



INSTITUT PERTANIAN BOGOR

**DESAIN SISTEM KETERTELUKURAN PADA
AGROINDUSTRI KAKAO DENGAN MENGGUNAKAN
*BLOCKCHAIN***

TESIS

**ZAKY ABDUL HARIS
F3501241029**

**FAKULTAS TEKNIK DAN TEKNOLOGI
PROGRAM STUDI TEKNIK INDUSTRI PERTANIAN
BOGOR
2026**



PERNYATAAN MENGENAI TESIS, SUMBER INFORMASI, PENGGUNAAN AI, DAN PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa tesis dengan judul “Desain Sistem Ketertelusuran pada Agroindustri Kakao dengan Menggunakan *Blockchain*” merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar magister Teknik. Karya ini adalah karya saya dengan arahan dari dosen pembimbing dan belum diajukan dalam bentuk apa pun kepada perguruan tinggi mana pun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka di bagian akhir tesis ini.

Dalam penyusunan karya ini, penulis menggunakan bantuan kecerdasan buatan *google antigravity* untuk penulisan kode dalam *tech stack* sistem dan *google gemini* untuk membuat *graphical summary*. Setelah menggunakan alat/layanan tersebut, penulis meninjau dan menyunting konten sesuai kebutuhan serta bertanggung jawab penuh atas isi karya tugas akhir ini.

Dengan ini saya melimpahkan hak cipta dari karya tulis saya kepada Institut Pertanian Bogor.

Bogor, Agustus 2026

Zaky Abdul Haris
NIM F3501241029

© Hak Cipta milik IPB, tahun 2026
Hak Cipta dilindungi Undang-Undang

Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan atau menyebutkan sumbernya. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik, atau tinjauan suatu masalah, dan pengutipan tersebut tidak merugikan kepentingan IPB.

Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apa pun tanpa izin IPB.



SOROTAN

ZAKY ABDUL HARIS. Desain Sistem Ketertelusuran Pada Agroindustri Kakao Dengan Menggunakan *Blockchain*. Dibimbing oleh YANDRA ARKEMAN dan IPHOV KUMALA SRIWANA.

1. Penelitian ini membahas penerapan *blockchain* dengan tujuan untuk membuat sistem ketertelusuran kakao.
2. Penelitian ini menggunakan pemodelan untuk menganalisis rantai pasok agroindustri kakao
3. Hasil penelitian menunjukkan bahwa *blockchain* bisa diterapkan untuk sistem ketertelusuran kakao.
4. Temuan ini memberikan kontribusi terhadap rantai pasok kakao, serta menawarkan wawasan baru mengenai kondisi rantai pasok kakao dan integrasinya dengan sistem ketertelusuran menggunakan *blockchain*.
5. Tugas akhir ini menunjukkan bahwa sistem ketertelusuran yang bersifat transparan, desentralisasi serta *immutable* perlu menerapkan blockchain dan berpotensi pada tingkat adopsi selanjutnya.

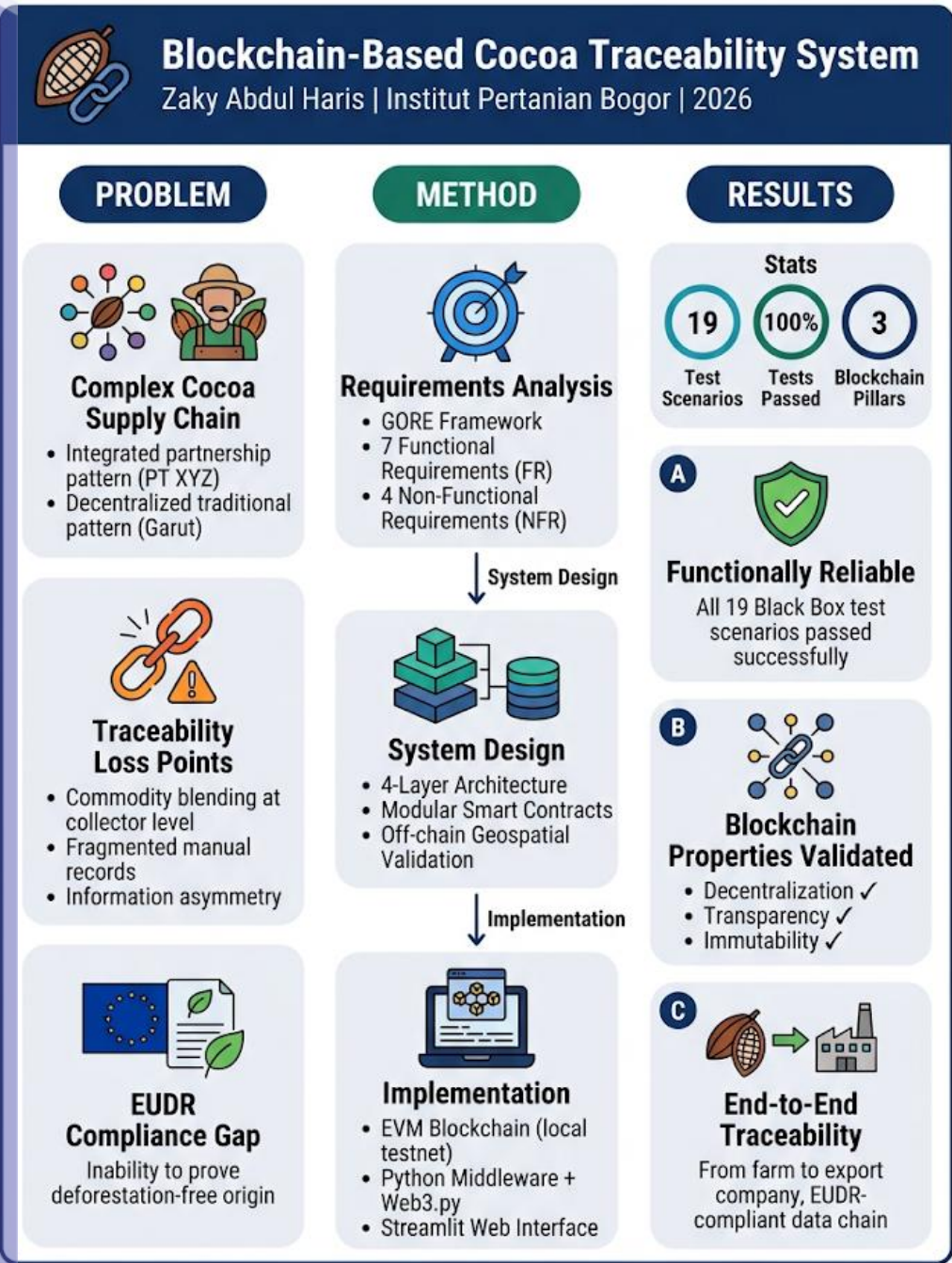
HIGHLIGHTS

ZAKY ABDUL HARIS. Design of a *Traceability* System in the Cocoa Agroindustry Using *Blockchain*. Supervised by YANDRA ARKEMAN and. IPHOV KUMALA SRIWANA.

1. This study addresses blockchain implementation, aiming to create a cocoa *traceability* system.
2. The research employs modeling to analyze the cocoa agroindustry supply chain.
3. Results indicate that that blockchain can be applied to a cocoa *traceability* system.
4. The findings contribute to the cocoa supply chain and offer new insights into its condition and integration with a blockchain-based *traceability* system.
5. This thesis indicates that a traceability system that is transparent, decentralized, and immutable requires the implementation of blockchain technology and holds potential for future adoption.

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

GRAPHICAL SUMMARY



DESIGN OF COCOA TRACEABILITY SYSTEM USING BLOCKCHAIN

RINGKASAN

ZAKY ABDUL HARIS. Desain Sistem Ketertelusuran Pada Agroindustri Kakao Dengan Menggunakan *Blockchain*. Dibimbing oleh YANDRA ARKEMAN dan IPHOV KUMALA SRIWANA.

Indonesia merupakan produsen kakao terbesar ketiga di dunia dengan nilai ekspor mencapai 80,6 juta dolar AS pada tahun 2024. Di tengah potensi tersebut, agroindustri kakao Indonesia menghadapi permasalahan struktural yang serius meliputi asimetri informasi, ketidaktransparanan harga, pemalsuan produk, serta ketidakmampuan menelusuri asal-usul komoditas secara akurat. Permasalahan ini semakin kritis dengan diberlakukannya regulasi *European Union Deforestation Regulation (EUDR)* yang mewajibkan seluruh produk kakao yang masuk ke pasar Uni Eropa dapat dibuktikan bebas dari deforestasi, sehingga menuntut adanya system ketertelusuran yang andal dari hulu ke hilir rantai pasok. Sistem pencatatan konvensional yang masih bersifat manual, terfragmentasi, dan rentan terhadap manipulasi tidak dapat memenuhi tuntutan tersebut secara efektif. Teknologi *blockchain* dengan karakteristik desentralisasi, transparansi, dan imutabilitasnya muncul sebagai solusi potensial yang mampu menjamin keaslian dan integritas data sepanjang rantai pasok kakao.

Penelitian ini bertujuan untuk: (1) menganalisis struktur dan gambaran rantai pasok agroindustri kakao; (2) menganalisis kebutuhan sistem ketertelusuran berbasis *blockchain*; (3) mendesain sistem ketertelusuran agroindustri kakao berbasis *blockchain*; dan (4) menganalisis kinerja sistem yang dirancang. Pengumpulan data di PT XYZ (Jakarta) sebagai perusahaan mitra global, dan kabupaten Garut, Jawa Barat, sebagai representasi pola rantai pasok rakyat.

Metode penelitian mencakup empat tahapan utama. Pertama, analisis situasional menggunakan kerangka kerja Van der Vorst untuk memetakan aliran barang, aliran informasi, aliran keuangan, dan manajemen rantai pasok kakao dari hulu ke hilir. Kedua, identifikasi kebutuhan sistem menggunakan pendekatan *Goal-Oriented Requirements Engineering (GORE)* yang menghasilkan *hard goal* dan *soft goal* sebagai landasan perumusan kebutuhan fungsional dan non-fungsional. Ketiga, desain sistem menggunakan pemodelan proses bisnis *BPMN 2.0* untuk menggambarkan kondisi *as-is* dan *to-be*, serta diagram *UML (use case, activity, sequence, dan class diagram)* sebagai cetak biru sistem. Implementasi dilakukan melalui pendekatan *Scrum Agile* dalam siklus pengembangan perangkat lunak. Keempat, pengujian kinerja sistem menggunakan metode *Black Box Testing*.

Analisis situasional mengidentifikasi dua pola utama rantai pasok kakao, yaitu pola kemitraan terintegrasi yang diterapkan PT XYZ di luar Pulau Jawa dan pola tradisional desentralisasi yang ditemukan di Kabupaten Garut. Dari pemetaan aliran barang teridentifikasi lima saluran distribusi utama yang melibatkan tujuh entitas aktor inti, mulai dari penangkar benih, petani, kelompok tani, pengepul bertingkat, hingga perusahaan pengolah dan eksportir. Pada pola tradisional, titik risiko kehilangan ketertelusuran tertinggi berada di Tingkat pengepul kecamatan dan kabupaten akibat praktik pencampuran komoditas tanpa pencatatan asal-usul yang memadai. Berbeda dengan PT XYZ yang telah memiliki sistem informasi digital *OFIS*, namun masih memerlukan pihak ketiga sebagai verifikator sehingga proses verifikasi belum sepenuhnya otonom.



Analisis kebutuhan menggunakan *GORE* menghasilkan satu *Hard Goal* utama yaitu pembangunan ekosistem ketertelusuran rantai pasok kakao berbasis *blockchain* yang terintegrasi dan *immutable*. *Hard goal* ini diturunkan menjadi empat *Soft Goal* meliputi keamanan data, keterbukaan informasi, kemudahan antarmuka pengguna, dan kecepatan respons sistem. Kebutuhan fungsional dirumuskan menjadi tujuh fitur inti: manajemen pengguna berbasis peran (F0), registrasi varietas benih (F1), registrasi aset lahan bergeospasial (F2), pencatatan *batch* panen petani (F3), agregasi *batch* pengepul (F4), agregasi *batch* perusahaan (F5), dan penelusuran riwayat ketertelusuran (F6).

Desain sistem ketertelusuran diwujudkan melalui arsitektur berlapis yang mengintegrasikan tiga komponen utama: antarmuka web berbasis *Streamlit*, *middleware Python* untuk validasi geospasial *off-chain* (verifikasi koordinat bebas deforestasi), dan jaringan *blockchain* berbasis *Ethereum Virtual Machine (EVM)*. Logika bisnis diimplementasikan dalam tiga *smart contract* modular: *RoleManager.sol* untuk kontrol akses berbasis peran (RBAC), *MasterData.sol* untuk registrasi lahan dan varietas benih berikut validasi kepatuhan *EUDR*, serta *Traceability.sol* yang dilengkapi mekanisme validasi perutean fleksibel dan penguncian agregasi guna mencegah klaim ganda. Sistem ini mengintegrasikan fitur verifikasi geolokasi koordinat *GPS* kebun petani sebagai bukti kepatuhan terhadap persyaratan *EUDR* mengenai asal-usul lahan bebas deforestasi.

Pengujian fungsionalitas sistem menggunakan *Black Box Testing* menghasilkan Tingkat keberhasilan 100% dari 19 skenario pengujian yang mencakup seluruh tujuh fitur utama. Setiap skenario diuji pada tiga kondisi: *input valid*, *input tidak valid* atau duplikat, dan akses oleh peran yang tidak berwenang. Pengujian karakteristik *blockchain* melalui analisis *Transaction Execution Log* dari lima skenario utama membuktikan secara empiris bahwa sistem telah mengimplementasikan tiga pilar fundamental *blockchain* secara efektif, yaitu desentralisasi (data tidak dikuasai satu entitas), transparansi (setiap transaksi dapat diaudit oleh siapa pun melalui *transaction hash*), dan imutabilitas (data yang telah terekam tidak dapat diubah atau dimanipulasi).

Penelitian ini memberikan kontribusi ilmiah berupa bukti konsep (*proof-of-concept*) bahwa teknologi *blockchain* dapat menggantikan peran verifikator pihak ketiga dalam sistem ketertelusuran agroindustri kakao, sekaligus berpotensi mengurangi asimetri informasi dan memperkuat posisi tawar petani.

Penelitian ini memberikan kontribusi berupa prototipe sistem ketertelusuran *end-to-end* yang secara teknis dapat menjawab tantangan regulasi *EUDR* dan mendukung transparansi asal-usul komoditas bagi seluruh aktor rantai pasok. Prototipe ini menjadi pondasi bagi pengembangan sistem yang lebih luas, dengan arah riset lanjutan yang mencakup pengujian pada jaringan *blockchain* publik atau konsorsium, pengukuran kesiapan adopsi aktor menggunakan kerangka penerimaan teknologi, serta validasi model rantai pasok pada cakupan wilayah yang lebih beragam.

Kata kunci: *blockchain*, *EUDR*, ketertelusuran, rantai pasok kakao, *smart contract*

SUMMARY

ZAKY ABDUL HARIS. Design of a *Traceability* System in the Cocoa Agroindustry Using *Blockchain*. Supervised by YANDRA ARKEMAN and. IPHOV KUMALA SRIWANA.

Indonesia ranks as the world's third-largest cocoa producer, with export values reaching USD 80.6 million in 2024. Despite this potential, the Indonesian cocoa agroindustry faces serious structural challenges including information asymmetry, price opacity, product adulteration, and the inability to accurately trace commodity origins. These problems became increasingly critical following the enforcement of the European Union Deforestation Regulation (EUDR), which requires all cocoa products entering the EU market to be verifiably deforestation-free, demanding a reliable *traceability* system throughout the supply chain. Conventional manual, fragmented, and manipulation-prone recording systems are incapable of effectively meeting this requirement. *Blockchain* technology, with its inherent characteristics of decentralization, transparency, and immutability, emerges as a promising solution to guarantee data authenticity and integrity across the cocoa supply chain.

This research aimed to: (1) analyze the structure of the cocoa agroindustry supply chain; (2) analyze the requirements for a *blockchain*-based *traceability* system; (3) design a *blockchain*-based *traceability* system for the cocoa agroindustry; and (4) evaluate the performance of the designed system. Primary data were collected from PT XYZ (Jakarta) as a global partner company and from Garut Regency, West Java, as a representative smallholder cocoa supply chain.

The research methodology comprised four main stages. First, a situational analysis was conducted using Van der Vorst's supply chain framework to map material flows, information flows, financial flows, and chain management from upstream to downstream. Second, system requirements were identified using the Goal-Oriented Requirements Engineering (GORE) approach, yielding hard goals and soft goals as the basis for formulating functional and non-functional requirements. Third, system design was performed using BPMN 2.0 process modeling for as-is and to-be representations, complemented by UML diagrams (*use case*, activity, sequence, and class diagrams) as system blueprints, implemented through a Scrum Agile software development lifecycle. Fourth, system performance was evaluated using *Black Box Testing*.

Situational analysis identified two primary supply chain patterns: the integrated partnership model operated by PT XYZ outside Java, and the traditional decentralized model found in Garut Regency. Mapping of material flows revealed five main distribution channels involving seven core actor entities from seed nurseries, farmers, farmer groups, and multi-tier collectors (levels 1-4), to processing companies and exporters. In the traditional model, the highest *traceability* loss risk points were located at the sub-district and district collector levels due to commodity blending practices without adequate origin recording. PT XYZ's existing OFIS digital information system, while more advanced, still required a third-party verifier, meaning verification was not fully autonomous.

Requirements analysis using GORE produced one primary Hard Goal: establishing an integrated, immutable *blockchain*-based *traceability* ecosystem for



Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

the cocoa supply chain. This was decomposed into four Soft Goals covering data security, information openness, user interface intuitiveness, and system response speed. Seven core functional requirements were formulated: role-based user management (F0), seed variety registration (F1), geolocated land asset registration (F2), farmer harvest batch recording (F3), collector batch aggregation (F4), company batch aggregation (F5), and *traceability* history retrieval (F6).

The *traceability* system design was realized through a layered architecture integrating three main components: a Streamlit-based web interface, a Python middleware layer for off-chain geospatial validation (GPS coordinate verification for deforestation-free compliance), and a local Ethereum Virtual Machine (EVM) *blockchain* network. The core business logic was implemented in three modular smart contracts: *RoleManager.sol* for Role-Based Access Control (RBAC), *MasterData.sol* for land and seed variety registration with EUDR compliance validation, and *Traceability.sol* equipped with flexible routing validation and aggregation locking mechanisms to prevent double-spending. This system integrates GPS coordinate geolocation verification of farmer plots as proof of compliance with EUDR requirements regarding deforestation-free land origins.

Functional testing using *Black Box Testing* yielded a 100% success rate across all 19 test scenarios covering all seven main features. Each scenario was tested under three conditions: valid input, invalid or duplicate input, and unauthorized access. *Blockchain* characteristic validation through *Transaction Execution Log* analysis of five key scenarios empirically demonstrated that the system effectively implements *blockchain's* three fundamental pillars: decentralization (data not controlled by any single entity), transparency (every transaction auditable by anyone via transaction hash), and immutability (recorded data cannot be altered or manipulated).

This research contributes a functional *end-to-end traceability* prototype that technically addresses EUDR regulatory requirements and supports commodity origin transparency for all supply chain actors. The prototype serves as a foundation for broader system development, with recommended future research directions including system testing on public or consortium *blockchain* networks, measurement of actor adoption readiness using technology acceptance frameworks, and validation of the supply chain model across a wider range of production regions.

Keywords: *blockchain, cocoa supply chain, EUDR, smart contract, traceability*



@Hak cipta milik IPB University

IPB University



IPB University
— Bogor Indonesia —

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Tim Penguji pada Ujian Tesis:
1 Dr. Muhammad Syukur Sarfat M.Si



Judul Tesis : Desain Sistem Ketertelusuran Pada Agroindustri Kakao Dengan Menggunakan *Blockchain*

Nama : Zaky Abdul Haris

NIM : F3501241029

@Hak cipta milik IPB University

Disetujui oleh

Pembimbing 1:

Prof. Dr. Ir. Yandra Arkeman, M.Eng

Pembimbing 2:

Dr. Iphov Kumala Sriwana., ST., M.Si

Diketahui oleh

Ketua Program Studi:

Prof. Dr.-Ing. Dr. Ir. Suprihatin, IPU
NIP 19631221 199003 1 002

Dekan Fakultas Teknik dan Teknologi:

Prof. Dr. Ir. Slamet Budijanto, M.Agr
NIP 19610502 198603 1 002

Tanggal Ujian: 18 Agustus 2026

Tanggal Lulus:

PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah subhanaahu wa ta'ala atas segala karunia-Nya sehingga karya ilmiah ini berhasil diselesaikan. Tema yang dipilih dalam penelitian yang dilaksanakan sejak bulan Juni 2025 sampai bulan Juni 2026 ini ialah dengan judul “Desain Sistem Ketertelusuran Pada Agroindustri Kakao Dengan Menggunakan *Blockchain*”

Terima kasih penulis ucapkan kepada para pembimbing, Prof. Dr. Ir. Yandra Arkeman, M.Eng. dan Dr. Iphov Kumala Sriwana., ST., M.Si. yang telah membimbing dan banyak memberi saran. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada moderator seminar, dan penguji luar komisi pembimbing. Di samping itu, penghargaan penulis sampaikan kepada IPB University dan Kementerian Pertanian melalui beasiswa SDM yang telah memfasilitasi penulis dalam menempuh pendidikan tinggi. Ungkapan terima kasih juga disampaikan kepada BRAIN IPB yang menjadi wadah diskusi penulis selama menjalankan seluruh rangkaian penelitian ini. Serta penulis juga berterima kasih kepada seluruh pihak yang telah membantu dalam pengumpulan data serta desain model dalam penelitian ini.

Penulis menyampaikan penghargaan kepada Maulida Fatmawati selaku istri tercinta. Ucapan penghargaan juga penulis berikan kepada orang tua serta seluruh keluarga yang telah memberikan dukungan, doa, dan kasih sayangnya secara material maupun mental kepada penulis sehingga penulis berhasil menyelesaikan karya ilmiah dengan baik dan tepat waktu. Penulis juga mempersembahkan karya ilmiah ini kepada anak tercinta, Amaza Alayya Mikoriza. Semoga kelak dapat karya ilmiah ini menjadi pengingat dikemudian hari. Semoga karya ilmiah ini bermanfaat bagi pihak yang membutuhkan. Selain itu semoga karya ilmiah ini dapat memberikan maslahat bagi kemajuan ilmu pengetahuan.

Bogor, Agustus 2026

Zaky Abdul Haris



DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xii
PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Tujuan	4
1.4 Manfaat	4
1.5 Ruang Lingkup	5
TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Agroindustri dan Rantai Pasok Kakao	6
2.2 <i>Requirement Engginering</i>	9
2.3 <i>Software Development Life Cycle</i>	10
2.4 <i>Business Process Model and Notation 2.0</i>	12
2.5 <i>Unified Modeling Language (UML)</i>	13
2.6 <i>Blockchain dan Smart Contract</i>	15
2.7 Posisi Penelitian	17
METODE	19
3.1 Kerangka Pemikiran	19
3.2 Tempat dan Waktu Penelitian	20
3.3 Jenis dan Sumber Data	20
3.4 Tahapan Penelitian	21
HASIL DAN PEMBAHASAN	28
4.1 Analisis Situasional	28
4.2 Kebutuhan Sistem	36
4.3 Desain Sistem Ketertelusuran	45
4.4 Pengujian Kinerja Sistem	67
4.5 Keterbatasan Purwarupa Sistem dan Implikasi Manajerial	71
SIMPULAN DAN SARAN	74
5.1 Simpulan	74
5.2 Saran	75
DAFTAR PUSTAKA	76
LAMPIRAN	83
RIWAYAT HIDUP	151

DAFTAR TABEL

1	Persyaratan umum mutu biji kakao (SNI 2323:2008)	7
2	Persyaratan khusus mutu biji kakao (SNI 2323:2008)	7
3	Perbedaan kebutuhan fungsional dan non-fungsional	10
4	Jenis diagram UML	13
5	Simbol-simbol UML	14
6	Penelitian terdahulu terkait ketertelusuran kakao	18
7	Jenis dan sumber data	21
8	Matriks perizinan berdasarkan peran aktor	24
9	Perangkat dan lingkungan pengembangan sistem	26
10	Jalur distribusi rantai pasok kakao	30
11	Matriks sumber data analisis kebutuhan sistem	36
12	Hasil identifikasi <i>hard goal</i> dan <i>soft goal</i>	38
13	Kebutuhan fungsional	39
14	Kebutuhan non-fungsional	41
15	Struktur data dan fungsi kontrak <i>RoleManager.sol</i>	55
16	Struktur data dan fungsi kontrak <i>Masterdata.sol</i>	56
17	Struktur data dan fungsi kontrak <i>Traceability.sol</i>	57
18	Skema penamaan batch pada sistem	64
19	Ringkasan hasil pengujian fungsional sistem ketertelusuran kakao	68
20	Informasi <i>transaction execution log</i>	70

DAFTAR GAMBAR

1	Pohon industri kakao	6
2	Aktor rantai pasok kakao	8
3	<i>Scrum agile</i> model	12
4	Sistem Distributed Ledger	15
5	Konsep <i>hash</i> di jaringan <i>Blockchain</i>	16
6	Kerangka pemikiran penelitian	19
7	Kerangka kerja metode Van der Vorst	21
8	Model konseptual tiga dimensi ketertelusuran kakao	23
9	Perencanaan arsitektur sistem	24
10	Model implementasi <i>smart contract</i> berbasis <i>blockchain</i>	25
11	Arsitektur jaringan <i>blockchain</i> pada sistem ketertelusuran kakao	26
12	Struktur rantai pasok kakao	29
13	<i>Cycle View</i> proses bisnis rantai pasok kakao	33
14	Diagram hubungan kausalitas HG, SG, FR, dan NFR pada sistem ketertelusuran kakao	43
15	<i>BPMN as-is</i> ketertelusuran kakao	46
16	<i>BPMN to-be</i> ketertelusuran kakao	48
17	<i>Use Case</i> diagram sistem ketertelusuran kakao	50
18	<i>Class diagram</i> sistem ketertelusuran kakao	54
19	Arsitektur sistem ketertelusuran kakao	60

20	Potongan kode fungsi assignrole	62
21	Potongan kode fungsi cek_status_lahan_lokal	63
22	Potongan kode fungsi registerland	63
23	Potongan kode fungsi get_trace_data_agregasi	65
24	Laporan dokumen ketertelusuran	66
25	Tampilan <i>transaction execution log</i> pada <i>REMIX IDE</i>	70

DAFTAR LAMPIRAN

1	Daftar pertanyaan wawancara	84
2	<i>Activity diagram</i> sistem ketertelusuran kakao	89
3	<i>Sequence diagram</i> sistem ketertelusuran kakao	94
4	<i>Pseudocode</i> algoritma kontrak <i>RoleManager.sol</i>	101
5	<i>Pseudocode</i> algoritma kontrak <i>MasterData.sol</i>	103
6	<i>Pseudocode</i> algoritma kontrak <i>Traceability.sol</i>	104
7	<i>Smart contract RoleManager.sol</i>	107
8	<i>Smart contract MasterData.sol</i>	112
9	<i>Smart contract Traceability.sol</i>	117
10	Tampilan antarmuka sistem	127
11	Hasil pengujian fungsional sistem ketertelusuran kakao	131
12	Daftar <i>transaction execution log</i>	144