

Sistem Pencatatan Transaksi Distribusi Cabai Menggunakan Extreme Programming dan Teknologi Blockchain

Meuthia Rachmaniah^{a1}, Putri Ardi^{a2}, Mokhamad Inggit Prakasa^{a3}

^aDepartemen Ilmu Komputer, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Pertanian Bogor
Jl. Meranti, Kampus IPB Dramaga, Bogor 16680, Jawa Barat Indonesia

¹meuthiara@apps.ipb.ac.id

²putri_407@apps.ipb.ac.id

³inggit_prakasa@apps.ipb.ac.id

Abstrak

Teknologi blockchain telah digunakan secara luas dan menarik perhatian para peneliti termasuk peneliti tanaman hortikultur. Cabai merupakan salah satu tanaman hortikultura yang banyak dibudidayakan di Indonesia dan merupakan salah satu komoditas yang memiliki harga yang sangat fluktuatif. Fluktuasi harga cabai menuntut adanya transparansi harga cabai di setiap rantai distribusi cabai. Studi ini bertujuan untuk mengembangkan sistem pencatatan transaksi distribusi cabai dalam upaya mencatat semua transaksi produksi dan harga cabai di setiap rantai distribusi cabai. Sistem ini berbasis web dan dikembangkan dengan menggunakan teknologi blockchain untuk menyimpan setiap transaksi distribusi cabai. Pengembangan sistem menggunakan metode extreme programming yang dilakukan dalam dua iterasi. Pada studi ini, *smart contract* Ethereum menggunakan kerangka kerja Truffle untuk sistem *back end* dan web3js untuk antarmuka sistem. Sistem pencatatan transaksi distribusi cabai telah berhasil dikembangkan dan memungkinkan pengguna untuk melihat harga dan pasokan cabai secara transparan di setiap rantai distribusi cabai. Uji keberterimaan dan fungsionalitas sistem telah sukses dilakukan untuk para aktor distribusi cabai, yaitu admin, produsen, pedagang pengepul, grosir, pedagang pengecer, serta konsumen. *Smart contract* yang dihasilkan dirilis pada jaringan uji Ethereum serta jaringan uji Rinkeby sebagai pengganti jaringan utama Ethereum. Sistem pencatatan cabai masih dapat dikembangkan lebih lanjut untuk melengkapi berbagai fitur yang telah dibuat. Rekomendasi untuk studi lebih lanjut dapat dilakukan untuk pengembangan fitur tambahan seperti foto produksi cabai dan foto profil aktor distribusi cabai serta *user experience* para aktor rantai distribusi cabai.

Kata kunci: blockchain, cabai, ethereum, extreme programming, transaksi, Truffle

Chili Distribution Transaction Recording System using Extreme Programming and Blockchain Technology

Abstract

Blockchain technology has been widely used and has attracted the attention of researchers, including horticultural crops researchers. Chili is a horticultural plant commonly cultivated in Indonesia and is a commodity that has a very volatile price. The price fluctuation of chili demands transparency of chili prices in each chili distribution chain. This study aims to develop a recording system for chili distribution transactions to record all production transactions and chili prices in each chili distribution chain. The web-based system uses blockchain technology to store every chili distribution transaction. The system development uses the extreme programming method carried out in two iterations. This study develops Ethereum smart contracts using the Truffle framework for the back-end system and web3js for the system interface. The system for recording the chili distribution transactions was developed successfully and allowed users to view the chili distribution chain's price and supply transparently. The study successfully conducted the system acceptance and functionality tests for chili distribution actors, namely admin, producers, collectors, wholesalers, retailers, and consumers. This study released smart contracts on the Ethereum test network and the Rinkeby test network instead of the main Ethereum network. The chili recording system requires further enhancement to complement the various features established. The recommendations for further studies are to develop additional features such as photos of chili production and profile photos of chili distribution actors, and user experience of each chili distribution chain actors

Keywords: blockchain, chili, ethereum, extreme programming, transaction, Truffle

I. PENDAHULUAN

Teknologi blockchain mendapatkan banyak perhatian saat ini. Menurut [1], blockchain adalah langkah baru dalam evolusi pertanian. Blockchain dapat meningkatkan efisiensi ekonomi, ketahanan pangan, dan mengurangi risiko ketidakpastian dalam mencapai pertanian berkelanjutan. Sistem blockchain tidak dapat diubah, sehingga data yang disimpan dan didesentralisasi dalam sistem manajemen arsip dapat dilindungi untuk petani, LSM, pemangku kepentingan, konsumen, dan pengambil keputusan yang berpartisipasi dalam pengelolaan transparansi data dalam sistem blockchain. Lebih lanjut, [2] mengungkapkan bahwa transaksi blockchain beroperasi dalam jaringan *peer-to-peer* yang terdesentralisasi. Dengan kata lain, transaksi divalidasi dan disimpan melalui konsensus terdistribusi dan tidak perlu memiliki entitas pusat untuk memvalidasi transaksi. Referensi [3] menambahkan bahwa adopsi blockchain oleh para profesional logistik dan manajemen rantai pasokan masih dalam tahap awal. Oleh karena itu, studi di masa depan masih diperlukan untuk menyelidiki hubungan antara pengetahuan tentang blockchain dan adopsi aplikasi blockchain di bidang rantai pasokan.

Cabai merupakan salah satu tanaman hortikultura yang dibudidayakan secara luas di Indonesia. Berdasarkan data dari Pusat Data dan Sistem Informasi Pertanian, produksi cabai pada tahun 2018 sekitar 2,30 juta ton [4]. Selain dibudidayakan secara luas, cabai juga merupakan komoditas perekonomian di Indonesia. Menurut [5], Indonesia adalah konsumen cabai terbesar di dunia. Oleh karenanya, konsumsi cabai di Indonesia cukup tinggi, baik digunakan dalam bentuk segar maupun olahan. Tingginya konsumsi cabai berasal dari kebutuhan masyarakat untuk penyedap sayur mayur atau bumbu masak, bahan baku industri, dan komoditas ekspor. Pada tahun 2018 tingkat konsumsi cabai di Indonesia berkisar 1,43 kg/kapita [4]. Hal tersebut menunjukkan bahwa cabai merupakan komoditas hortikultura yang banyak diminati dan dikonsumsi di Indonesia. Tanaman cabai biasanya ditanam di lahan yang tidak terlalu basah dan sangat sensitif terhadap musim. Hal inilah yang menyebabkan ketidakstabilan jumlah pasokan cabai dan mempengaruhi harga cabai [6].

Cabai merupakan salah satu komoditas yang memiliki harga yang sangat fluktuatif dan sulit untuk diprediksi [7]. Fluktuasi ini terjadi karena tanaman cabai sangat bergantung pada musim dan mudah rusak. Salah satu cara untuk mengatasi fluktuasi harga cabai adalah dengan memantau tingkat penawaran dan permintaan di pasar. Saat panen raya, pasokan cabai dalam jumlah besar, sedangkan permintaan cabai cenderung stabil sehingga menyebabkan harga turun. Sebaliknya, pada saat perayaan dan hari nasional, pasokan cabai cenderung tidak berubah sedangkan permintaan naik sehingga harga cabai akan melambung tinggi. Manajemen rantai pasok diperlukan untuk memantau harga dan produksi cabai. Dalam manajemen rantai pasokan, strategi yang paling penting adalah menekankan pada efisiensi dan kemampuan untuk mengelola dan secara akurat dapat menanggapi permintaan konsumen [8]. Salah satu aplikasi untuk

menangani kinerja rantai pasok adalah melalui penggunaan teknologi blockchain. Referensi [9] mengatakan bahwa teknologi blockchain menjamin keamanan produk dalam manajemen rantai pasokan dan membantu meningkatkan efisiensi rantai pasokan dengan menyediakan sistem pelacakan yang mencatat semua peristiwa yang terjadi dalam rantai pasokan.

Studi ini bertujuan untuk memanfaatkan teknologi blockchain untuk mencatat transaksi distribusi cabai dan menunjukkan transparansi harga antara para aktor rantai pasokan dan konsumen. Aktor rantai pasok cabai mencakup produsen, pedagang pengepul, pedagang grosir, dan pedagang pengecer. Pada studi ini, pendekatan *extreme programming* pada sistem berbasis web yang dikembangkan menggunakan *smart contract* Ethereum yang dibangun dengan framework Truffle. Fokus perhatian pada studi ini ialah:

1. *State-of-the-art* aplikasi blockchain pada komoditas hortikultura,
2. Menerapkan teknologi blockchain dengan pendekatan *extreme programming* pada rantai pasokan cabai,
3. Mengenali tantangan terbuka dan area untuk peningkatan di masa depan.

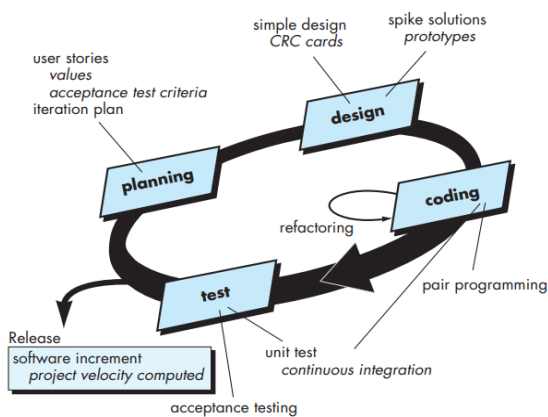
Sasaran utama dari artikel ini diarahkan pada tiga tipe sasaran. Pertama, penelitian ini menargetkan para peneliti yang tertarik dengan *state-of-the-art* penerapan blockchain dalam rantai pasokan cabai. Kedua, penelitian ini membidik para peneliti dalam pencarian metode agile rekayasa perangkat lunak untuk membantu dalam implementasinya. Ketiga, penelitian ini menargetkan aktor rantai pasok dan pemangku kepentingan cabai yang ingin mengetahui pasokan dan permintaan yang sesuai terutama untuk meningkatkan nilai kesejahteraan produsen cabai.

Struktur artikel terdiri atas empat bagian. Bagian pertama diawali dengan pendahuluan diikuti dengan metodologi pada bagian kedua. Selanjutnya, artikel menyajikan hasil dan pembahasan pada bagian ketiga. Terakhir, bagian keempat menyajikan kesimpulan dan rekomendasi studi di masa depan.

II. METODOLOGI

Metode pengembangan sistem menggunakan pendekatan agile, yaitu *extreme programming* (XP). XP adalah proses rekayasa perangkat lunak yang cenderung menggunakan pendekatan berorientasi objek. Tujuan dari metode XP adalah pembentukan tim dalam skala kecil hingga menengah. Metode ini cocok jika tim pengembang merasa tertantang dengan persyaratan yang tidak jelas dan persyaratan yang cepat berubah [10]. Metode XP terdiri dari lima tahapan yaitu perencanaan, desain, pengkodean, pengujian, serta rilis [11] (Gambar 1). Tahap perencanaan diawali dengan diskusi tim dan studi literatur untuk menentukan kebutuhan dasar sistem. Hasil dari diskusi ini adalah pembuatan *user story* yang meliputi penentuan prioritas dan kriteria keberterimaan (*acceptance criteria*) yang berlaku untuk setiap *user story*. Pada tahap ini ditentukan jumlah iterasi untuk pengembangan sistem ini, yaitu dalam dua iterasi. Iterasi pertama diarahkan pada fungsi yang menjadi prioritas utama.

Tahap desain mencakup pembuatan kartu *class-responsibility-collaborator* (CRC). Kartu CRC bertujuan untuk mengetahui peran yang dimiliki kelas (*class*) dan hubungan di antara kelas-kelas ini pada sistem. Selanjutnya pembuatan diagram kelas (*class diagram*) yang bertujuan untuk mengilustrasikan hubungan kelas (*class relationship*). Pengembangan sistem menggunakan *smart contract* Ethereum dengan bahasa pemrograman Solidity. Pada bahasa pemrograman Solidity, konsep *smart contract* sangat mirip dengan konsep kelas. Sama seperti kelas objek, *smart contract* dapat memiliki struktur data, fungsi publik dan privat, dan dapat mewarisi satu atau lebih *smart contract* [12]. Dalam hal ini, kartu CRC dan diagram kelas diselaraskan ke dalam *smart contract*.



Gambar 1 Metodologi *extreme programming* [11]

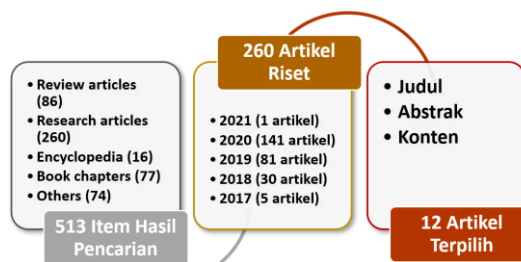
Tahap pengkodean merupakan implementasi dari tahap desain. Pengkodean menggunakan bahasa pemrograman JavaScript untuk *front-end* dan framework Truffle dengan bahasa pemrograman Solidity untuk *back-end*. Konsep penting dari tahap pengkodean dalam metode XP adalah pemrograman berpasangan (*pair programming*), integrasi berkelanjutan, dan pemfaktoran ulang (*refactoring*). Dalam pengembangan sistem ini, saat pengkodean sedang berlangsung, peneliti mengelola pemrograman berpasangan untuk meningkatkan efisiensi pengkodean. Untuk itu, peneliti menggunakan GitHub untuk integrasi berkelanjutan dari setiap perubahan kode yang dilakukan. *Refactoring* dimaksudkan untuk merapikan atau memperbaiki struktur kode sistem untuk mengurangi risiko kesalahan dalam program. Tahap pengujian dilakukan dengan unit test dengan membuat test case yang mencakup semua skenario pada *smart contract*. Pengujian unit (*unit test*) menggunakan framework Truffle dengan menulis kasus pengujian dalam bahasa pemrograman JavaScript untuk menguji fungsi *smart contract*. Terakhir, pengujian keberterimaan (*acceptance testing*) menggunakan pengujian fungsionalitas sistem, terutama pada masukan dan keluaran sistem sebelum sistem dirilis.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. State-of-the-Art dari Implementasi Blockchain

Pendekatan *state-of-the-art* diterapkan pada publikasi yang tersedia di basisdata Science Direct-Elsevier.

Kriteria pemilihan sederhana yang diterapkan adalah kata kunci "blockchain" DAN "pertanian". Gambar 2 menunjukkan 513 hasil pencarian yang berisi 260 artikel penelitian. Gambar 2 juga memperlihatkan bahwa jumlah artikel penelitian sejak tahun 2017 cenderung meningkat. Ini menunjukkan perhatian yang semakin besar pada penggunaan blockchain di bidang pertanian. Oleh karena itu, penelitian ini difokuskan pada artikel terbaru pada tahun 2020 dan 2021. Pencarian lebih teliti dilanjutkan dengan memeriksa judul penelitian, abstrak, dan ringkasan konten terkait tanaman hortikultur yang menghasilkan 12 artikel penelitian yang relevan dipilih untuk penelitian ini. Lebih lanjut, 12-artikel terpilih dicek jumlah sitasinya dengan menggunakan Google Scholar (Tabel I).

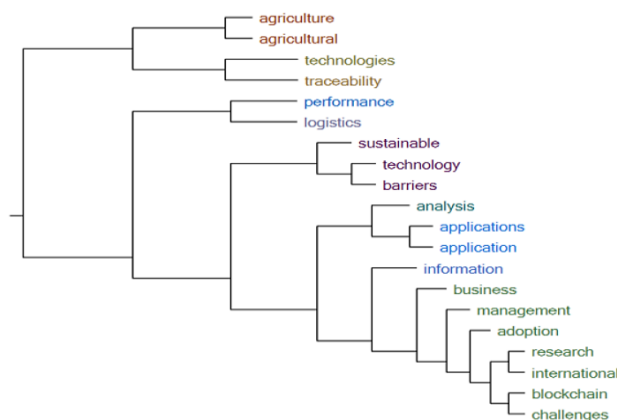


Gambar 2. Proses seleksi artikel pada bulan Juni 2020

TABEL I
SITASI ARTIKEL TERPILIH

Ref#	Sitasi	Ref#	Sitasi	Ref#	Sitasi	Ref#	Sitasi
[13]	-	[16]	1	[19]	6	[22]	12
[14]	-	[17]	-	[20]	-	[23]	1
[15]	14	[18]	-	[21]	1	[24]	-

Selanjutnya, dua belas artikel terpilih dianalisis dengan menggunakan perangkat lunak NVivo 12 Plus untuk mengetahui berbagai peluang penelitian dan area untuk peningkatan lebih lanjut. NVivo 12 Plus memiliki fitur untuk memvisualisasikan analisis kluster kueri frekuensi kata (Gambar 3) dan kesamaan koefisien korelasi Pearson (Gambar 4). Berdasarkan frekuensi kata dan kemunculan kemiripan kata, artikel yang dipilih terbagi dalam dua kluster. Masing-masing kluster mencakup dua sub-kluster. Kemunculan kata dan persamaan kata menjadi fokus peneliti pada perhatian pada teknologi blockchain.



Gambar 3. Dua puluh kata dengan frekuensi kueri paling banyak



Gambar 4. Kemiripan kata pada dua belas artikel terpilih berdasarkan koefisien korelasi Pearson

Menurut [13], penggunaan blockchain dapat meningkatkan kinerja rantai suplai mengingat panjangnya rantai suplai dan transparansi yang disediakan blockchain. Selain itu, adopsi blockchain dipengaruhi oleh level berbagi pengetahuan dan tekanan mitra dagang. Dalam aplikasi blockchain, kriteria terpenting adalah keamanan, visibilitas, dan audit [14]. Selanjutnya, operasi logistik yang paling memungkinkan adalah *transportation, materials handling, warehousing, order processing, dan fleet management*.

Dengan menggunakan analisis komponen utama dan uji coba pengambilan keputusan fuzzy dan laboratorium evaluasi (DEMATEL), [15] memperoleh enam faktor penentu keberhasilan (*critical success factor/CFS*). CFS yang diperoleh adalah keamanan dan desentralisasi data, aksesibilitas, hukum dan kebijakan, dokumentasi, manajemen data, dan kualitas. Studi [15] mengarah pada kesimpulan bahwa integrasi blockchain dan aliran rantai pasokan menghasilkan pencapaian keberlanjutan. Lebih lanjut, studi [16] menyatakan bahwa rantai pasok pertanian harus memperhatikan kualitas. Namun demikian, kurangnya regulasi pemerintah dan kepercayaan di antara pemangku kepentingan agro menjadi hambatan adopsi untuk menggunakan blockchain.

Aktor usia menengah dan muda dapat memberikan data yang lengkap untuk proyek pertanian dengan blockchain [17]. Komoditas segar, biji-bijian, dan produk air segar adalah komoditas yang paling banyak disediakan pada aplikasi e-commerce. Referensi [18] menggunakan framework pertanian elektronik berbasis blockchain yang menggabungkan seluruh model pertanian dari pertanian berbasis ekologi ke dalam blockchain. Pada framework ini, jaringan blockchain secara otomatis mengumpulkan dan mengunggah data melalui berbagai jenis perangkat pintar.

Kombinasi arsitektur sistem dari *internet-of-things* (IoT), analitik big data, dan visualisasi digunakan dalam penilaian siklus hidup berbasis blockchain untuk meningkatkan keberlanjutan rantai pasokan [19]. Referensi [20] menggunakan framework teknologi, organisasi dan lingkungan (*technology organization environment/TOE*) dan *tool* DEMATEL untuk mengetahui kendala utama yang dihadapi saat mengadopsi blockchain. Hasil yang diperoleh ialah bahwa diantara para akademisi dan pakar industri maka rantai pasokan dan hambatan teknologi merupakan hambatan paling besar. Untuk itu, referensi [21] membangun framework terintegrasi untuk proses adopsi inovasi blockchain pada

perspektif organisasional dan keberterimaan pengguna. Framework yang terintegrasi ini mencakup karakteristik inovasi, organisasi, lingkungan, dan keberterimaan pengguna. Selanjutnya, [21] menyampaikan daftar isu-isu yang dihadapi saat adopsi blockchain (Gambar 5).



Gambar 5. Hasil investigasi isu-isu dalam penerapan Blockchain [21]

Referensi [22] menggunakan teknologi blockchain pada rantai pasokan waktu nyata (*real time*), terutama pada informasi yang dikumpulkan dari berbagai sumber data. Pada artikelnya, [22] menggunakan kombinasi identifikasi frekuensi radio (*radio frequency identification*/RFID), IoT, dan teknologi blockchain dalam sistem portal yang terhubung ke perusahaan transportasi, perangkat pelacak, titik terkonsolidasi, dan pemasok. Lebih lanjut, [23] menegaskan teknologi blockchain dapat diimplementasikan secara luas pada sektor keuangan, perawatan kesehatan, kota pintar (*smart city*), kontrak pintar (*smart contract*), pasar energi, dan sektor-sektor pemerintahan. Studi [23] berfokus pada sektor pertanian pada masalah ketertelusuran pangan yang dimotivasi oleh semakin luasnya penggunaan pestisida dan pupuk serta diarahkan untuk meningkatkan kepedulian konsumen pada produk pertanian berkualitas. Studi [23] juga menegaskan bahwa Cina, Amerika Serikat, dan Italia paling banyak berinvestasi dalam teknologi blockchain. Blockchain sebenarnya adalah salah satu elemen dalam teknologi sistem [24]. Referensi [24] menganalisis enam kasus teknologi berbasis blockchain dalam rantai pasokan makanan dengan menggunakan framework penilaian teknologi. Framework tersebut membedakan empat komponen yang berbeda, yaitu: teknik, pengetahuan, organisasi, dan produk. Hasilnya adalah teknologi berbasis blockchain memberikan dampak langsung pada beberapa atribut seperti peningkatan transparansi, ketertelusuran, dan kepercayaan. Dampak lain, misalnya peningkatan manajemen data, dianggap sebagai efek samping dari proses digitalisasi non-digital.

B. Pengembangan *Prototipe Blockchain*

Dalam penelitian ini, pengembangan teknologi blockchain diterapkan pada pencatatan transaksi distribusi cabai. Adapun pengembangan sistemnya menggunakan tahapan pada metodologi *extreme programming*, yaitu perencanaan, desain, pengkodean, pengujian, dan rilis.

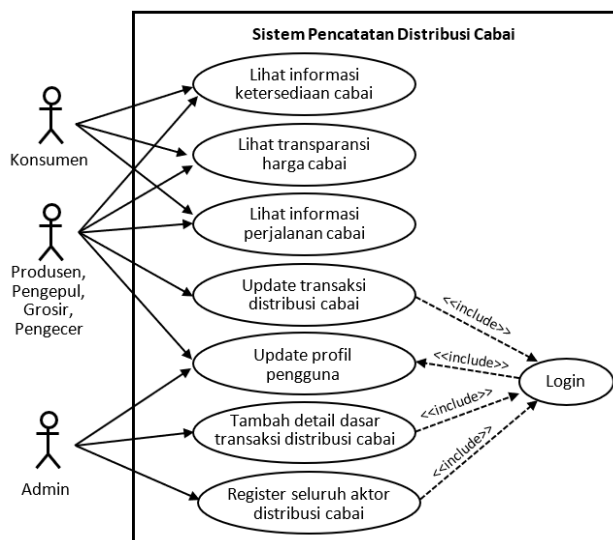
1) *Perencanaan*: Tahap perencanaan dimulai dengan diskusi menyeluruh tentang persyaratan dasar sistem dan keperluan data yang akan digunakan dalam sistem. Hasil diskusi tersebut menghasilkan *user story* sebagai pedoman untuk pengembangan lebih lanjut (Tabel II). *User story*

yang dibuat menggambarkan pengguna yang akan menggunakan sistem, story tentang kebutuhan pengguna, serta kriteria keberterimaan untuk setiap *user story*. Pengguna sistem adalah produsen (petani), pedagang pengepul, pedagang grosir, pedagang pengecer, konsumen, dan admin Kriteria keberterimaan menggambarkan ruang lingkup cerita pengguna dalam bentuk daftar kriteria yang menunjukkan penyelesaian suatu *story*.

TABEL II
USER STORY SYSTEM PENCATATAN DISTRIBUSI CABAI

Aktor	User story	Kriteria Keberterimaan
Admin	Sebagai admin, saya ingin menambah atau mendaftarkan aktor baru ke dalam sistem	- Admin dapat mendaftarkan aktor rantai distribusi
	Sebagai admin, saya ingin membuat detail dasar transaksi distribusi cabai pada sistem pencatatan transaksi rantai distribusi cabai	- Admin dapat menambahkan transaksi baru dengan membuat detail transaksi dasar
	Sebagai admin, saya ingin memperbarui detail aktor rantai distribusi yang terdaftar di sistem	- Admin dapat mencari akun aktor rantai distribusi untuk diperbarui di kolom pencarian - Admin dapat memperbarui detail aktor rantai distribusi
Aktor rantai distribusi (produsen, pedagang pengepul, pedagang grosir, pedagang pengecer)	Sebagai aktor rantai distribusi, Saya ingin memutakhirkan detail informasi transaksi pada sistem transaksi rantai distribusi cabai	- Aktor rantai distribusi dapat memilih transaksi untuk dimutakhirkan - Aktor rantai distribusi dapat memutakhirkan transaksi distribusi cabai
	Sebagai aktor rantai distribusi, Saya ingin melakukan pemutakhiran profil	- Aktor rantai distribusi dapat memperbarui profil
Aktor rantai distribusi dan konsumen	Sebagai aktor rantai distribusi dan konsumen, Saya ingin melihat informasi tentang pasokan cabai pada setiap aktor rantai distribusi cabai	- Aktor rantai distribusi dan konsumen dapat melihat semua daftar transaksi - Aktor rantai distribusi dan konsumen dapat melihat detail setiap transaksi untuk mengetahui informasi pasokan cabai pada masing-masing aktor rantai distribusi cabai
	Sebagai aktor rantai distribusi dan konsumen, Saya ingin melihat informasi harga cabai di setiap aktor rantai distribusi cabai	- Aktor rantai distribusi dan konsumen dapat melihat semua daftar transaksi - Aktor rantai distribusi dan konsumen dapat melihat detail setiap transaksi untuk mengetahui informasi harga cabai pada masing-masing aktor rantai distribusi cabai
	Sebagai aktor rantai distribusi dan konsumen, Saya ingin melihat informasi dari mana cabai diperoleh dan kemana cabai dijual	- Aktor rantai distribusi dan konsumen dapat melihat semua daftar transaksi - Aktor rantai distribusi dan konsumen bisa melihat detail tiap transaksi untuk mengetahui informasi dari mana asal cabai dan kemana cabai tersebut dijual

Diagram *use case* dibuat setelah *user story* diafirmasi (Gambar 6). *User story* menggambarkan aktor dan fungsi yang dilakukan oleh para aktor. Aktor rantai distribusi terdiri atas produsen, pedagang pengepul, pedagang grosir, dan pedagang pengecer. Para aktor dapat melihat informasi ketersediaan cabai, melihat transparansi harga cabai, melihat informasi dari mana cabai, perjalanan cabai yang sudah dijual, pemutakhiran data cabai, serta transaksi distribusi. Konsumen dapat melihat informasi ketersediaan cabai, transparansi harga cabai, dan informasi asal cabai. Admin dapat mendaftarkan semua aktor rantai distribusi ke dalam sistem dan melakukan transaksi pencatatan pendistribusian cabai baru. Admin menambahkan rincian dasar pencatatan transaksi rantai distribusi cabai. Selanjutnya, transaksi tersebut akan diteruskan ke aktor rantai distribusi. Akhirnya, aktor rantai distribusi dapat memperbarui transaksi ini.

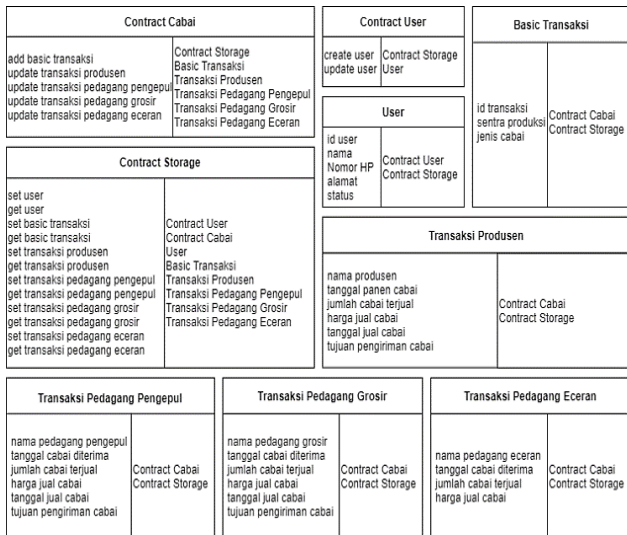


Gambar 6. Diagram *use case* sistem pencatatan distribusi cabai

2) *Desain*: Pada tahap ini peneliti melakukan perancangan kartu *class responsibility collaborator* (CRC) untuk mengetahui hubungan antar kelas. Kelas pada kartu CRC dan diagram kelas (*class diagram*) disesuaikan agar selaras dengan *smart contract*. Pengembangan sistem dilakukan dengan menggunakan *smart contract* Ethereum dan bahasa pemrograman Solidity. Solidity adalah bahasa berorientasi objek untuk mendefinisikan *smart contract* yang setara dengan kelas objek. Dalam Solidity, tidak ada konsep kelas, tetapi *smart contract* adalah konsep yang sangat mirip dengan objek kelas. Seperti halnya objek kelas, *smart contract* dapat memiliki struktur data, fungsi publik dan privat, dan dapat mewarisi satu atau lebih *smart contract* lainnya [12].

Kartu CRC mencakup nama kelas, tanggung jawab, dan kolaborator. Pada Gambar 7 terdapat sembilan kelas yaitu Contract Cabai, Contract User, Contract Storage, User, Basic Transaksi, Transaksi Produsen, Transaksi Pedagang Pengepul, Transaksi Pedagang Grosir, dan Transaksi PedagangEceran. Kelas Contract User berkolaborasi dengan kelas User dan kelas Contract Storage. Kelas User mengirimkan data

yang dibutuhkan oleh kelas `Contract User` kemudian data tersebut disimpan di kelas `Contract Storage`.



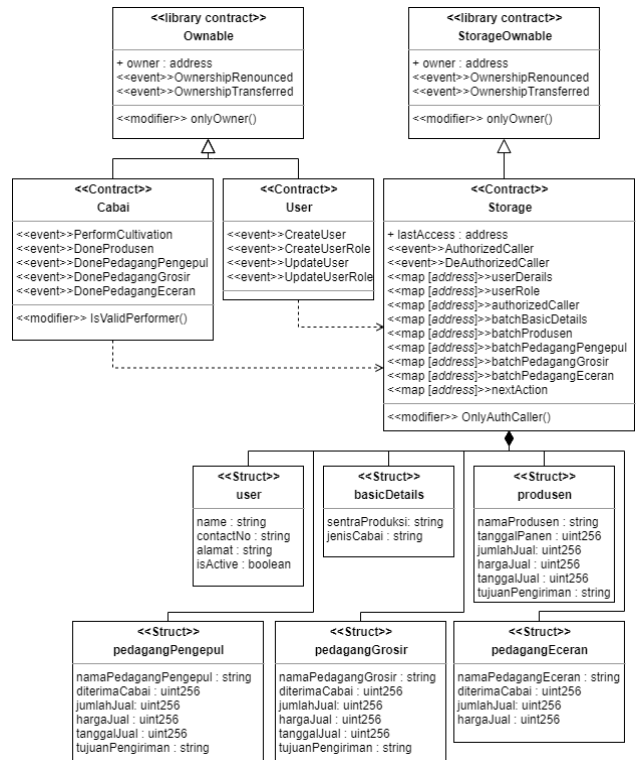
Gambar 7. Kartu CRC sistem pencatatan distribusi cabai

Tahap desain juga melakukan desain diagram kelas (*class diagram*). Pembuatan diagram kelas pada Gambar 8 mengikuti *smart contract*. Solidity juga memiliki konstruksi struktur dalam *smart contract*. Struct adalah tipe yang ditentukan khusus yang mengelompokkan beberapa variabel. Dalam mendeskripsikan diagram kelas, struct dalam *smart contract* juga dinyatakan sebagai kelas. Struct dapat menyimpan data tetapi tanpa operasi.

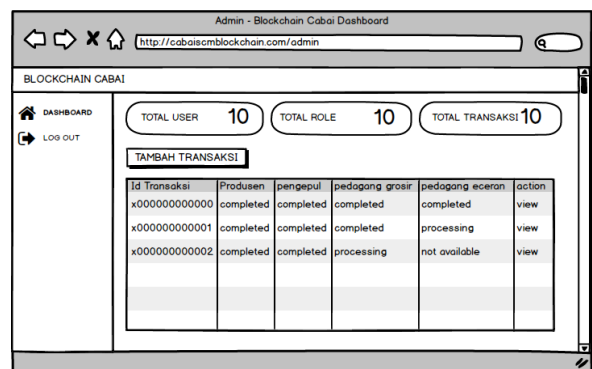
Konsep Solidity lainnya adalah *events*, pemetaan, dan *modifier* yang terdapat dalam *smart contract*. *Event* dan pemetaan ini digunakan sebagai atribut dalam diagram kelas, sedangkan *modifier* bertindak sebagai operasi dalam diagram kelas [12]. `Contract Cabai` dan `Contract User` mendapatkan pewarisan dari `Ownable` library contract (Gambar 8). `Contract Storage` adalah warisan dari `StorageOwnable` library contract. Dalam `Contract Storage` terdapat struct `user`, struct `basicDetails`, struct `produsen`, struct `pedagangPengepul`, struct `pedagangGrosir`, dan struct `pedagangEceran` sebagai variabel penyimpanan informasi dari kelompok variabel pada atribut struct. Oleh karena itu, struct adalah komposisi dari `Contract Storage`. Selanjutnya perancangan antarmuka berupa *mock-up* sistem sebagai acuan antarmuka pengguna (*user interface*). Desain antarmuka menggunakan Balsamiq Mockups (Gambar 9-11).

3) *Pengkodean*: Tahap implementasi adalah pembuatan kode program untuk membuat smart contract dengan menggunakan bahasa pemrograman Solidity. Ada tiga *smart contract* yang dikembangkan, yaitu `Contract Cabai`, `Contract User`, dan `Contract Storage`. Juga, dua library smart contract telah dikembangkan, yaitu `Ownable` library contract dan `StorageOwnable` library contract, yang merupakan open-source libraries dari library `OpenZeppelin`. `Ownable` library contract dan `StorageOwnable` library contract adalah file kontrak

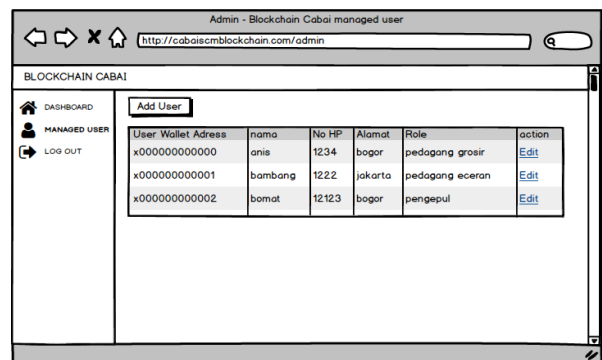
kepemilikan untuk menyediakan akses terkontrol ke *smart contract* yang digunakan. Hanya ada satu akun atau disebut satu akun yang merupakan pemilik kontrak yang dapat mengakses dan mengontrol beberapa fitur atau fungsi *smart contract* [25].



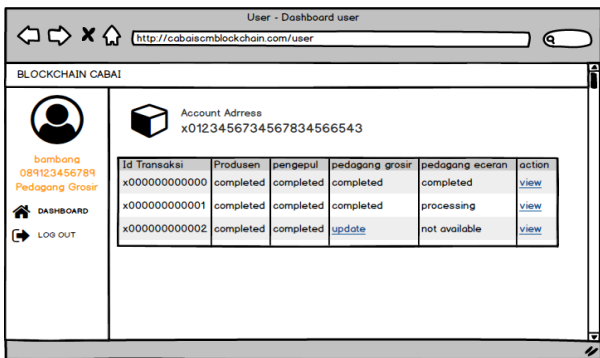
Gambar 8. Diagram kelas (*class diagram*) sistem pencatatan distribusi cabai



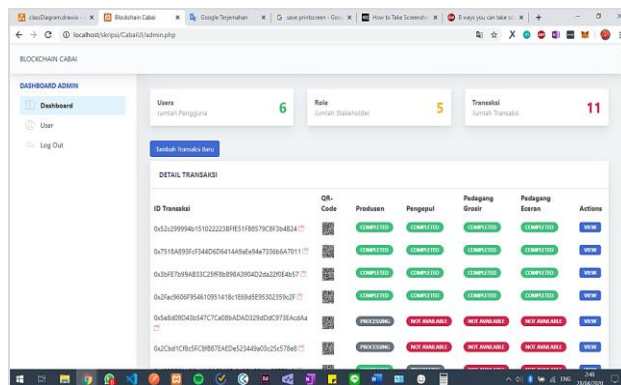
Gambar 9. Mockup halaman utama Admin



Gambar 10. Mockup halaman manajemen user

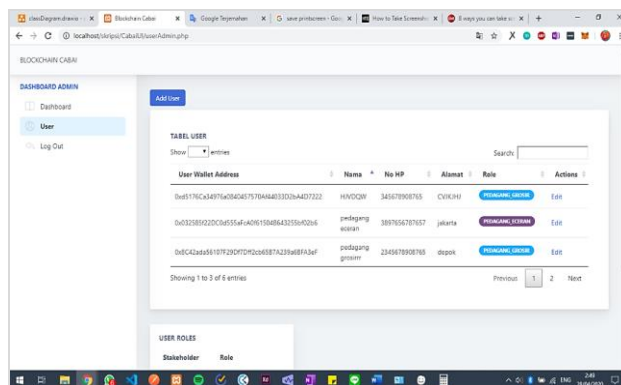


Gambar 11. Mockup halaman utama aktor distribusi rantai pasok



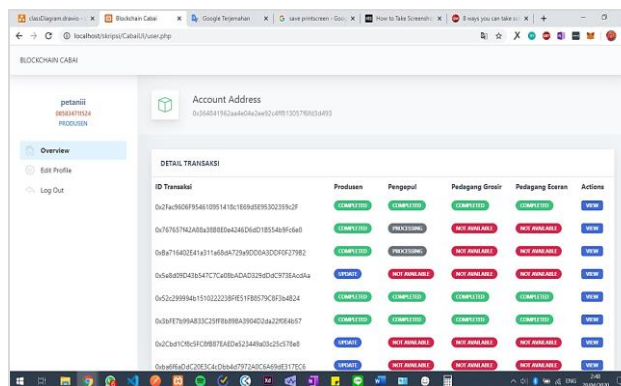
Gambar 12. Halaman utama Admin

Setelah menyelesaikan pengkodean *smart contract* yang selaras dengan fungsi yang diperlukan, maka kompilasi *smart contract* dijalankan. Solidity memiliki kompilator yang dikenal sebagai kompilator Solidity yang disebut *solc*. Kompilator ini mengubah kode Solidity menjadi *bytecode* untuk dieksekusi oleh mesin virtual Ethereum (EVM). Kompilasi *smart contract* menggunakan framework Truffle yang menghasilkan *application binary interface* (ABI) dan *bytecode smart contract* dalam file JSON. ABI bertindak sebagai antarmuka yang mencakup semua deklarasi fungsi eksternal dan publik serta parameternya dan tipe *return* yang dikembalikan (*return type*). *Bytecode* adalah bahasa tingkat rendah dari *smart contract* yang dapat dieksekusi oleh EVM. *Bytecode* untuk *deployment* dan ABI untuk menjalankan fungsi dalam *smart contract*. ABI juga digunakan untuk mengintegrasikan *smart contract* dengan *front-end* dari sistem.



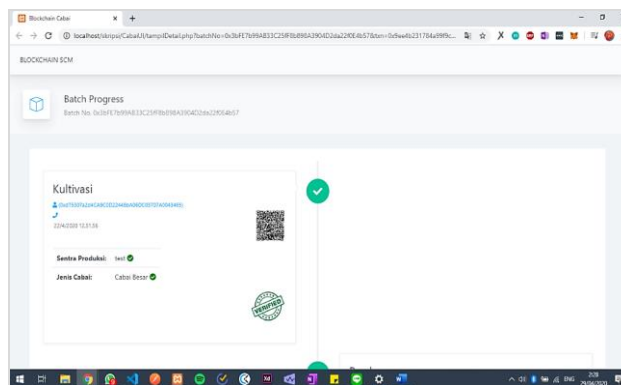
Gambar 13. Halaman manajemen pengguna

Selanjutnya, pengkodean dilanjutkan dengan menginstal *library Web3.js*. *Web3.js* adalah Ethereum JavaScript API resmi yang memungkinkan pengguna berinteraksi dengan *smart contract* melalui jaringan yang ada. Penyedia Ethereum yang digunakan dalam sistem ini adalah *MetaMask*. *MetaMask* digunakan untuk menghubungkan pengguna ke jaringan Ethereum dari antarmuka web. *MetaMask* juga dapat berfungsi sebagai *wallet* yang memungkinkan pengguna membayar transaksi saat berinteraksi dengan sistem. Untuk keperluan ini, pengguna perlu melakukan instalasi ekstensi *MetaMask Chrome* untuk dapat mengaktifkan interaksi dengan sistem.



Gambar 14. Halaman utama aktor rantai distribusi

Terakhir, komponen *page* dikonstruksi berdasarkan *mock-up* yang telah dirancang sebelumnya. Komponen antarmuka pengguna adalah login, dasbor admin, dasbor pengguna, manajemen transaksi, penambahan aktor rantai pasokan, pemutakhiran transaksi aktor rantai pasokan, dan untuk melihat transaksi. Di halaman web yang dibuat pada sistem, digunakan templat dari antarmuka pengguna (*user interface/UI*) Architect. Templat ini menyediakan berbagai macam tag HTML yang serbaguna dalam pembuatan UI, seperti tabel, tombol, ikon. Contoh beberapa komponen yang dibuat adalah halaman utama Admin (Gambar 12), halaman manajemen pengguna (Gambar 13), halaman utama aktor rantai distribusi (Gambar 14), dan halaman detail transaksi (Gambar 15).



Gambar 15. Halaman detail transaksi

4) *Pengujian*: Uji unit dilakukan untu mengoperasikan kasus uji dalam bahasa pemrograman JavaScript dan agar dapat dijalankan dengan menggunakan framework Truffle. Pengujian penerimaan (*acceptance testing*) dilakukan pada tiga kelompok aktor. Pengujian juga dilakukan oleh tim pengembang dengan menguji fungsionalitas sistem. Hasil pengujian penerimaan telah sukses dilakukan sesuai dengan fungsi dan skenario yang disajikan pada Tabel III.

5) *Rilis*: *Smart contract* yang telah diuji kemudian dirilis menggunakan jaringan uji blockchain, yaitu jaringan uji Rinkeby. Penerapan *smart contract* dilakukan menggunakan framework Truffle. Sistem yang dikembangkan berhasil dirilis dan dapat diakses pada url <https://blockchaincabai.herokuapp.com/>.

TABEL III
HASIL PENGUJIAN KEBERTERIMAAN

Aktor	Fungsi	Skenario dan Hasil Uji
Admin	Register aktor rantai distribusi	✓ Admin berhasil mendaftarkan aktor rantai distribusi baru ke dalam sistem
	Menambahkan detail dasar dari transaksi terkait cabai	✓ Admin berhasil menambahkan transaksi baru dengan membuat detail transaksi dasar
	Memutakhirkan detail aktor rantai distribusi	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Admin berhasil mencari akun aktor rantai distribusi untuk dimutakhirkan pada kolom pencarian ✓ Admin berhasil memutakhirkan detail aktor rantai distribusi
Aktor rantai distribusi (produsen, pedagang pengepul, pedagang grosir, pedagang pengecer)	Memutakhirkan transaksi distribusi cabai	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Aktor berhasil memilih transaksi untuk dimutakhirkan ✓ Aktor rantai distribusi berhasil memutakhirkan transaksi distribusi cabai
	Memutakhirkan profil pengguna	✓ Aktor berhasil melakukan pemutakhiran profil
	View informasi ketersediaan cabai	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Aktor berhasil mengamati semua daftar transaksi ✓ Aktor berhasil mengamati detail setiap transaksi untuk mengetahui informasi pasokan cabai dari masing-masing aktor rantai distribusi cabai
	Melihat transparansi harga cabai	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Aktor berhasil mengamati semua daftar transaksi ✓ Aktor berhasil mengamati detail setiap transaksi untuk mengetahui informasi harga cabai pada masing-masing aktor rantai distribusi cabai
	Melihat informasi perjalanan cabai	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Aktor berhasil mengamati semua daftar transaksi ✓ Aktor berhasil mengamati detail setiap transaksi untuk mengetahui informasi perjalanan cabai
	View informasi ketersediaan cabai	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Konsumen berhasil melihat semua daftar transaksi ✓ Konsumen berhasil mencermati detail setiap transaksi untuk mengetahui informasi pasokan cabai pada masing-masing aktor rantai

Aktor	Fungsi	Skenario dan Hasil Uji
		distribusi cabai.
	Mencermati transparansi harga cabai	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Konsumen berhasil melihat semua daftar transaksi ✓ Konsumen berhasil melihat detail setiap transaksi untuk mengetahui informasi harga cabai pada masing-masing aktor pasokan rantai cabai.
	View informasi ketertelusuran cabai	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Konsumen berhasil melihat semua daftar transaksi ✓ Konsumen berhasil melihat detail setiap transaksi untuk mencari informasi perjalanan cabai

IV. KESIMPULAN

Adopsi teknologi blockchain telah diterapkan para peneliti pada bidang keuangan, perawatan kesehatan, *smart city*, *smart contract*, pasar energi, pemerintah, dan pertanian. Secara khusus, rantai pasokan pertanian yang mendapatkan lebih banyak perhatian para peneliti adalah terkait dengan kinerja rantai pasokan, kualitas produk pertanian, dan dampak rantai pasokan seperti peningkatan transparansi, keterlacakan, dan kepercayaan. Blockchain sebenarnya adalah salah satu elemen dalam teknologi sistem. Dengan demikian, blockchain dapat digabungkan dengan teknologi sistem lainnya. Sebagai contoh, blockchain dapat dikombinasikan dengan penggunaan RFID, IoT, atau aplikasi rekayasa perangkat lunak lainnya untuk pengumpulan data input secara otomatis atau diinput oleh pengguna. Namun demikian, kompleksitas rantai pasokan dan gap teknologi tetap menjadi kendala adopsi blockchain yang paling utama.

Sistem pencatatan transaksi distribusi cabai yang memanfaatkan teknologi blockchain telah berhasil dikembangkan dengan menggunakan pendekatan agile, yaitu dengan *Extreme Programming*, pada jaringan uji Rinkeby. Pada studi ini, sistem yang dikembangkan mencakup tiga *smart contract*, yaitu *Contract Cabai*, *Contract User*, dan *Contract Storage*. Sistem yang dikembangkan juga menggunakan dua *smart contract library*, yaitu *Ownable library contract* dan *StorageOwnable library contract*. *Smart contract* dibuat dengan menggunakan framework Truffle.

Penggunaan blockchain dimaksudkan untuk memberikan transparansi dan keamanan dalam pemutakhiran atau penambahan data yang ada. Sebagai catatan, data yang telah tersimpan pada sistem tidak dapat dihapus. Sistem yang telah dikembangkan membutuhkan komunikasi antar berbagai tipe pengguna. Para pengguna sistem ialah produsen cabai, pedagang pengepul, pedagang grosir, pedagang pengecer, konsumen, dan admin. Pengguna dalam rantai pasokan dapat memperbaiki transaksi distribusi dan melihat detail transaksi distribusi. Konsumen dapat mengamati transaksi distribusi di setiap aktor rantai distribusi. Admin dapat menambahkan pengguna dan melihat distribusi dan mengunduh transaksi.

Sistem dan *smart contract* yang berhasil dikembangkan dapat digunakan untuk studi lebih lanjut, terutama untuk

mengeksplorasi penerapan secara penuh pada jaringan utama Ethereum. Selain itu, sistem pencatatan cabai ini dapat dikembangkan lebih lanjut dengan cara melengkapi berbagai fitur yang telah dibuat, diantaranya yaitu pengembangan fitur tambahan seperti foto produksi cabai dan foto profil aktor distribusi cabai. Sebagai tambahan, peneliti merekomendasikan penelitian *user experience* (UX) para aktor rantai pasokan cabai secara lebih luas lagi. Penelitian UX para aktor dan konsumen rantai pasokan cabai disarankan dipilah menurut level administrasi kabupaten dan kota.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Y.-P. Lin, J. Petway, J. Anthony, H. Mukhtar, S-W Liao, C-F Chou, *et al.*, "Blockchain: The Evolutionary Next Step for ICT E-Agriculture," *Environments*, vol. 4, no. 3, p. 50, 2017.
- [2] Y. Chen, "Blockchain tokens and the potential democratization of entrepreneurship and innovation," *Bus. Horiz.*, vol. 61, no. 4, pp. 567–575, 2018.
- [3] M. M. Queiroz and S. Fosso Wamba, "Blockchain adoption challenges in supply chain: An empirical investigation of the main drivers in India and the USA," *Int. J. Inf. Manage.*, vol. 46, no. November 2018, pp. 70–82, 2019.
- [4] Wahyuningsih, "Pusat Data dan Sistem Informasi Pertanian Sekretariat Jenderal Kementerian Pertanian," *Bul. Konsumsi Pangan*, vol. 09, no. 01, pp. 32–42, 2018.
- [5] N. Palar, P. A. . Pangemanan, and E. G. Tangkere, "Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Harga Cabai Rawit Di Kota Manado," *Agri-Sosioekonomi*, vol. 12, no. 2, p. 105, 2016.
- [6] M. S. Jawal Anwarudin, A. L. Sayekti, A. K. Marendra, and D. Yusdar Hilman, "Production Dynamics and Price Volatility of Chili: Anticipation Strategy and Development Policy," *Pengemb. Inov. Pertanian*, vol. 6, no. 7805768, 2013.
- [7] I. A. Budiastuti, S. M. S. Nugroho, and M. Hariadi, "Predicting daily consumer price index using support vector regression method," *QiR 2017 - 2017 15th Int. Conf. Qual. Res. Int. Symp. in Electr. Comput. Eng.*, vol. 2017-Decem, pp. 23–28, 2017.
- [8] V. S. Chopra, *Supply Chain Management . Strategy , Planning & Operation*, 5th Ed. New Jersey USA: Prentice Hall 2013.
- [9] M. V. Kumar and N. C. S. N. Iyengar, "A Framework for Blockchain Technology in Rice Supply Chain Management Plantation," vol. 146, no. Fgcn, pp. 125–130, 2017.
- [10] K. Beck, *Extreme Programming Explained*, 2nd Ed. Boston: Addison-Wesley, 2004.
- [11] R. Pressman and B. Maxim, *Software engineering a practitioner's approach*. 9th Ed. New York: McGraw Hill Education, 2020.
- [12] L. Marchesi, M. Marchesi, and R. Tonelli, "ABCDE -- Agile Block Chain Dapp Engineering.," Blockchain: Research and Application, vol. 1(1-2), p.1-19, Nov. 2020.
- [13] S. Fosso Wamba, M. M. Queiroz, and L. Trinchera, "Dynamics between blockchain adoption determinants and supply chain performance: An empirical investigation," *Int. J. Prod. Econ.*, vol. 229, p. 107791, 2020.
- [14] I. M. Ar, I. Erol, I. Peker, A. I. Ozdemir, T. D. Medeni, and I. T. Medeni, "Evaluating the feasibility of blockchain in logistics operations: A decision framework," *Expert Syst. Appl.*, vol. 158, p. 113543, 2020.
- [15] S. Yadav and S. P. Singh, "Blockchain critical success factors for sustainable supply chain," *Resour. Conserv. Recycl.*, vol. 152, no. May 2019, p. 104505, 2020.
- [16] V. S. Yadav, A. R. Singh, R. D. Raut, and U. H. Govindarajan, "Blockchain technology adoption barriers in the Indian agricultural supply chain: an integrated approach," *Resour. Conserv. Recycl.*, vol. 161, no. November 2019, p. 104877, 2020.
- [17] X. Li, D. Wang, and M. Li, "Convenience Analysis of Sustainable E-agriculture Based on Blockchain Technology," *J. Clean. Prod.*, p. 122503, 2020.
- [18] C. Yiyan, L. Ye, and L. Cunjin, "Electronic agriculture, blockchain and digital agricultural democratization: Origin, theory and application," *J. Clean. Prod.*, vol. 268, p. 122071, 2020.
- [19] A. Zhang, R. Y. Zhong, M. Farooque, K. Kang, and V. G. Venkatesh, "Blockchain-based life cycle assessment: An implementation framework and system architecture," *Resour. Conserv. Recycl.*, vol. 152, no. May 2019, p. 104512, 2020.
- [20] M. Kouhizadeh, S. Saberi, and J. Sarkis, "Blockchain technology and the sustainable supply chain: Theoretically exploring adoption barriers," *Int. J. Prod. Econ.*, vol. 231, p. 107831, 2021.
- [21] N. Upadhyay, "Demystifying blockchain: A critical analysis of challenges, applications and opportunities," *Int. J. Inf. Manage.*, vol. 54, no. March 2019, p. 102120, 2020.
- [22] P. Helo and A. H. M. Shamsuzzoha, "Real-time supply chain—A blockchain architecture for project deliveries," *Robot. Comput. Integr. Manuf.*, vol. 63, no. November 2019, p. 101909, 2020.
- [23] G. Mirabelli and V. Solina, "Blockchain and agricultural supply chains traceability: Research trends and future challenges," *Procedia Manuf.*, vol. 42, no. 2019, pp. 414–421, 2020.
- [24] S. Köhler and M. Pizzol, "Technology assessment of blockchain-based technologies in the food supply chain," *J. Clean. Prod.*, vol. 269, p. 122193, 2020.
- [25] J. Chitoda, *Mastering Blockchain Programming with Solidity*. Birmingham UK: Packt Publishing Limited, 2019.