangan Prototipe *Back-end Blockchain* Platform Untuk Sistem Rantai Pasok Bawang Merah[skripsi]," Bogor: Institut Pertanian Bogor, 2021.
- [14] M. Usman, I. Hermadi, and Y. Arkeman, "Rancang Bangun Sistem Ketertelusuran Rantai Pasok Ayam Pedaging Melalui Aplikasi Android Berbasis *Blockchain* The Design of Broiler Supply Chain Traceability System through *Blockchain* -Based Android Applications," *J. Ilmu Komput. Agri- Informatika*, vol. 8, pp. 105–114, 2021, [Online]. Available: <http://journal.ipb.ac.id/index>.
- [15] R. S. Pressman and B. R. Maxim, *Software Engineering-A Practitioners Approach-Roger S. Pressman- 8th Edition*, Eight Edit. McGraw-Hill Education, 2015.