

SUPPLY CHAIN MANAGEMENT DINAMIS BERBASIS TEKNOLOGI BLOCKCHAIN SMART CONTRACT DAN AMBIENT INTELLIGENCE

UNTUK MENGATASI PERMASALAHAN BULLWHIP DAN TRANSPARASI INFORMASI

Smart
Contract

BLOCKCHAIN

SUPPLY
CHAIN
MANAGEMENT

database

Penulis:

Dr. Astrid Novita Putri, S.Kom., M.Kom
Mochamad Hariadi, S.T., M.SC., Ph.D
Reza Fuad Rachmadi, S.T., M.T., Ph.D
Dr. Ir. Yunifa Miftachul Arif, M.T.
Sony Aditya, S.Kom.

***SUPPLY CHAIN MANAGEMENT DINAMIS BERBASIS TEKNOLOGI
BLOCKCHAIN SMART CONTRACT DAN AMBIENT INTELLIGENCE UNTUK
MENGATASI PERMASALAHAN BULLWHIP
DAN TRANSPARASI INFORMASI***

Penulis:

Dr. Astrid Novita Putri, S.Kom., M.Kom.
Mochamad Hariadi, S.T., M.SC., Ph.D
Reza Fuad Rachmadi, S.T., M.T., Ph.D
Dr. Ir. Yunifa Miftachul Arif, M. T.
Sony Aditya, S.Kom.

ISBN: 978-623-125-507-5

Editor: Atyka , S.Pd.

Penyunting: Tri Putri, S.Pd.

Desain Sampul dan Tata Letak: Aulia, S.Tr.Kes.

Penerbit: GETPRESS INDONESIA

Anggota IKAPI No. 033/SBA/2022

Redaksi:

Jl. Palarik RT 01 RW 06, Kelurahan Air Pacah
Kecamatan Koto Tengah, Padang, Sumatera Barat

website: www.getpress.co.id
email: adm.getpress@gmail.com

Cetakan pertama, Desember 2024

Hak cipta dilindungi undang-undang
dilarang memperbanyak karya tulis ini dalam bentuk
dan dengan cara apapun tanpa izin tertulis dari penerbit.

KATA PENGANTAR

Puji syukur kami panjatkan kehadiran Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan bimbingan-Nya sehingga akhirnya kami dapat menyelesaikan penulisan buku monograf ini. Kami menyadari sepenuhnya bahwa selama penyusunan buku monograf ini banyak pihak yang telah memberikan bantuan, sehingga pada kesempatan ini kami ingin menyampaikan terima kasih yang tulus kepada:

1. Bapak Moch. Hariadi, ST., MSc., Ph.D dan Bapak Reza Fuad Rachmadi, S.T., M.T., Ph.D, Bapak Dr. Yunifa Miftachul Arif, M. T. yang telah memberikan bimbingan, saran, semangat, bantuan dan dengan penuh kesabaran terus mendorong agar penulis dapat menyelesaikan penulisan buku monograf ini.
2. Papa saya (Alm) Bambang Prayogo, S.H., Mama Diny Fatmawati, dan juga Bapak mertua dan Ibu mertua yang selalu mendukung dan berdoa dalam penyelesaian buku monograf ini.
3. Suami tercinta Sony Aditya dan putra tersayang Savalas Rafa Narendra yang setia mendampingi, mendukung, dan menyemangati dengan penuh kesabaran, dalam segala keadaan sampai akhirnya menyelesaikan buku monograf ini.

Kesempurnaan hanya milik Allah SWT, untuk itu penulis memohon segenap masukan dan saran demi kesempurnaan buku monograf ini. Diharapkan dapat memberikan manfaat bagi kita semua.

Semarang, 1 Oktober 2024

PRAKATA

Puji dan syukur kita panjatkan kehadiran Allah SWT bahwa atas rahmat dan karunia-Nya Penulis telah dapat menyelesaikan buku monograf dengan judul “*Suppy Chain Management Dinamis Berbasis Teknologi Blockchain Smart Contract dan Ambient Intelligence* untuk Mengatasi Permasalahan *Bullwhip* dan Transparasi Informasi”. Buku ini disusun berdasarkan hasil penelitian Disertasi pada tahun 2024 Departemen Teknik Elektro Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya. Buku ini bertujuan untuk memberikan ilmu pengetahuan baru mengenai manfaat *blockchain smart contract, ambient intelligence dan supply chain management* mengenai rantai *supply chain management* dan permasalahan *bullwhip* di Indonesia yang sangat panjang, berbelit. Sehingga di perlukan penggunaan teknologi *blockchain* dan *supply chain management* baru untuk memberikan manfaat keuntungan pada petani dan konsumen.

Semoga buku ini memberi manfaat serta menambah referensi bagi pembacanya. Saran dan kritik penulis harapkan guna memperbaiki buku di masa mendatang.

Semarang, 1 Oktober 2024

Penulis

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR.....	i
PRAKATA	ii
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR TABEL	v
DAFTAR GAMBAR.....	vii
BAB I PENDAHULUAN.....	11
BAB II TEKNOLOGI BLOCKCHAIN DAN SMART CONTRACT DALAM SUPPLY CHAIN MANAGEMENT	18
BAB III TEORI PENUNJANG	26
3.1 Serious game.....	26
3.2 Teknologi Blockchain	28
3.3 Supply chain management	31
3.4 Ambient Intelligence (Aml).....	32
BAB IV TEKNOLOGI BLOCKCHAIN SMART CONTRACT UNTUK MENGOPTIMALKAN RANTAI PASOK MENGGUNAKAN AMBIENT INTELLIGENCE	34
4.1 Supply chain management Menggunakan Teknologi Blockchain Hyperledger Fabric Blockchain Smart contract....	35
4.2 Sistem Arsitektur Smart contract Menggunakan Teknologi Hyperledger Fabric Blockchain.....	40
4.3 Metodologi Ambient Intelligence.....	41
4.4 Desain Database Relational Berbasis Teknologi Ambient Intelligence	42
4.5 Evaluasi Bullwhip Effect untuk Efektifitas Distribusi dalam Supply chain management Tradisional.....	46
4.6 Evaluasi Bullwhip Effect untuk Efektifitas Distribusi dengan Teknologi blockchain smart contract.....	51
4.7 Implementasi Smart contract pada Teknologi Hyperledger Fabric Blockchain.....	53
4.8 Certificate Authority (CA) pada Teknologi Hyperledger Fabric Blockchain.....	55
4.9 Ukuran Batch (Max. Jumlah TX per Block).....	57
4.10 Endorsers.....	58
4.11 Kesimpulan Teknologi Ambient Intelligence, Supply chain management, Teknologi Hyperledger Fabric Blockchain,	

Sensor RFID (Radio Frequency Identification), dan GPS (Global Positioning System)	58
BAB V TEKNOLOGI BLOCKCHAIN SMART CONTRACT UNTUK SUPPLY CHAIN MANAGEMENT DINAMIS BERBASIS SERIOUS GAME	61
5.1 Serious game untuk simulasi dan optimasi supply chain management dinamis.....	61
5.2 Certificate Authority (CA) untuk Supply chain management Menggunakan Teknologi Blockchain.....	74
5.3 Skenario Transaksi Smart contract Berbasis Blockchain	76
5.4 Arsitektur Transaksi Smart contract Supply chain management berbasis Serious game.....	85
5.5 Finite State Machine (FSM) untuk Skenario Smart contract berbasis Blockchain dengan Supply chain management.....	94
5.6 Metode Smart Bidding untuk Penawaran Harga Petani pada Serious game	99
5.7 Implementasi Serious game pada Smart contract	103
5.8 Uji Operasi Smart contract.....	105
5.9 Evaluasi Eksperimental Transaksi Blockchain Smart contract Game	106
5.10 Pengujian Skenario Smart contract Berbasis Blockchain dalam Serious game.....	109
5.11 Evaluasi User Center Pengguna dalam Serious game Supply chain management dengan Smart contract Blockchain	112
5.12 Evaluation untuk Serious game Supply chain management Menggunakan Blockchain.....	115
5.13 User Centered untuk Serious game Supply chain management dengan Blockchain Menggunakan Smart contract.....	116
5.14 Heuristic Evaluation pada User Experience	119
5.15 The User Interface Centered Testing.....	130
5.16 Kesimpulan Serious game Supply chain management Berbasis Blockchain Smart contract dan Evaluasi Metode Heuristic Evaluation	131
BAB VII PENUTUP	134
DAFTAR PUSTAKA.....	137
BIODATA PENULIS	

DAFTAR TABEL

Tabel 4. 1. Analisis <i>bullwhip effect</i> dengan <i>supply chain management</i> tradisional	49
Tabel 4. 2. Analisis <i>bullwhip effect</i> dengan teknologi <i>hyperledger fabric blockchain smart contract</i>	52
Tabel 5. 1. Contoh informasi transaksi penjualan dari fs & fsh	78
Tabel 5. 2. <i>Smart contract</i> dari fs & fsh ke fk	79
Tabel 5. 3. Transaksi penjualan <i>smart contract</i> dari fk pada <i>contract</i> batch nomor transaksi penjualan txnhash pada tabel 5.2.	79
Tabel 5. 4. Transaksi MongoDB compass untuk penjualan dari FK dalam hash transaksi nomor batch kontrak pada tabel 4.3.	81
Tabel 5. 5. Daftar ks & ksh dari kontrak ke kd.....	81
Tabel 5. 6. CS dari unity 3d ke kontrak Koperasi Unit Desa ke konsumen	82
Tabel 5. 7. Rincian transaksi transaksi penjualan cs kd.....	83
Tabel 5. 8. Rincian transaksi <i>Serious game</i> <i>farmerauctionfa()</i> berbasis smart bidding.....	83
Tabel 5. 9. Detail transaksi transaksi <i>Serious game</i> berbasis smart bidding pada <i>farmerkudbiddingfbt()</i>	84
Tabel 5. 10. Diagram komponen pada game <i>blockchain smart contract</i> dengan stereotypes.....	90
Tabel 5. 11. Diagram penyediaan uml pada game <i>blockchain smart contract</i> dengan stereotypes.....	91
Tabel 5. 12. Class Diagram UML dengan stereotypes	92
Tabel 5. 13. Class diagram UML pada game <i>blockchain smart contract</i> dengan stereotypes.....	93
Tabel 5. 14. Spesifikasi system	106
Tabel 5. 15. <i>Transaction fee</i>	106
Tabel 5. 16. spesifikasi sistem pada <i>Serious game</i> <i>blockchain</i> yang digunakan	116
Tabel 5. 17. Algoritma <i>smart contract blockchain</i> pada UserRegistration(UR)	117

Tabel 5. 18. Algoritma Farmer Shop (FSH) pada *smart contract blockchain*..... 118

Tabel 5. 19. Algoritma Farmer KUD Transaction (FK) *smart contract blockchain*..... 119

Tabel 5. 20. Penjelasan task pada user experience..... 120

Tabel 5. 21. Pengujian Tingkat kesuksesan aplikasi 122

Tabel 5. 22. Masalah *usability testing* 123

Tabel 5. 23. Usability hasil pertanyaan kepada stakeholder 127

Tabel 5. 24. Pengolahan skor *usability* menggunakan metode SUS..... 129

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1. Rantai distribusi perdagangan	12
Gambar 1. 2. Pola distribusi perdagangan studi kasus : cabai merah di Indonesia	13
Gambar 4. 1. (A) Gambaran Pola distribusi Perdagangan di Indonesia (B) <i>Supply chain management</i> menggunakan teknologi <i>ambient intelligence</i> , <i>hyperledger fabric blockchain</i> dan sensor RFID	37
Gambar 4. 2. Deskripsi proses teknologi <i>hyperledger fabric blockchain</i>	37
Gambar 4. 3. Model yang diusulkan teknologi <i>ambient intelligence, supply chain management</i> dan teknologi <i>blockchain</i>	40
Gambar 4. 4. Kerangka metodologi <i>Ambient Intelligence</i>	42
Gambar 4. 5. Alur kerangka transaksi Teknologi <i>hyperledger fabric blockchain</i>	44
Gambar 4. 6. <i>Supply chain management</i> berbasis teknologi <i>hyperledger blockchain smart contract</i> pada pertanian.....	45
Gambar 4. 7. <i>Smart contract</i> berbasis <i>supply chain management</i> pada <i>supply chain network</i>	46
Gambar 4. 8. Analisis <i>bullwhip effect</i> berdasarkan <i>supply chain management</i> tradisional	49
Gambar 4. 9. Efektivitas evaluasi efek <i>bullwhip</i> menggunakan teknologi <i>hyperledger fabric blockchain</i>	53
Gambar 4. 10. Informasi (1) <i>block hyperledger explorer</i> (2) detail <i>block</i> (3) struktur <i>hash</i> yang diusulkan	55
Gambar 4. 11. Algoritma CA pada Hyperledger Fabric <i>Blockchain</i>	56
Gambar 4. 12. Rata-rata batas waktu batch, jumlah transaksi, dan <i>endorser</i>	57
Gambar 5. 1. Bagian Teknologi <i>blockchain smart contract</i> dari <i>supply chain management</i> berdasarkan pada <i>Serious game</i>	66
Gambar 5. 2. Gambaran umum sistem <i>supply chain management</i> .	72

Gambar 5. 3. Sistem yang diusulkan.....	72
Gambar 5. 4. Platform pengembangan <i>smart contract supply chain management</i> pada <i>Serious game</i>	75
Gambar 5. 5. Ilustrasi transaksi <i>smart contract Serious game</i> pada <i>supply chain management</i>	75
Gambar 5. 6. Verifikasi transaksi <i>blockchain</i> dan game.....	75
Gambar 5. 7. Use Case transaksi <i>smart contract</i> berbasis <i>blockchain</i> pada game <i>supply chain management</i> (a) Menu <i>smart contract</i> farming (b) Menu Koperasi Unit Desa <i>smart contract</i> (c) Menu distribusi <i>smart contract</i> (d) Menu konsumen <i>smart contract</i>	87
Gambar 5. 8. Diagram komponen <i>smart contract blockchain</i> UML dengan petani, Koperasi Unit Desa, distributor, dan konsumen.....	88
Gambar 5. 9. Diagram deployment UML untuk <i>supply chain management</i> berbasis game.....	88
Gambar 5. 10. Class-Diagram UML pada game <i>blockchain smart contract</i>	89
Gambar 5. 11. Diagram kelas UML untuk desain game <i>blockchain smart contract</i>	96
Gambar 5. 12. Master FSM <i>smart contract</i> berbasis skenario pada <i>Serious game</i> menggunakan <i>blockchain</i>	97
Gambar 5. 13. Slave FSM menunjukkan desain FSM melalui cara petani mencari lahan pertanian, memilih tanaman apa yang akan ditanam, mengolah lahan, menunggu panen, dan memanen tanaman. Ada dua pilihan pengelolaan, yaitu: disimpan di Gudang petani atau dijual ke Koperasi Unit Desa dengan menginput harga, Smart bidding antara petani dan Koperasi Unit Desa, distributor memilih <i>smart contract</i> , lalu FK disimpan di <i>Blockchain</i>	97
Gambar 5. 14. Slave FSM skenario modus Koperasi Unit Desa akan melakukan pengecekan pembelian hasil panen petani yang akan dijual ke konsumen.	

	Pengecekan kualitas stok dari petani apakah stok akan disimpan di gudang atau dijual ke konsumen, penentuan harga jual, smart penawaran yang disepakati antara petani dan Koperasi Unit Desa. Hasil penawaran yang didapat dari Koperasi Unit Desa yang menandatangani <i>smart contract</i> , data transaksi dan biaya bahan bakar akan disimpan ke KD.....	98
Gambar 5. 15.	Slave FSM perancangan mode distribusi FSM melakukan proses pengiriman barang, akan muncul daftar barang yang dibutuhkan dari hasil transaksi KD, kemudian barang dikirim ke konsumen atau disimpan di gudang, semua aktivitas terhubung dengan <i>smart contract</i> . Sedangkan pada Gambar 5.13d, mode skenario konsumen memiliki dua pilihan. Pertama, konsumen membeli hasil panen dari Koperasi Unit Desa dengan menandatangani <i>smart contract</i> , kemudian menyimpan stoknya. Kedua, konsumen melihat log activity seperti penanaman, pemupukan, kualitas tanaman, nama petani, tanggal kadaluarsa tanaman, lokasi panen, jumlah stok, dan harga yang dihemat pada transaksi CS.....	98
Gambar 5. 16.	Slave FSM Pelaku skenario (a) Mode petani, (b) Mode Koperasi Unit Desa (c) Mode distributor atau (d) Mode konsumen pada <i>Serious game</i> berbasis skenario menggunakan <i>blockchain</i>	99
Gambar 5. 17.	Smart bidding (a) Menanam hingga transaksi penjualan (b) Penentuan HPP (c) Farmer auction (d) Farmer auction confirmation	103
Gambar 5. 18.	Jaringan <i>blockchain</i> yang terhubung ke node <i>smart contract</i> (a) pengaturan moralis cloud server terhubung ke redis enterprise (b) redis enterprise terhubung ke terminal migration <i>blockchain</i> dari node parse <i>smart contract</i> (c) gambar di atas menunjukkan operasi windows	

server os yang terhubung ke jaringan moralis cloud server, redis enterprise untuk database yang terhubung ke terminal migration <i>blockchain</i> dari parse <i>smart contract</i> node untuk menyinkronkan <i>smart contract</i> dan data sebelum menjalankan aplikasi game di unity 3D.	105
Gambar 5. 19. Verifikasi <i>smart contract</i> dengan moralis dan metamask (a) terhubung ke wallet metamask dan <i>game</i> (b) <i>smart contract</i> transaksi <i>game blockchain</i>	107
Gambar 5. 20. Detail transaksi jual beli pada Polygon, Unity (a) Transaksi KUD Petani (FK) (b) Transaksi KUDConsumerTransaction (KD) & ConsumerStock (CS).....	110
Gambar 5. 21. <i>Success rate</i> pada <i>Serious game supply chain management</i>	122
Gambar 5. 22. Chart usability pada stakeholder.....	127
Gambar 5. 23. Skala Interpretasi hasil skor metode SUS	129
Gambar 5. 24. Penggunaan gas fee pada <i>serious game supply chain management</i>	131

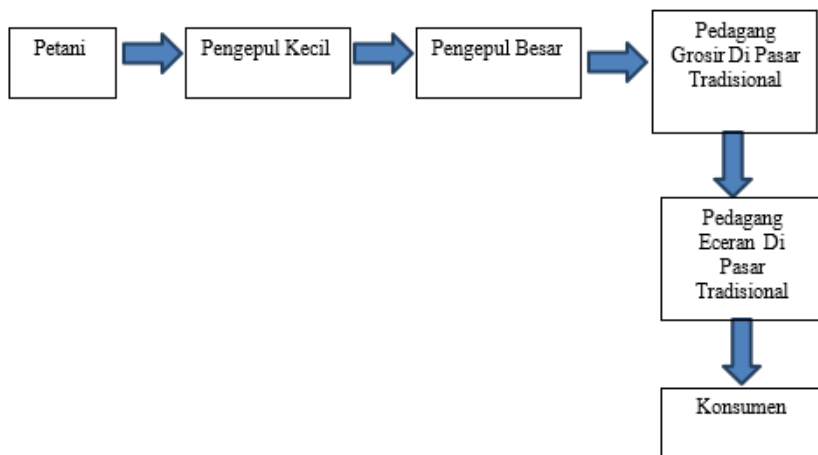
BAB I

PENDAHULUAN

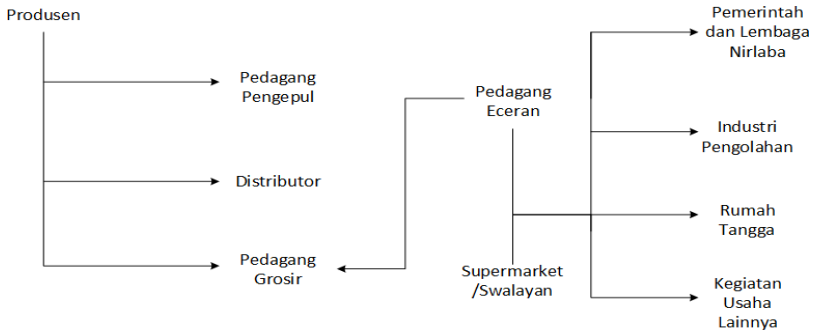
Pertanian adalah salah satu mata pencaharian masyarakat Indonesia. Pertanian merupakan suatu kegiatan yang memanfaatkan sumber daya hayati untuk diproses oleh manusia sehingga menghasilkan suatu bahan pangan, bahan industri atau sumber energi untuk mengelola lingkungan hidup. Data yang dilaporkan BPS Indonesia mengenai bahan pangan seperti data cabai yaitu perkembangan produksi, luas panen, produktivitas di Indonesia selalu meningkat yaitu pada tahun 2017 sebesar 1.206,27 ribu ton, tahun 2018 sebesar 1.206,74 ribu ton, tahun 2019 sebesar 1.214,42 ribu ton, tahun 2020 sebesar 1.264,19 ribu ton, dan tahun 2021 sebesar 1.360,57 ribu ton (BPS, 2022). Namun hal tersebut tidak sesuai dengan harga jual yang didapatkan oleh petani. Dari beberapa sumber salah satunya adalah dari media Kompas pada bulan Januari 2019 harga cabai merah meningkat sebesar Rp 20.000 per kilogram dijual oleh pedagang dan Rp 15.000 oleh pengepul, sedangkan harga jual dari petani hanya Rp 7.000 - Rp 9.000. Hal itu menyebabkan banyak petani merugi karena harga pasaran cabai mencapai Rp 15.000 – Rp 20.000. Berdasarkan survei angkatan kerja nasional pada tahun 2017 juga mengalami tahap penurunan, sedangkan indeks harga jual petani adalah harga seluruh proses produksi pertanian dan konsumsi atau kebutuhan petani. NTP (Nilai Tukar Petani) mencerminkan tingkat kesejahteraan petani (Oktaviani et al., 2021).

Faktor penyebab penurunan NTP adalah hasil panen yang tidak maksimal atau gagal panen. Faktor yang mempengaruhi diantaranya lingkungan pertanian yang kompleks dapat mempengaruhi pertumbuhan tanaman, cuaca yang sulit untuk diprediksi, kesuburan tanah, air dan suhu yang

sulit untuk dipahami oleh petani. Selain itu, permainan harga oleh tengkulak (pengepul) juga menyebabkan menurunkan harga NTP petani (Istiana, 2018). Banyaknya rantai utama pada distribusi perdagangan dari produsen (petani) sampai konsumen berdampak pada naiknya MPP (Margin Perdagangan dan Pengangkutan) dan berujung pada naiknya harga. Hal ini terlihat pada Gambar 1.1 yang menunjukkan rantai distribusi perdagangan di Indonesia saat ini. Rantai perdagangan yang terlibat yaitu petani, pengepul kecil, pengepul besar, pedagang grosir dan pedagang ecer di pasar tradisional, dan konsumen. Banyaknya aktor yang terlibat mengakibatkan rantai perdagangan menjadi panjang menuju konsumen sehingga menyebabkan harga meningkat. Gambar 1.2 menunjukkan pola alur distribusi perdagangan.



Gambar 1. 1. Rantai distribusi perdagangan
di Kabupaten Semarang
Sumber : BPS 2019



Gambar 1. 2. Pola distribusi perdagangan studi kasus : cabai merah di Indonesia

Sumber : BPS 2021

Dynamic supply chain (DSC) dalam hal ini adalah petani dapat secara langsung menjual produknya ke manufaktur, distributor atau ke konsumen tanpa perantara begitu pula semua rantai yang ada didalam DSC (Prateek Kumar Tripathi, Chandra Kant Singh, Rakesh Singh, 2022). Petani diuntungkan dapat menjual produk dengan harga stabil di pasaran karena tanpa perantara. Konsumen juga diuntungkan karena harga beli lebih rendah melalui petani langsung. Hal ini dapat diselesaikan menggunakan Teknologi *ambient intelligence* dan *blockchain*.

Teknologi *ambient intelligence* (Aml) adalah konsep yang mengacu pada lingkungan cerdas di mana teknologi dan perangkat terintegrasi dengan mulus ke dalam kehidupan sehari-hari, menciptakan sistem yang responsif terhadap kebutuhan pengguna. Dalam konteks DSC, teknologi Aml dapat memberikan solusi yang inovatif dan efektif untuk mengatasi berbagai permasalahan petani dapat menjual produknya langsung ke konsumen. Peran *ambient intelligence* dalam DSC sebagai pengawasan dan monitoring *automatic* setiap melacak dan pergerakan barang pada semua rantai pasok, adaptasi dan responsif terhadap perubahan dalam pengambilan keputusan terhadap system secara otomatis beradaptasi pada perubahan

permintaan pasokan logistik, optimasi sumber daya dapat menganalisa dapat *real-time* membantu dalam memprediksi yang akurat untuk mengurangi *overstock* atau *out of situations*, Teknologi Aml memungkinkan semua entitas dalam rantai pasok terhubung secara lebih baik dalam koordinasi, komunikasi yang cepat dan lebih baik antar pihak sehingga dapat beroperasi secara efisien, Analisis dan prediksi berbasis data sensor RFID (*Radio Frequency Identification*) yaitu sistem identifikasi tanpa kabel yang memungkinkan pengambilan data tanpa harus bersentuhan seperti barcode dan magnetic card dan GPS (*Global Positioning System*) sebagai media pelacak informasi lokasi pertanian untuk mengatasi masalah *bullwhip* dalam fluktuasi manajemen rantai pasokan serta ketidaktransparan informasi yang didapatkan. Teknologi Aml digunakan untuk merespon lingkungan secara *automatic execution smart contract* untuk menyelesaikan masalah *bullwhip*. Teknologi *blockchain* adalah teknologi yang digunakan sebagai sistem penyimpanan atau bank data secara digital yang terhubung dengan kriptografi dan sensor RFID dapat membantu mengatasi masalah dengan meningkatkan transparansi dan keandalan dalam manajemen rantai pasokan.

Smart Agriculture diusulkan dapat memberi solusi untuk permasalahan yang terjadi dalam pertanian (Putri et al., 2020). Proses transaksi pada umumnya baik transaksi keuangan maupun stok, saat ini masih harus melalui bank atau proses pembayaran tunai, sehingga informasi, transaksi dan distribusi antara produsen, pemasok, konsumen, menjadi lebih lambat. Dengan adanya teknologi terkini teknologi *blockchain* dapat menciptakan mata uang bitcoin untuk menyimpan transaksi dalam catatan terdesentralisasi (*ledger*) yang dapat diketahui oleh aktor. Pihak yang terlibat dengan aman dan transparan menggunakan teknologi *blockchain* karena melalui proses

enkripsi dan verifikasi dari semua pihak terkait. Teknologi ini akan mereduksi waktu, biaya, tenaga kerja, keterkaitan pihak ketiga dalam setiap transaksi, pembuangan dan emisi pada setiap aktivitas pemasokan. *Smart contract* dalam rantai pasok mungkin menguntungkan produsen dan konsumen jika transaksinya sesuai dengan undang-undang. Transaksinya juga menggunakan media elektronik seperti komputer, jaringan, dan lainnya yang ada di dalam teknologi *blockchain*. Sehingga pengguna juga dapat memeriksa kebenaran atau status apapun dari produk masuk dan memantau asal usul produk dalam mengamankan data pertanian (Saber, Kouhizadeh, Sarkis, Shen, et al., 2018), (Korpela et al., 2017).

Beberapa penelitian yang membahas mengenai strategi pengoptimalan rantai pasok pertanian dari subsidi pemerintah untuk meningkatkan hasil produksi (Peng et al., 2019.). Penelitian yang dilakukan oleh Krejci yaitu dampak koordinasi pertanian untuk meningkatkan keuntungan petani dengan koordinasi model berbasis agen (Societies & Simulation, 2015). Penelitian yang dilakukan oleh Hatiskar mengenai integrasi teknologi *blockchain* dan *supply chain management* untuk mengelola teknologi buku besar terdistribusi dan teknologi *blockchain* sebagai media penyimpanan. Buku ini teknologi *blockchain* dapat diakses oleh semua pihak terkait karena data saling terintegrasi satu sama lain (Hatiskar & G., 2018). Penelitian mengenai teknologi *blockchain* untuk rantai pasok menggunakan "*Distributed ledger*" sebagai alat transparansi penelusuran transaksi data (Abeyratne et al., 2016). Penelitian selanjutnya yang dilakukan oleh Kim yaitu teknologi *blockchain* untuk *Serious game* dengan pengembangan kerangka persamaan eksplisit dari jaringan nyata dan menyiapkan parameter awal berdasarkan data terukur nyata (Kim, 2019).

Penulis membuat solusi dengan memanfaatkan *Serious game* berbasis simulasi menggunakan teknologi *blockchain smart contract* dikembangkan sebagai pendukung pengambilan keputusan untuk memotong rantai distribusi dengan menggambarkan simulasi pemodelan, masukan, keluaran, konten dan tujuan *Serious game* sebagai media pembelajaran. Beberapa tahun terakhir ini perkembangan teknologi *game* sangat pesat, salah satunya adalah *game* berbasis simulasi seperti *Serious game* dikembangkan sebagai pendukung keputusan manajemen operasional. Dengan gambaran simulasi pemodelan, masukan, keluaran, konten dan tujuan *game* ini menjadi kegiatan untuk mengeksplorasi lingkungan belajar (Van Der Zee et al., 2012). Berbagai macam jenis *game* berbasis pendukung keputusan yang muncul, diantaranya adalah *game farm day village farming, wild west new frontliner*, dll. *Game* ini divisualisasikan pengguna memiliki dan mengembangkan lahan pertanian sendiri. Pengguna dapat mengatur dan mengelola seperti cara menjual barang (Stefano, 2020), (GuoHua et al., 2021), membangun tanah, mengumpulkan sumber daya pertanian seperti jagung, gandum, kapas, jerami, dsb. Selanjutnya tanaman tersebut dijual melalui kereta pengiriman, pengguna dapat menjual produk tersebut di *social market*. Fitur *reward, ledger. smart bidding* sebagai pengoptimalan penawaran harga petani pada *Serious game* berdasarkan jumlah produk, *lead time*, biaya bahan baku, harga pokok penjualan dan nilai tukar pertanian serta biaya pembelian dan pemesanan dalam periode tertentu dengan cara analisis data, penetapan harga optimal, optimalisasi keuntungan dan harga pertanian, penyesuaian permintaan dan penawaran, efisiensi transaksi, efek keputusan pemain, evaluasi kinerja teknologi *blockchain* (Kim, 2019), (Vaidya et al., 2013). Teknologi *blockchain* memiliki sifat transparansi dalam penelusuran transaksi data disimulasikan untuk petani yang mengelola pertanian besar.

Buku ini merupakan buku monograf yang berisi mengenai permasalahan pada *supply chain management* khususnya di Indonesia yang sangat panjang dan berbelit. Sehingga di perlukan penggunaan *blockchain* dan rantai pasok baru berupa *dynamic supply chain management* berbasis teknologi *blockchain smart contract* yang di simulasikan pada *Serious game* sebagai rantai pasok dinamis untuk memberikan manfaat pada petani dan konsumen. Buku ini membahas mengenai implementasi teknologi *ambient intelligence*, *supply chain management*, *hyperledger fabric blockchain*, sensor RFID (*Radio Frequency Identification*) dan GPS (*Global Positioning System*] untuk mengatasi masalah *bullwhip* dalam fluktuasi manajemen rantai pasok dan tidak transparannya informasi yang didapat sebelumnya. Teknologi *ambient intelligence* digunakan untuk merespon lingkungan secara otomatis dalam menyelesaikan masalah *bullwhip*. Teknologi *blockchain* adalah teknologi yang digunakan sebagai sistem penyimpanan atau bank data secara digital yang terhubung dengan kriptografi dan sensor RFID (*Radio-Frequency Identification*) dapat membantu mengatasi masalah ini dengan meningkatkan transparansi dan keandalan dalam manajemen rantai pasok. Model teknologi *ambient intelligence*, sensor RFID, dan teknologi *blockchain* merupakan ontologi lingkungan, sedangkan *smart contract* merupakan ontologi pengguna dan sistem pengendalian/sistem informasi. Hasil keputusan pemotongan jalur distribusi teknologi *blockchain* pada rantai pasok dengan *distributed ledger* untuk transparansi penelusuran transaksi data. Rancangan ini diharapkan diimplementasikan di Kementerian Pertanian Republik Indonesia baik di tingkat nasional, provinsi, kota/kabupaten.

BAB II

TEKNOLOGI *BLOCKCHAIN* DAN *SMART CONTRACT* DALAM *SUPPLY CHAIN MANAGEMENT*

Beberapa referensi beberapa tahun terakhir terkait *dynamic supply chain supplier* (DSC), *supply chain management*, *blockchain*, *smart contract*, *automatic execution smart contract*, dan *Serious game* dapat dijadikan sebagai bahan rujukan pada buku selanjutnya.

Pemasaran hasil pertanian di Indonesia sering melewati mata rantai yang cukup panjang sehingga dapat merugikan petani maupun konsumen. Petani menerima harga yang rendah, sedangkan konsumen harus membayar dengan harga yang tinggi, meskipun demikian belum tentu ketersediaannya terjamin. Selama pihak yang terlibat dalam tata niaga tidak mendapatkan margin yang adil, akan sulit bagi Indonesia untuk mengembangkan industri dengan baik. Dalam rangka mengembangkan industri perlu adanya sistem stok yang baik (Suryana, 2014).

Penelitian yang dilakukan oleh arkeman yaitu menggunakan teknologi *blockchain*. Teknologi *blockchain* diperlukan untuk mengatasi permasalahan rantai pasok supaya dapat digunakan sebagai perhitungan akurat pada produksi dan konsumsi makanan. Salah satu contoh yaitu keputusan untuk mengimpor beras dapat dilakukan dengan menggunakan data yang valid dan jika terjadi kekurangan stok, pemerintah bisa dengan mudah melacak apa penyebabnya dan segera melakukan tindakan penanganan secara cepat. Teknologi *blockchain* tidak memungkinkan orang untuk memanipulasi data dan melakukan kejahatan atau kecurangan di sepanjang rantai pasok karena sistem penyimpanan datanya transparan dan tidak bisa diubah (Arkeman, 2019).

Penelusuran setiap transaksi data menggunakan teknologi *blockchain* berbasis *supply chain management* yaitu buku besar yang terdistribusi dan transparan memudahkan penelusuran dari setiap transaksi data barang yang meliputi pendaftar, produsen, manufakturing, konsumen, retailer, distributor, bagian penanganan standar pada perusahaan (abeyratne et al., 2016). Pengembangan teknologi *radio frequency identification* (RFID) dan GPS adalah reader yang membaca nomor yang dipancarkan oleh kartu tag id. Selanjutnya RFID reader akan mengolah data dan mengirim data tersebut ke teknologi *blockchain* untuk mencegah pemalsuan produk atau bahan mentah berupa produksi, logistik dan penyimpanan dengan tranparasi dan keterlacakan proses dan lokasi yang ada dengan membaca tag pada RFID dan GPS tersebut (Kubáč, 2018).

Keamanan pangan menjadi trend pembahasan di saat ini. Setiap hasil panen dapat dideteksi mulai dari menanam atau ternak, panen, pemotongan, pengolahan, pergudangan, proses distribusi dan penjualan sehingga setiap transaksi dapat dilacak. Jika ada barang yang kurang segar atau rusak akan terlihat kondisinya pada data di setiap penyimpanan menggunakan *blockchain* dan RFID sehingga keamanan makanan terjaga. Rantai pasok yang terlibat adalah produsen, pedagang grosir, pengecer dan konsumen (Tian,2017). Implementasi teknologi *blockchain* berfungsi untuk mendeteksi stok, keadaan barang, transaksi, proses penyimpanan, *log activity* proses makanan sampai ke konsumen (Hatiskar,et.al., 2018).

Penggunaan RFID dan teknologi *blockchain* juga dapat di manfaatkan untuk penelusuran koordinasi dan penelusuran industri rantai pasok (Thakur et al., 2020.) dikembangkan oleh teknologi *ambient intelligence*. Aktor yang terlibat adalah petani yang merupakan aktor terpenting dalam rantai produksi. Akan tetapi, petani juga dapat terdidentifikasi sebagai aktor terlemah dalam rantai tersebut. Permasalahan petani di Indonesia adalah

harga tidak wajar, fluktuatif bergantung pada pedagang, tengkulak yang merugikan petani, rantai tata niaga yang panjang dan pembagian margin yang tidak adil, penguasaan informasi dan akses pasar yang lemah. Oleh karena itu diperlukan pasar alternatif dengan rantai tata niaga pendek (*direct marketing*). Untuk mewujudkan organisasi petani yang kuat dan berakar (Apriyantono, 2006), diperlukan pengendalian distribusi dan ketersediaan barang, kebutuhan pokok dan/atau barang penting. Berdasarkan peraturan Permendag No 27 tahun 2017 menunjukkan bahwa pengaruh dari lembaga pemerintah sangat tinggi (BPS, 2022).

Beberapa penelitian terkait lainnya adalah *supply chain management* oleh Peng yaitu mengenai pengoptimalisasi rantai pasok pertanian dari kontrak bersubsidi dari pemerintah untuk menghadapi ketidakpastian hasil, pemasok dan distributor yang melibatkan 3 rantai kontrak yaitu petani, pemasok dan distributor. Dalam hal ini pihak yang menentukan keputusan harga adalah distributor dengan cara membeli produk dari petani dengan harga grosir. Harga grosir dari petani berupa ukuran lahan hektar, bahan yang digunakan oleh petani, perawatan tanaman (Peng & Pang, 2019).

Selanjutnya penelitian yang dilakukan oleh HanafiZadeh mengenai perancangan model *supply chain management* berbasis sistem multi agen menggunakan fuzzy genetika untuk membuat keputusan dalam waktu yang tepat dalam merencanakan rantai pasok distribusi yang dinamis dari parameter ketidakpastian (HanafiZadeh, et. al.,2009). Optimalisasi rantai pasok makanan bertujuan untuk pengambilan keputusan dalam pemilihan pemasok dan parameter kualitas yang dihasilkan di setiap level produk. Untuk memaksimalkan keuntungan yang diharapkan, rantai pasok Model MDP sebagai keputusan berdasarkan faktor keadaan pasar yang tidak mudah dikenali. Setiap agen melakukan kebijakan interaksi, kebijakan optimalis alghoritma FP-Growth

adalah struktur data tree berupa rantai pasok untuk rekomendasi (Kappelman & Sinha, 2021).

Berdasarkan data yang dilansir direktorat pengolahan dan pemasaran hasil hortikultura, UU No. 633/R-KEMENTAN/06/2020 bahwa kebutuhan konsumsi cabai tahun 2020 mencapai 254.670 ton per bulan dengan produksi 281.712 ton atau surplus 27.042 ton, hal ini menunjukkan bahwa stok mencukupi. Permasalahan sekarang adalah bagaimana mengoptimalkan pola distribusi agar dapat meningkatkan optimalisasi hasil produksi, misalnya satu daerah yang surplus dapat mensuplai daerah yang minus dari sisi produksi. Ketika aspek distribusi optimal maka stok dan harga terjaga stabilitasnya. Kehilangan pasca panen komoditas hanya sekitar 18,8 persen. Sementara pada tahun 2020 produksi nasional mencapai 2.559.000 ton per tahun, hal ini menunjukkan kehilangan potensi konsumsi sekitar 276.000 ton per tahun (Distribusi Perdagangan Komoditas Cabai Merah Indonesia, et.al., 2020).

Penelitian yang dilakukan oleh Despoudi mengenai *agent-based models* (ABMs) dan *food supply chain* (FSC) untuk koordinasi antar petani dalam meningkatkan keuntungan. Petani membuat input parameter nilai pada dampak distribusi, harga dan hubungan volume harga, dan aturan pembagian keuntungan. Pada proses koordinasi, kelompok petani saling berkoordinasi menghasilkan satu jenis tanaman dan menggabungkan hasil mereka untuk mencapai skala ekonomi. (Despoudi, 2016)

Kemudian penelitian yang dilakukan oleh Pathumnakul yaitu koordinasi dalam rantai pasokan udang di Thailand. Permintaan yang mengikuti musim dan cuaca memainkan peran penting dalam masalah inventaris rantai. Tujuannya adalah untuk meminimalkan biaya persediaan keseluruhan rantai. Analisis skenario yang digunakan untuk menunjukkan

penerapan kerangka kerja yaitu metode algoritma heuristik (Pathumnakul, et.al, 2009)

Penelitian selanjutnya oleh Cao yaitu optimalisasi moda ekspor pertanian di China dengan tujuan meningkatkan volume ekspor produk pertanian dan nilai total ekspor perdagangan. Hasil dari jurnal ini menunjukkan keefektifan alghoritm genetika untuk dapat meningkatkan volume ekspor perdagangan dan nilai total ekspor perdagangan (Cao et al., 2022).

Penggunaan gabungan teori *game* serta konseptual dekat satu sama lain. Sedangkan teori permainan dapat dianggap sebagai optimasi acak. Dari beberapa jurnal, teori *game* dan optimasi telah digunakan bersama-sama, atau salah satunya digunakan dalam solusi lain (Sohrabi & Azgomi, 2020).

Jurnal sebelumnya mengenai *dynamic supply chain supplier* (DSC), *supply chain management*, *blockchain*, *smart contract*, *automatic execution smart contract*, dan *Serious game* perlu menggunakan *Serious game* untuk mensimulasikan, mengkolaborasikan serta mengembangkan sebuah *smart agriculture* berbasis *Serious game*. Fungsinya sebagai media pembelajaran kepada petani dan konsumen dari hasil keputusan pemotongan jalur distribusi dengan menggunakan *supply chain management*, dan teknologi *blockchain*. Teknologi tersebut juga dapat sebagai media pengamanan data dan penghubung antara produk yang di dihasilkan oleh petani dengan konsumen. Buku ini menjelaskan penggunaan teknologi *blockchain smart contract* sebagai pemotongan jalur distribusi dari 6 rantai menjadi 4 rantai yaitu petani, KUD (koperasi unit desa), distributor dan konsumen. Fokus buku ini yaitu mendapatkan solusi-solusi dari permasalahan petani disimulasikan dalam *game*.

Teknologi *blockchain smart contract* dalam *supply chain management* menawarkan sejumlah manfaat yang signifikan, berikut beberapa alasan pentingnya *supply chain management* membutuhkan teknologi *blockchain smart contract*:

1. Otomatisasi dan Efisiensi: *Smart contract* dapat mengotomatiskan proses dalam *supply chain management*, seperti pemrosesan pembayaran, pengiriman barang, dan penerimaan barang. Ini mengurangi kebutuhan akan intervensi manual, mempercepat proses, dan mengurangi kemungkinan kesalahan manusia.
2. Keamanan dan Transparansi : *Smart contract* bekerja di atas teknologi *blockchain* yang dikenal dengan keamanannya. Setiap transaksi atau aktivitas dalam *supply chain management* yang direkam dalam teknologi *blockchain* tidak dapat diubah, sehingga menciptakan catatan yang transparan dan dapat dipercaya oleh semua pihak yang terlibat.
3. Pengurangan Biaya: Dengan menghilangkan kebutuhan perantara seperti bank atau pihak ketiga lainnya, *smart contract* dapat membantu mengurangi biaya transaksi dan administrasi dalam *supply chain management*. Selain itu, karena proses otomatis, biaya yang terkait dengan kesalahan manual juga dapat diminimalkan.
4. Kepatuhan dan Audit yang Lebih Mudah: *Smart contract* dapat memastikan kepatuhan terhadap peraturan dan standar yang ditetapkan. Karena semua transaksi dan kondisi dicatat secara otomatis dan transparan, proses audit menjadi lebih sederhana dan akurat.
5. Respon cepat terhadap perubahan: *Supply chain management*, perubahan seperti permintaan pasar atau kondisi cuaca dapat mempengaruhi produksi dan distribusi. *Smart contract* dapat dirancang untuk merespons perubahan ini secara *real-time*.
6. Peningkatan kepercayaan antar pihak : Karena *smart contract* dieksekusi secara otomatis berdasarkan kondisi yang telah disepakati tanpa perlu intervensi pihak ketiga, hal ini dapat meningkatkan kepercayaan antar pihak yang

terlibat dalam *supply chain management* seperti antara pemasok, produsen, distributor, dan pengecer.

7. Pelacakan dan Monitoring yang Lebih Baik: Teknologi *blockchain smart contract* memungkinkan pelacakan barang dan status transaksi secara real-time. Informasi ini dapat digunakan untuk memonitoring *supply chain management* secara lebih efektif.

Penerapan Teknologi *blockchain smart contract* dalam *supply chain management* dapat membawa transformasi yang signifikan, menjadikannya lebih efisien, transparan, dan dapat diandalkan.

Kemudian *Dynamic supply chain* (rantai pasok dinamis) adalah konsep dalam manajemen rantai pasok yang menggambarkan rantai pasokan yang adaptif dan responsif terhadap perubahan yang terjadi dalam lingkungan bisnis. Rantai pasok dinamis dapat dengan cepat menyesuaikan diri dengan variasi permintaan, fluktuasi pasokan, perubahan harga, dan berbagai faktor eksternal lainnya seperti cuaca, bencana alam, atau perubahan regulasi. Beberapa karakteristik utama dari *dynamic supply chain* meliputi:

1. Fleksibilitas: Kemampuan untuk menyesuaikan operasi dan strategi berdasarkan kondisi pasar dan permintaan pelanggan yang berubah.
2. Respon Cepat: Adanya sistem dan proses yang memungkinkan rantai pasok bereaksi cepat terhadap gangguan atau peluang baru.
3. Kolaborasi: Hubungan erat antara semua pihak dalam rantai pasok, termasuk pemasok, produsen, distributor, dan pelanggan, untuk memastikan informasi yang tepat waktu dan akurat.
4. Penggunaan Teknologi: Pemanfaatan teknologi canggih seperti AI, machine learning, dan IoT untuk memantau, menganalisis, dan memprediksi perubahan dalam rantai pasok.

5. Optimalisasi Berkelanjutan: Proses berkelanjutan untuk mengidentifikasi dan menerapkan perbaikan dalam rantai pasok guna meningkatkan efisiensi dan efektivitas.

Dynamic supply chain penting untuk menghadapi ketidakpastian pasar dan menjaga keunggulan kompetitif dalam industri yang semakin kompleks dan berubah cepat.

BAB III

TEORI PENUNJANG

Buku ini ini memerlukan dukungan dari beberapa teori penunjang sebagai bahan acuan dan referensi, dengan demikian buku ini menjadi lebih terarah. Bab ini mengkaji teori penunjang buku ini yaitu *Serious game*, teknologi *blockchain smart contract*, *supply chain management* serta model yang di usulkan.

3.1 Serious game

Serious game adalah sebuah genre game yang memuat aplikasi teknologi interaktif yang mempunyai fungsi lebih luas dibandingkan game biasa. Didalamnya dapat berisi pelatihan, eksplorasi kebijakan, analitik, visualisasi, simulasi, pendidikan, militer maupun kesehatan (Ferreira et al., 2021). *Serious game* juga dapat didefinisikan sebagai aplikasi yang menggabungkan konten pembelajaran dengan gameplay dengan mengintegrasikan tujuan pembelajaran ke dalam lingkungan permainan. Genre ini mempunyai tujuan untuk mendidik atau melatih player namun dibungkus dengan permainan yang menyenangkan (Thillainathan & Leimeister, 2014). Area aplikasi dari *Serious game* antara lain simulator, pendidikan, kesehatan, advertising, jasa, arkeologi, politik serta manajemen proyek. *Serious game* merupakan pendekatan baru yang efektif untuk pelatihan dan eksplorasi dengan kemungkinan biaya dan resiko rendah. *Game* ini dapat menjadi media pengganti yang efektif dari pengalaman langsung di dunia nyata atau infrastruktur nyata karena *game* ini dapat menghasilkan pengalaman belajar dengan cara yang relatif cepat dan aman (Valenza et al., 2019).

Menurut Iza Marfisi Schottman *Serious game* adalah produk pedagogik multimedia yang membantu player untuk mengembangkan pengetahuan dan keahlian terhadap tema dari

game tersebut. Untuk memudahkan pengembangan *Serious game*, dibuat 7 langkah perancangan diantaranya adalah :

1. Menetapkan spesifikasi tujuan
2. Memilih jenis *Serious game*
3. Merumuskan deskripsi umum dari skenario dan lingkungan virtual
4. Menentukan perangkat lunak atau *game engine* yang digunakan
5. Membuat deskripsi lebih detail terhadap skenario yang dibuat
6. *Quality Control*
7. Menentukan spesifikasi yang tepat untuk *subcontractor* (*graphic designer, sound manager, actors* dll)

Masing-masing langkah tersebut dapat digunakan sebagai acuan *educational Serious game* yang dibangun dalam buku ini, yaitu tentang *supply chain management* berbasis teknologi *blockchain*. *Serious game* adalah permainan dalam komputer atau *video game* yang tidak hanya dirancang untuk tujuan mendapatkan kesenangan saja, tetapi juga memiliki tujuan pendidikan (Roba et al., 2021). Menurut Michael Callaghan, *educational Serious game* merupakan suatu alat yang digunakan dalam tiga aktivitas user, yaitu *gaming activity*, *learning activity* dan *instructional activity*. Michael Callaghan juga mendeskripsikan empat langkah pendekatan yang memandu user dalam menganalisa *Serious game* untuk mendapatkan pemahaman yang lebih baik tentang bagaimana belajar secara langsung dalam *game* yaitu (Callaghan et al., 2017):

1. Mengidentifikasi dan mendeskripsikan aktivitas dalam jaringan aktivitas.

2. Menentukan urutan permainan.
3. Mengidentifikasi tindakan, alat, dan sasaran.
4. Memberikan penjelasan tentang penerapannya.

Keempat langkah tersebut tentu sangat penting untuk menganalisa kesesuaian *gaming activity*, *learning activity* dan *instructional activity* dalam sebuah *Serious game*.

Serious game ini juga efektif, tidak memerlukan biaya tinggi dan tidak beresiko meningkatkan efek perhatian seseorang karena secara sadar dan berkelanjutan melakukan pelatihan, evaluasi dan belajar. Model ini menjadi media belajar yang efektif secara langsung dari kasus-kasus nyata karena menghasilkan pengalaman belajar dalam waktu relatif cepat dan tidak menimbulkan efek berlebihan (aman).

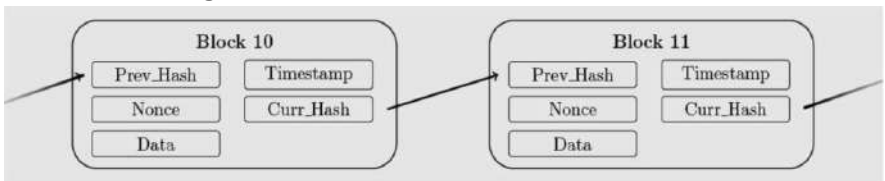
Serious game dari hasil keputusan pemotongan jalur distribusi yang ada selama ini. Dengan menggunakan teknologi *blockchain* menjadi lebih aman karena tidak ada pihak ketiga yang terlibat. Teknologi *blockchain smart contract* ini juga dapat digunakan sebagai pengambilan keputusan pengendalian rantai perdagangan baru dalam untuk saran kebijakan *supply chain management* dinamis dari rantai pasok distribusi baru.

3.2 Teknologi Blockchain

Teknologi *blockchain* merupakan pembukuan digital untuk transaksi keuangan yang dapat di program tidak hanya untuk mencatat transaksi keuangan namun untuk semua nilai apapun secara virtual (Tapscott & Tapscott, 2018) ditunjukkan pada Gambar 2.1.

- a. *Block Number*, biasa disebut juga sebagai *block header* yang merepresentasikan identitas sebuah *block*.
- b. *PreviousHash*, adalah nilai *hash* dari *block* sebelumnya.

- c. *Nonce*, merupakan kombinasi nomor acak yang menjadi ciri khas setiap *block*.
- d. *Data*, berisi data yang akan ditransaksikan.
- e. *Timestamp*, berisi kombinasi tanggal dan waktu terbentuknya sebuah *block*.
- f. *CurrentHash*, berisi nilai yang dihasilkan dari proses *hashing* data dalam sebuah *block*.



Gambar 3. 1. Bagian dan hubungan antar block dalam teknologi *blockchain*

Teknologi *blockchain* sama seperti internet yang dibangun dengan block dari setiap informasi yang secara identik melalui jaringan. Ian Khan dari TEDx Speaker mengatakan bahwa *blockchain* tidak dapat dikontrol oleh thirdparties dan tidak memiliki satu poin kesalahan, mekanisme ini dapat membawa semua orang ke dalam sistem akuntabilitas yang lebih tinggi dan tidak akan ada lagi kesalahan yang terjadi dari pengiriman transaksi hingga *human or machine errors*. Hal ini merupakan area kritis yang dapat dipecahkan oleh *blockchain* untuk menggaransi validitas transaksi dari perekaman yang tidak hanya terjadi di awal registrasi namun terkoneksi melalui mekanisme validasi secara terdistribusi.

Teknologi *blockchain* merupakan rancangan dari jaringan yang disebut *nodes*. *Nodes* yaitu koneksi komputer ke jaringan *blockchain* menggunakan klien yang menjalankan proses dari validasi dan penyimpanan transaksi, melainkan mendapatkan copy dari data dari teknologi *blockchain* dan secara otomatis terjaring ke dalam jaringan teknologi *blockchain*. *Nodes* sering

disebut “menambang” Bitcoin, namun istilah ini merupakan sebuah kekeliruan. Faktanya, setiap nodes berkompetensi memenangkan sebuah mata uang digital seperti Bitcoin dengan memecahkan teka-teki komputasi. Larry Summers dari Former US Secretary of the Treasury mengatakan bahwa Bitcoin memiliki karakteristik yang sama seperti mesin fax. Setiap mesin fax merupakan pintu pemberhentian. Di dunia, dimana setiap orang yang memiliki mesin fax adalah hal yang sangat berharga (Asaf, K., et.al., 2020).

Teknologi *blockchain* memiliki desain sebagai teknologi desentralisasi. Apapun yang terjadi, *blockchain* memiliki fungsi dari jaringan secara keseluruhan dengan membuat cara baru agar aspek verifikasi transaksi komersial tradisional menjadi hal yang tidak diperlukan. Perdagangan pasar saham memiliki hal yang sama seperti teknologi *blockchain* (membuat jenis pencatatan seperti pendaftaran tanah, sepenuhnya publik) dan desentralisasi sudah terjadi di realita. Secara global, jaringan komputer menggunakan teknologi *blockchain* dapat mengelola database yang setiap transaksinya terekam secara otomatis tanpa otoritas terpusat. Desentralisasi memiliki arti sebagai pengoperasian transaksi dengan basis *user-to-user* (*peer-to-peer*) (Zarrin et al., 2021).

Teknologi *blockchain* dapat mengeliminasi risiko yang terjadi terhadap data yang telah dikendalikan secara tersentral dengan cara menyimpan data melalui jaringan dan tidak memiliki titik kerentanan terpusat yang dapat dieksploitasi oleh hacker (Trautman, 2016). Internet saat ini memiliki masalah dengan keamanan terhadap sistem *username/password* untuk mengamankan identitas dan aset secara online. Teknologi *blockchain* memiliki metode keamanan menggunakan encryption technology, basis ini disebut dengan *public* dan *private “keys”*.

Private keys merupakan hal yang sama seperti *password* yang memberikan akses tersendiri ke aset digital yang dimilikinya dengan mengamankan aset digital dengan pengamanan *private key* yang pencetakannya sama seperti cara pembuatan *wallet*. Website mendapatkan lapisan fungsional baru dengan teknologi *blockchain*, pengguna internet juga memiliki kesempatan baru untuk membuat sebuah *value* dan informasi digital yang autentik sebagai Director of Communications at overstock.com and Chief Evangelist at t0.com. *Blockchain* dapat diaplikasikan ke dalam lima belas proses bisnis.(Lamarque, 2016).

3.3 Supply chain management

Supply chain management (SCM) menurut (Fredendall & Hill, 2000) yang diambil dari kamus APICS, menjelaskan:

Supply chain is processes from the initial raw materials to the ultimare consumption of the finished product linking across supplier-user companies.

APICS merupakan sebuah asosiasi yang bergerak dalam bidang manajemen rantai pasok. Bagan *supply chain management* merupakan sebuah aliran barang dengan tahap pertama yang mengalir dari hulu (*upstream*) ke hilir (*downstream*). Contohnya adalah bahan baku yang dikirim dari supplier ke konsumen. Yang kedua adalah aliran fungsi pendukung (*support functions*). Yang ketiga adalah aliran informasi yang terjadi dari hulu ke hilir atau sebaliknya.

Buku fokus pada penerapan pemodelan alur rantai distribusi yang baru untuk mendapat hasil produksi yang maksimal, sehingga kesejahteraan petani meningkat dan stok

tercukupi dengan menggunakan teknologi blockhain berbasis *Serious game*.

3.4 Ambient Intelligence (Aml)

Ambient intelligence (Aml) merupakan teknologi yang bersumber dari aplikasi komputasi yang luas dan memiliki tujuan untuk memberikan respon yang tepat terhadap keberadaan dan karakteristik manusia yang ada di suatu lingkungan virtual maupun nyata. *Ambient intelligence* memberikan pelayanan yang bekerja secara otomatis yang sangat bermanfaat dalam usaha memudahkan pekerjaan manusia. Beberapa fitur yang dimiliki teknologi Aml antara lain *sensitive, responsive, adaptive, transparent, ubiquitous, and intelligent*. Pada dasarnya Aml hadir dengan menerapkan tiga teknologi mutakhir yaitu: *ubiquitous computing, ubiquitous, communication, dan intelligent user interface*. Kehadiran Aml dapat meningkatkan interaksi antara pengguna dengan teknologi yang dihadapinya secara digital melalui penggunaan peralatan komputer yang dapat diakses dari tempat berbeda melalui *ubiquitous computing* (Cook et al., 2009) (Ramos et al., 2008)

Implementasi *ambient intelligence* pada *artificial intelligence* khususnya pada *supply chain management*, teknologi *hyperledger fabric blockchain*, RFID (*Radio Frequency Identification*), dan GPS sebagai media pelacakan informasi pertanian, harga, petani, KUD, distributor, dan konsumen. Hal ini bertujuan untuk mensimulasikan kolaborasi petani dan konsumen serta mengembangkan *smart agriculture* dari keputusan pemotongan jalur distribusi dengan menggunakan media keamanan data pada buku besar yang hanya diketahui oleh pihak yang terlibat saja. *Smart contract* dapat melindungi

produk yang dihasilkan oleh petani. Sedangkan konsumen dapat menelusuri informasi serta asal usul produk dengan cepat sehingga dapat memberikan manfaat baik bagi petani maupun konsumen.

BAB IV

TEKNOLOGI *BLOCKCHAIN SMART CONTRACT* UNTUK MENGOPTIMALKAN RANTAI PASOK MENGGUNAKAN *AMBIENT INTELLIGENCE*

Bab ini menjelaskan model analisis teknologi *ambient intelligence*, *supply chain management*, Teknologi *hyperledger fabric blockchain*, sensor RFID (*Radio Frequency Identification*) yaitu sistem identifikasi tanpa kabel yang memungkinkan pengambilan data tanpa harus bersentuhan seperti *barcode* dan *magnetic card* dan GPS (*Global Positioning System*) sebagai media pelacakan informasi lokasi pertanian dalam mengoptimalkan rantai pasok untuk mengatasi masalah *bullwhip* dalam fluktuasi manajemen rantai pasok dan tidak transparanannya informasi yang didapat sebelumnya. Teknologi *ambient intelligence* digunakan untuk merespon lingkungan secara otomatis dalam menyelesaikan masalah *bullwhip*. Teknologi *blockchain smart contract* adalah teknologi yang digunakan sebagai sistem penyimpanan atau bank data secara digital yang terhubung dengan kriptografi dan sensor RFID (*Radio-Frequency Identification*) dapat membantu mengatasi masalah ini dengan meningkatkan transparansi dan keandalan dalam manajemen rantai pasok. Model teknologi *ambient intelligence*, sensor RFID, dan teknologi *blockchain* merupakan ontologi lingkungan, sedangkan *smart contract* merupakan ontologi pengguna dan sistem pengendalian/sistem informasi.

4.1 Supply chain management Menggunakan Teknologi Blockchain Hyperledger Fabric Blockchain Smart contract

Alur *supply chain management* dimulai dari produsen hingga konsumen menggambarkan pola distribusi saat ini yang melibatkan perantara atau pengepul, hal ini terlihat pada Gambar 4.1. (A) Pola distribusi perdagangan indonesia (B) *Supply chain management* menggunakan teknologi *ambient intelligence*, *hyperledger fabric blockchain*, dan sensor RFID untuk mengusulkan pemodelan teknologi *hyperledger fabric blockchain* yang diadopsi dari industri dalam memaksimalkan penerapan solusi.

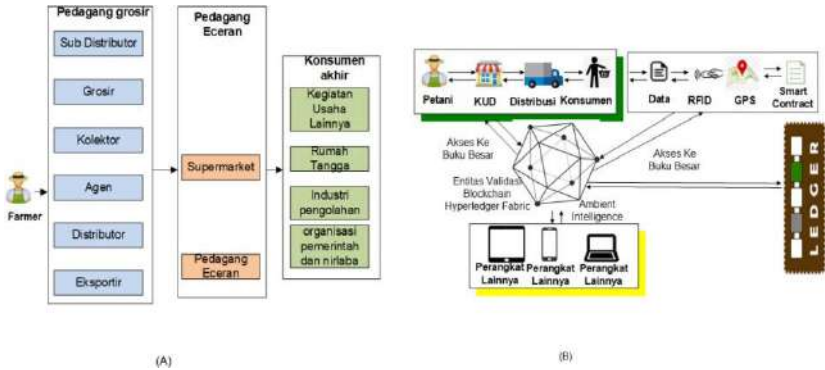
Usulan penerapan teknologi *ambient intelligence* (AmI) untuk respon, kesadaran dan pendeteksi sebagai berikut :

1. Pengenalan dan pelacakan : Sensor RFID dapat digunakan untuk mengidentifikasi dan melacak barang serta aktor yang terlibat pada transaksi. Di setiap store, barang dapat dilengkapi dengan tag RFID yang memungkinkan sistem untuk secara otomatis mendeteksi item yang dibeli. Ketika pembeli melewati titik pemeriksaan yang terhubung dengan teknologi *hyperledger fabric blockchain* menggunakan *smart contract* untuk mengotomatisasi transaksi jual beli. *Smart contract* dapat mengeksekusi perintah otomatis ketika kondisi tertentu terpenuhi, transaksi pembayaran otomatis saat mengambil barang.
2. Deteksi kesadaran dan aktivitas petani, KUD dan konsumen : Sistem AmI menggunakan sensor RFID untuk mendeteksi keberadaan pelanggan dan produk yang mereka pilih. Data ini kemudian dianalisis untuk memahami preferensi dan perilaku belanja pelanggan.

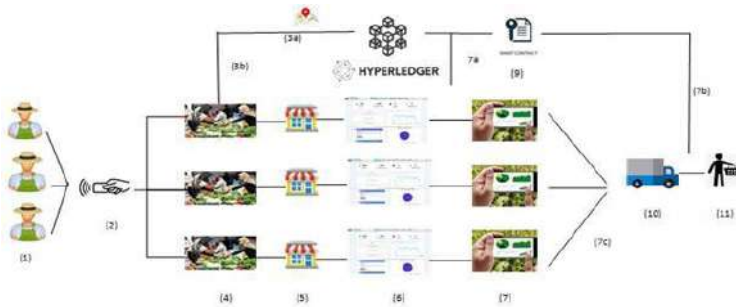
3. Deteksi kesadaran lingkungan :

- a. Petani melakukan proses transaksi dengan scan sensor RFID. Hal ini dapat membantu Aml untuk mengetahui keberadaan konsumen (KUD) menggunakan GPS yaitu dengan melacak lokasi pengiriman secara real- time, memungkinkan pelanggan untuk mengetahui perkiraan waktu kedatangan yang terhubung menggunakan teknologi *hyperledger fabric blockchain*. Selanjutnya petani melakukan transaksi jual beli produk pertanian.
- b. KUD menjual barang kepada konsumen melalui distributor. Teknologi *blockchain* dapat digunakan untuk melacak asal-usul produk dan pergerakannya dalam rantai pasok. Ini memberikan transparansi dan kepercayaan kepada konsumen mengenai produk yang mereka beli. Eksekusi *smart contract* didapat dari informasi sensor RFID dikirim ke teknologi *blockchain*. *Smart contract* yang telah diprogram sebelumnya akan memvalidasi transaksi dan, jika semua kondisi terpenuhi, akan memproses pembayaran secara otomatis.
- c. Petani sampai konsumen dapat memantau dan melacak semua informasi transaksi penjualan sampai pengiriman melalui GPS yang tersimpan dan terhubung dengan *smart contract* dan teknologi *hyperledger fabric blockchain*. Teknologi *blockchain* digunakan sebagai pencatatan transaksi yang aman dan transparan. Setiap pembelian yang dilakukan dengan menggunakan sistem Aml dapat dicatat di *blockchain* sehingga dapat dipastikan bahwa data

transaksi tidak dapat diubah atau dimanipulasi seperti yang ditunjukkan pada gambar 4.2



Gambar 4. 1. (A) Gambaran Pola distribusi Perdagangan di Indonesia (B) *Supply chain management* menggunakan teknologi *ambient intelligence*, *hyperledger fabric blockchain* dan sensor RFID



Gambar 4. 2. Deskripsi proses teknologi *hyperledger fabric blockchain*.

Gambar 4.2. Deskripsi proses : (1) petani (2) proses transaksi RFID (3a) masukkan data ke dalam *hyperledger fabric* (3b) validasi dan perbarui data di *hyperledger fabric* (4) pembelian dan pemanenan transaksi (5) pembelian dan panen transaksi ke KUD (6) pemantauan transaksi pembelian dan penelusuran informasi (7b) *smart contract* (7) pemantauan panen dan stok (7a) masukkan data *hyperledger fabric* (7c)

transaksi konsumen melalui distribusi (9) *smart contract* (10) distributor (11) konsumen.

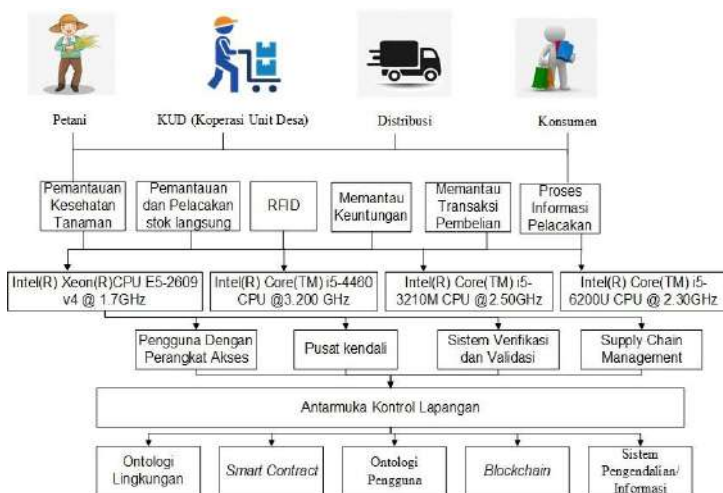
Ambient Intelligence adalah sistem yang berjalan dan merespons lingkungan di sekitar kita secara otomatis. Pada studi kasus permasalahan *bullwhip* dalam manajemen rantai pasok terjadi ketika fluktuasi kecil pada pesanan atau permintaan dari konsumen mengakibatkan fluktuasi permintaan yang besar di seluruh rantai pasok. Teknologi *blockchain* dan sensor RFID (*Radio-Frequency Identification*) dapat membantu mengatasi masalah ini dengan meningkatkan transparansi dan keandalan dalam manajemen rantai pasok.

Model teknologi *ambient intelligence*, sensor RFID, dan teknologi *hyperledger fabric blockchain*. yang diusulkan berikut dapat berkontribusi:

1. Ontologi lingkungan: *ambient Intelligence* digunakan untuk mendeteksi perubahan permintaan konsumen secara real time. Data ini dapat diintegrasikan ke dalam sistem *blockchain* untuk memberikan visibilitas penuh atas permintaan dan pasokan di seluruh rantai pasok. Sensor RFID digunakan untuk melacak barang secara real-time dengan cara mengunggah data ke jaringan *blockchain* yang memberikan informasi langsung mengenai lokasi dan status barang yang memungkinkan pihak-pihak yang terlibat dapat melihat informasi secara *real-time*.
2. *Smart contract*: Teknologi *blockchain smart contract* dapat digunakan untuk mengotomatiskan proses pemesanan, penjadwalan pengiriman, dan penyesuaian inventaris berdasarkan data yang disimpan di RFID. Hal ini dapat mengurangi penundaan dan kebingungan dalam

rantai pasok dan kesalahan manusia dalam menjaga keseimbangan antara permintaan dan penawaran.

3. Ontologi pengguna: Teknologi *blockchain* memungkinkan pelacakan barang dengan sangat akurat dari sumber hingga tujuan akhir. Data tersebut menyimpan respons sekitar sehingga dapat digunakan untuk memastikan bahwa produk selalu berada pada jalur optimal, menghindari penumpukan dan kekurangan.
4. Sistem pengendalian/Sistem Informasi: Sensor RFID mengumpulkan informasi rinci dengan ambient Intelligence yang merespons data sekitar dapat membantu memprediksi persediaan stok yang dibutuhkan berdasarkan perilaku konsumen dan faktor lingkungan. Teknologi *blockchain* memungkinkan pembaruan dan pengisian inventaris otomatis berdasarkan data ini. Dengan menggabungkan ambient Intelligence dan teknologi *blockchain*, rantai pasok dapat menjadi lebih responsif, efisien, dan tidak terlalu rentan terhadap masalah besar, yang pada gilirannya dapat meningkatkan kepuasan pelanggan dan efisiensi operasional. Hal ini terlihat pada Gambar 4.3.



Gambar 4. 3. Model yang diusulkan teknologi *ambient intelligence*, *supply chain management* dan teknologi *blockchain*

4.2 Sistem Arsitektur Smart contract Menggunakan Teknologi Hyperledger Fabric Blockchain

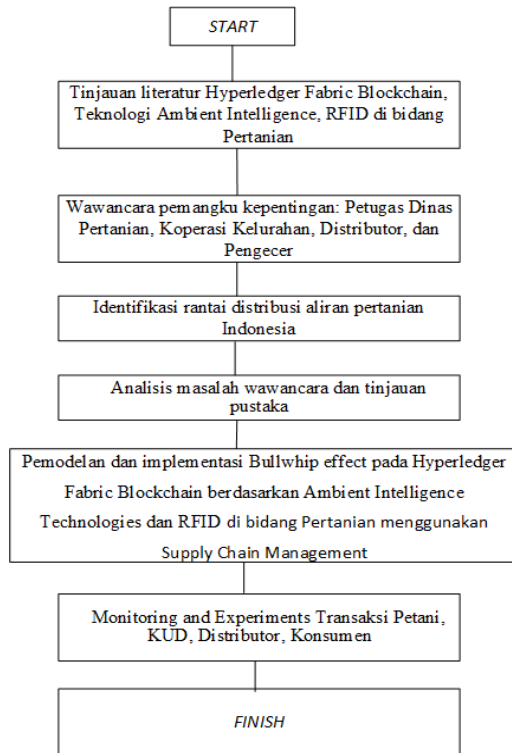
Rantai distribusi pada *supply chain management* yang melibatkan petani, KUD, distribusi dan konsumen mendaftar melalui teknologi *hyperledger fabric blockchain* dan menyimpan *hash kriptografi*. Proses validasinya diverifikasi di teknologi *hyperledger blockchain nodes* melalui proses *smart contract* (Zhang et al., 2018) (Ghazal et al., 2022.) (Jamil et al., 2022.) (Liu et al., 2020). Jika semua jaringan menyetujui, semua kondisi akan berjalan dengan baik, dan semua respons dari setiap transaksi akan disimpan di teknologi *hyperledger fabric blockchain*.

Aktor dapat melakukan transaksi untuk mengoperasikan dengan menggunakan kata kerja CREATE, READ, UPDATE, dan DELETE. Transaksi yang dicatat dalam *smart contract* digunakan untuk membuat API RESTful yang menghubungkan jaringan *Front-End ke Back-End Blockchain*. *RESTful API* terdiri dari kata

kerja (misalnya, *POST*, *PUT*, *DELETE*, *GET*) untuk menentukan tindakan yang dilakukan. Sebaliknya, Web Yii dan RFID menentukan entri data. Data tersebut disimpan di teknologi *hyperledger fabric* dengan database melalui *smart contract*, informasi tersebut kemudian disimpan dalam tag RFID.

4.3 Metodologi Ambient Intelligence

Teknologi *blockchain* khususnya *hyperledger fabric* kini berkembang pesat. dalam buku ini, penulis mengembangkan proses buku yang digunakan untuk memecahkan permasalahan terputusnya rantai perantara dari rantai distribusi. kami mewawancarai staf Dinas pertanian, KUD, distributor, dan pengecer, mengenai solusi rantai pasok baru. Karena tinjauan literatur rantai pasok yang terbatas dan kompleks, penulis menganalisis permasalahan yang ada dari beberapa tinjauan teknologi *ambient intelligence*, teknologi *hyperledger fabric blockchain*, dan sensor RFID di pertanian dan *supply chain management*. Hasilnya menunjukkan implementasi teknologi *hyperledger fabric blockchain*. untuk menyelesaikan masalah tersebut. Diharapkan permasalahan yang ada dapat teratasi sehingga dapat dilakukan monitoring terhadap setiap transaksi rantai pasok, oleh sebab itu, setiap pihak yang terlibat dalam proses tersebut memahami dengan baik tentang prosedur yang ada.



Gambar 4. 4. Kerangka metodologi *Ambient Intelligence*

4.4 Desain Database Relational Berbasis Teknologi *Ambient Intelligence*

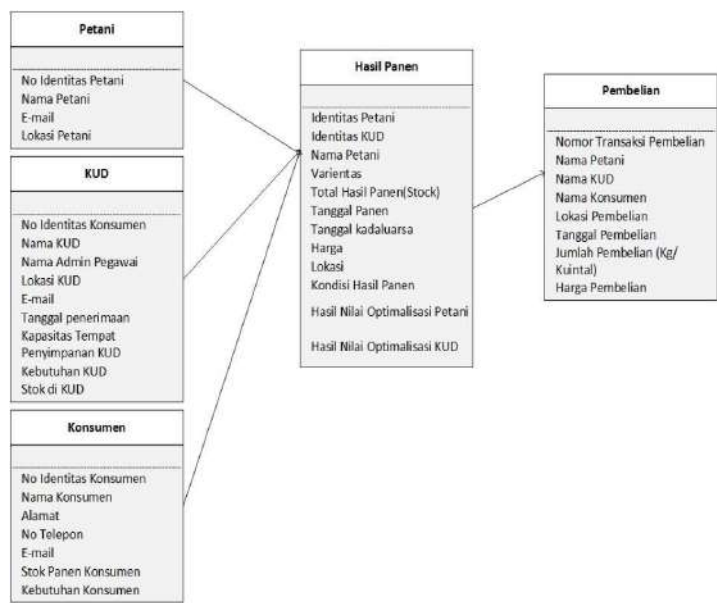
Smart contract terdiri dari: aset, peserta, transaksi, dan komoditas. Desain kerangka kerja teknologi *hyperledger fabric blockchain* yaitu aset yang terdiri dari petani dan KUD melakukan proses penjualan, KUD memantau dan mengevaluasi setiap transaksi penjualan, dan KUD yang melakukan penjualan kepada konsumen melalui distributor. Peserta yang terlibat terdiri dari petani, KUD, distributor, dan konsumen. Transaksi terdiri dari penelusuran informasi stok, harga, dan kualitas menggunakan sensor RFID dan GPS. Komoditas tersebut terdiri dari produksi, biaya distribusi, dan panen.

Partisipan yang terlibat dalam alur manajemen rantai pasok berbasis integrasi data adalah sebagai berikut:

1. Petani menghasilkan produk pertanian dan menjualnya dalam kilogram/kuintal/ton ke KUD, dimana datanya tersimpan di *blockchain*. Informasi tersebut disimpan dalam tag RFID.
2. KUD (Koperasi Unit Desa) membeli produk dalam kilogram/kuintal/ton dari petani, kemudian menjualnya ke konsumen, serta memantau dan mengevaluasi setiap transaksi penjualan.
3. Distributor melakukan pengiriman produk
4. Konsumen membeli dari KUD untuk dikonsumsi sendiri atau dijual kembali ke restoran, pasar, atau perorangan.

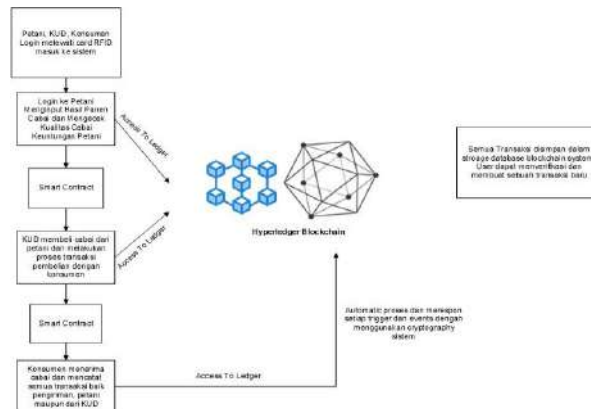
Teknologi *Ambient intelligence* ini berfokus pada penelusuran rantai pasok berdasarkan data petani, tanggal panen, tanggal kadaluarsa produk. Konsumen dan KUD dapat mengakses informasi tersebut dari petani berdasarkan lokasi petani, nama petani, tanggal panen, tanggal kadaluarsa/busuk (biasanya sekitar 4-5 hari setelah panen), tanggal pengiriman, jumlah pembelian (kg), varietas, harga, dan kualitas. Mereka juga memverifikasi setiap transaksi di mana setiap produk diberikan tag informasi RFID. Tag ini mewakili identifikasi kriptografi digital unik yang menghubungkan data informasi fisik ke identitas virtualnya di jaringan teknologi *hyperledger fabric blockchain*. Teknologi *hyperledger fabric blockchain* dapat diakses dan dipantau oleh petani, konsumen, KUD, distributor, dan konsumen dengan melibatkan pelaku yang secara tidak langsung dapat mengelola penelusuran dan memantau keamanan, kualitas, dan kuantitas data. Oleh karena itu, teknologi ini dapat sebagai sumber yang terpercaya karena setiap transaksi dilakukan tanpa melibatkan pihak ketiga dan setiap pihak dapat memverifikasi setiap transaksinya (Kamilaris et al., 2019.) (Marchese & Tomarchio, 2022)(Fabian et al.,2018) (Marchese & Tomarchio, 2022) (S. Ali et al.,2022).

Pengumpulan data *blockchain* menggunakan *database relasional (PostgreSQL)*, *Query SQL* dibuat untuk menemukan pola produk yang dioptimalkan. Di Masa depan teknologi *blockchain* dapat di kembangkan dan diimplementasikan menggunakan *Artificial Intelligence*, sehingga dari data dan transaksi yang ada dapat di optimasi berdasarkan periodenya. *Data collection* pada teknologi *blockchain* menggunakan database relational (*PostgreSQL*) kemudian membuat *query SQL* terlihat seperti pada gambar dibawah ini (Fabian, et al, 2018) Alur kerangka transaksi teknologi *hyperledger blockchain* dapat dilihat pada Gambar 4.5. yang terdiri dari petani, KUD, konsumen, hasil panen dan pembelian. Setiap entitas yang terlibat terhubung satu sama lain sesuai dengan alur transaksi dari aplikasi ini.



Gambar 4. 5. Alur kerangka transaksi Teknologi *hyperledger fabric blockchain*

Supply chain network melibatkan aktor yaitu petani, KUD, dan konsumen yang melakukan proses jual beli. Aktor sebagai pengguna dapat mengajukan transaksi untuk dioperasikan dengan menggunakan perintah *CREATE*, *READ*, *UPDATE*, dan *DELETE*. Transaksi yang dicatat dalam *smart contract* digunakan untuk membuat API RESTful untuk menghubungkan jaringan *blockchain* Front- End ke Back-End. RESTful API terdiri dari kata kerja (misalnya, *POST*, *PUT*, *DELETE*, *GET*) yang menentukan tindakan yang dilakukan, sedangkan Web Yii dan RFID menentukan entri data. Data tersebut kemudian disimpan dalam teknologi *hyperledger blockchain fabric database* melalui *smart contract*, sedangkan informasinya kemudian disimpan dalam tag RFID terlihat pada gambar 4.6.



Gambar 4. 6. Supply chain management berbasis teknologi *hyperledger blockchain smart contract* pada pertanian

Semua aktor yang terlibat seperti petani, KUD, dan konsumen mendaftar melalui teknologi *hyperledger blockchain*, datanya akan tersimpan sebagai *hash kriptografi*. Proses validasi dan verifikasi pada teknologi *hyperledger fabric blockchain*. *Nodes* melalui proses *smart contract*, jika semua jaringan menyetujui, semua kondisi akan berjalan dengan baik dan mendapatkan respon dari aktor yang terlibat di setiap transaksi.

Buku ini memberikan solusi menyelesaikan masalah bullwhip dengan mengolah data yang diperoleh untuk mengetahui permintaan pada periode berikutnya agar dapat optimal dengan kemampuan kapasitas produksi petani di Indonesia. Langkah- langkah yang dilakukan yaitu mengetahui selisih antara kapasitas produksi di gudang petani dengan permintaan konsumen. Sehingga membentuk rantai distribusi untuk mengukur variabilitas yang ada berdasarkan parameter permintaan, parameter produksi, *lead time*, dan periode.

$$\text{Bullwhip Effect} = \text{Var}(Q) / \text{Var}(D) \geq 1 + 2L/P + 2L^2/P^2 \quad (4.1)$$

Dengan :

Var (Q) = Parameter permintaan

Var (D) = Parameter produksi

L = Lead time

P = Periode

Efek *bullwhip* terjadi ketika fluktuasi permintaan di tingkat konsumen diperbesar sepanjang rantai pasok, yang menyebabkan ketidakstabilan di level produksi dan distribusi. Dalam konteks data yang kamu berikan, mari kita interpretasikan hasilnya:

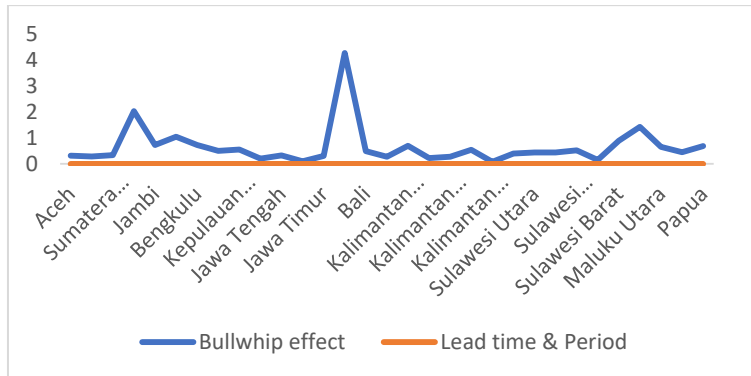
1. *Bullwhip Effect* ≈ 1 : Ini adalah kondisi ideal, di mana fluktuasi permintaan di tingkat konsumen tidak diperbesar oleh setiap lapisan dalam rantai pasok. Ini menandakan bahwa sistem rantai pasok sangat efisien.
2. *Bullwhip Effect* < 1 : Ini sangat jarang terjadi dan biasanya menunjukkan bahwa ada pengurangan variasi permintaan sepanjang rantai pasok, mungkin karena pengelolaan yang sangat baik atau pengaruh teknologi.
3. *Bullwhip Effect* > 1 dan mendekati nilai 5: Ini menunjukkan adanya efek bullwhip, di mana fluktuasi permintaan diperbesar secara signifikan di sepanjang rantai pasok. Meskipun nilai ini mungkin wajar dalam beberapa konteks industri, nilai yang lebih mendekati 1

selalu diinginkan untuk efisiensi rantai pasok yang lebih baik.

Penyebab utama dari efek *Bullwhip* ini adalah:

1. Fluktuasi harga: Ketidakstabilan harga menyebabkan perubahan dalam rantai pasok, di mana produsen dan pengecer berusaha mengantisipasi perubahan harga yang seringkali tidak akurat.
2. Permintaan yang melebihi pasokan: Ketidakseimbangan antara permintaan konsumen dan kemampuan produksi petani menciptakan ketegangan dalam rantai pasok, yang memperburuk efek *Bullwhip*.
3. Kebutuhan untuk memperbarui perkiraan: Kesalahan dalam perkiraan permintaan mengakibatkan perubahan produksi yang drastis, sehingga memperbesar varian antara permintaan dan produksi.

Secara keseluruhan, dapat disimpulkan bahwa sistem *supply chain management* tradisional yang ada saat ini di Indonesia masih belum optimal dalam merespons variabilitas permintaan dan produksi. Hal ini disebabkan oleh masalah ketidakakuratan informasi, ketidakstabilan harga, dan waktu tunggu yang panjang, yang berkontribusi pada terjadinya efek *Bullwhip*. Pembaruan teknologi seperti teknologi *blockchain* dan *smart contract* mungkin diperlukan untuk mengurangi distorsi informasi dan memperbaiki efisiensi rantai pasok, guna mencegah terjadinya efek *Bullwhip* di masa mendatang.



Gambar 4. 8. Analisis *bullwhip effect* berdasarkan *supply chain management* tradisional

Tabel 4. 1. Analisis *bullwhip effect* dengan *supply chain management* tradisional

province	var (q)	var (d)	<i>bullwhip effect</i>	<i>lead time & periode</i>
Aceh	18,561.39	58,382	0.317	1,25
Sumatera Utara	60,939.48	210,220.00	0.289	1,25
Sumatera Barat	39,508.04	115,766	0.34	1,25
Riau	28,831.60	14,097	2.04	1,25
Jambi	19,789.86	59,855	0.73	1,25
Sumatera Selatan	24,626.45	23,556	1.045	1,25
Bengkulu	14,149.28	48,778	0.73	1,25
Lampung	17,437.04	34,550	0.5	1,25
Kepulauan Belitung	2,828.48	5,059	0.55	1,25
Jawa Barat	70,246.66	343,067	0.2	1,25
Jawa Tengah	57,318.30	169,282	0.33	1,25
DIY	4,009.93	38,378	0.104	1,25
Jawa Timur	39,243.64	127,429	0.307	1,25

province	var (q)	var (d)	<i>bullwhip effect</i>	<i>lead time & periode</i>
Banten	27,500.16	6,406	4.29	1,25
Bali	5,758.81	11,747	0.49	1,25
Nusa Tenggara Barat	4,527.60	16,086	0.281	1,25
Kalimantan Barat	1,969.49	2791	0.7	1,25
Kalimantan Tengah	648.52	1,711	0.23	1,25
Kalimantan Selatan	2473.55	8977	0.275	1,25
Kalimantan Timur	3198.92	5,916	0.54	1,25
Kalimantan Utara	342.54	4,161	0.08	1,25
Nusa Tenggara Timur	1,293.06	3,218	0.4	1,25
Sulawesi Utara	1266.54	9,042	0.44	1,25
Sulawesi Tengah	2,901	6,528	0.44	1,25
Sulawesi Tenggara	1,276.39	2,411	0.529	1,25
Gorontalo	141.71	909	0.155	1,25
Sulawesi Barat	2241.47	2466	0.9	1,25
Maluku	2,905.70	2,029	1.43	1,25
Maluku Utara	2,026.72	3,040	0.66	1,25
Papua Barat	416.46	911	0.45	1,25
Papua	2,090.61	3,016	0.69	1,25

Dari Gambar 4.8 tabel 4.1 hasil yang didapatkan :

1. Banten dengan nilai 4.295, Riau dengan nilai 2.046, Sumatera Selatan dengan nilai 1.045, dan beberapa provinsi lainnya menunjukkan nilai *bullwhip effect* yang lebih tinggi, mendekati atau melebihi batas minimal 5. Ini mengindikasikan adanya efek *bullwhip* yang signifikan di provinsi-provinsi tersebut.
2. Sebagian besar provinsi lainnya memiliki nilai *bullwhip effect* yang jauh lebih rendah dari 5, menunjukkan bahwa efek *bullwhip* di provinsi-provinsi tersebut tidak terlalu signifikan.
3. Dengan demikian, bisa disimpulkan bahwa di beberapa provinsi tertentu terjadi *bullwhip effect* dengan tingkat pembesaran fluktuasi yang signifikan, sementara di provinsi lainnya, efek tersebut relatif kecil.

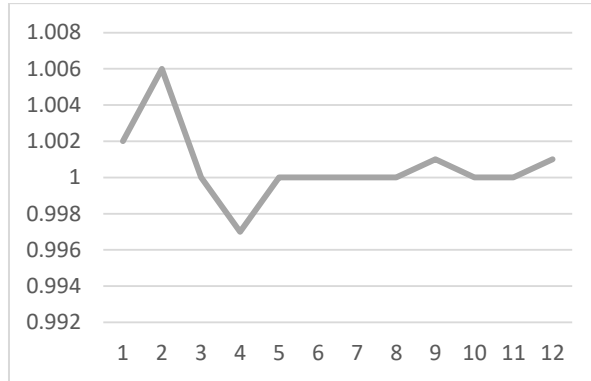
4.6 Evaluasi *Bullwhip Effect* untuk Efektifitas Distribusi dengan Teknologi *blockchain smart contract*

Tidak tersedianya produk disebabkan oleh kurangnya koordinasi antar pihak yang berkepentingan dalam *sistem supply chain management* menyebabkan terjadinya *bullwhip effect*. Pemanfaatan teknologi *blockchain* dapat mengurangi hal tersebut karena adanya koordinasi transparansi data dan informasi dengan pihak terkait dan saling mengkoordinasikan informasi serta efisiensi data pengelolaan *supply chain management* yang ada, serta hadirnya teknologi *ambient intelligence*, *smart contract*, dan RFID dengan teknologi *blockchain*. Buku besar untuk memantau informasi secara langsung dan akurat (Sarfaraz et al., n.d., 2021), (X. Xu et al., 2021) (Xue et al., 2021). Perencanaan petani dalam menghasilkan produk yang sesuai permintaan konsumen.(Pishdad-Bozorgi et al.,2020),(Sudha et al., 2021), (Borah et al., 2020) Hasil implementasi teknologi *hyperledger fabric blockchain* terdapat pada Tabel 4.2.

Tabel 4. 2. Analisis *bullwhip effect* dengan teknologi *hyperledger fabric blockchain smart contract*

Bulan	Petani Var (Q)	KUD (Gudang)	Konsumen Var (D)	<i>Bullwhip Effect</i>	<i>Lead Time & Periode</i>
1	1000	1000	998	1,0020	1,25
2	8350	8350	8300	1,0060	1,25
3	4000	4000	4000	1	1,25
4	3001	3001	3010	0,9970	1,25
5	1050	1050	1050	1	1,25
6	2503	2503	2503	1	1,25
7	1983	1983	1983	1	1,25
8	2805	2805	2805	1	1,25
9	3075	3075	3072	1,0009	1,25
10	3022	3022	3022	1	1,25
11	4055	4055	4055	1	1,25
12	3077	3077	3075	1,0006	1,25

Pada Gambar 4.9. Semua nilai efek *bullwhip* di bawah batas minimal 5, menunjukkan bahwa dalam data ini, efek *bullwhip* relatif kecil. Fluktuasi permintaan tidak mengalami pembesaran signifikan di sepanjang rantai pasok, yang menandakan sistem rantai pasok berfungsi dengan efisien dalam mengelola fluktuasi permintaan sehingga *supply chain management* menggunakan teknologi *blockchain* sangat efektif dan data terverifikasi serta aman sehingga informasi cepat dan akurat. Informasi mengenai permintaan dari konsumen dan produksi dari. Evaluasi *bullwhip* juga tidak terjadi karena hasilnya tidak lebih dari lead time & periode.



Gambar 4. 9. Efektivitas evaluasi efek *bullwhip* menggunakan teknologi *hyperledger fabric blockchain*

4.7 Implementasi Smart contract pada Teknologi Hyperledger Fabric Blockchain

Teknologi *blockchain* dan *smart contract* berdasarkan ketertelusuran *supply chain management*. Setiap transaksi menyimpan riwayat *Log activity* di *hyperledger explorer*. Detail dari setiap transaksi *hyperledger fabric blockchain* menyimpan catatan yang berisi *transaction ID*, *validation code*, *payload proposal has*, *MSP creator*, *endorser*, *chain code name*, *type*, *time*, *direct link*, *reads*, dan *writes*.

Implementasi dalam sistem Aml pada teknologi *hyperledger fabric blockchain* sebagai berikut

1. Deteksi kesadaran dan aktivitas pelanggan : Sistem Aml menggunakan sensor RFID untuk mendeteksi keberadaan pelanggan dan produk yang mereka pilih. Data ini kemudian dianalisis untuk memahami preferensi dan perilaku belanja pelanggan.
2. Proses transaksi otomatis : Ketika pelanggan memilih produk dan membawa mereka ke titik pemeriksaan, Sensor RFID secara otomatis mengidentifikasi barang-barang tersebut. Transaksi kemudian dicatat

menggunakan teknologi *hyperledger fabric blockchain*, memastikan bahwa data transaksi aman dan tidak dapat diubah.

3. Pelacakan pengiriman : Jika pelanggan memilih untuk mengirim barang yang dibeli, GPS digunakan untuk melacak pengiriman. Informasi pelacakan ini juga dapat dicatat di *hyperledger fabric blockchain*, memberikan transparansi lengkap mengenai status pengiriman.
4. *Personalized shopping experience* : Berdasarkan data yang dikumpulkan, sistem Aml dapat memberikan rekomendasi produk yang dipersonalisasi, penawaran khusus, bantuan navigasi di dalam toko, dan meningkatkan pengalaman berbelanja pelanggan.

HYPERLEDGER EXPLORER

DASHBOARD NETWORK BLOCKS TRANSACTIONS CHAINCODES CHANNELS mychannel

From: November 12, 2021 1:14 PM To: November 13, 2021 1:14 PM

Block Number Channel Name Number of Tx Data Hash Block Hash Previous Hash Transactions Size(KB)

6	mychannel	1	7a74d0...	520c46...	5a2e42...	01123...	5
5	mychannel	1	3b0c8a...	5a2e42...	a507ee...	3a8433...	9
4	mychannel	1	5a2e42...	a507ee...	cd54e9...	a5074d...	5
3	mychannel	1	1c715c...	cd54e9...	33bd72...	2a102f...	5
2	mychannel	1	ae40e8...	33bd72...	3a5c94...	a13c0f...	11

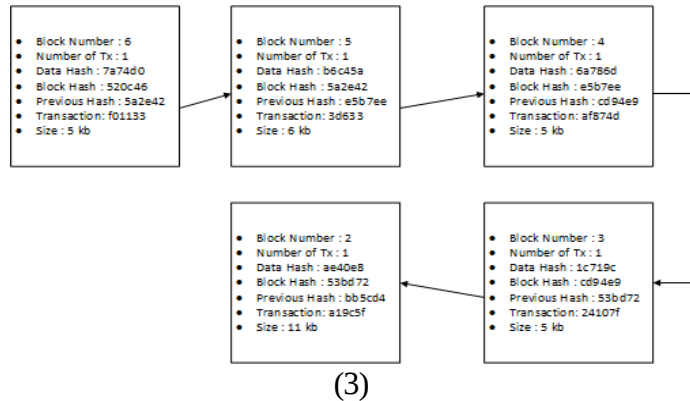
Hyperledger Explorer Client Version: 1.1.8 Fabric Compatibility: v2.3v1.4

(1)

Block Details

Channel name:	mychannel
Block Number	6
Created at	2021-11-13T05:59:24.363Z
Number of Transactions	1
Block Hash	520c46121c7075ad5cfad89e3bea8e4ab36d3227477503179cc41ed2bbd273b5
Data Hash	7a74d0f4be0b8e7925c2ba8c8bef0cafac02b2f042485604a17bec1d5cbbcaef
Prehash	5a2e42ecd17a0251bce7f6574474b18da63663af95679c553719502c1f359768

(2)



Gambar 4. 10. Informasi (1) *block hyperledger explorer* (2) detail *block* (3) struktur *hash* yang diusulkan

Setiap detail aktivitas, blok menyimpan nama saluran, nomor *blok*, *created*, jumlah transaksi, *hash block*, *hash data*, dan *pra-hash*. Teknologi *blockchain* dirakit berurutan dan didistribusikan bersama, setiap blok terdiri dari buku besar dan tiga elemen: data, hash, dan hash dari blok sebelumnya.

Blok pada Teknologi *hyperledger fabric blockchain* untuk menyimpan *hash data*, *hash blok*, *hash* sebelumnya, serta transaksi yang sedang dilakukan.

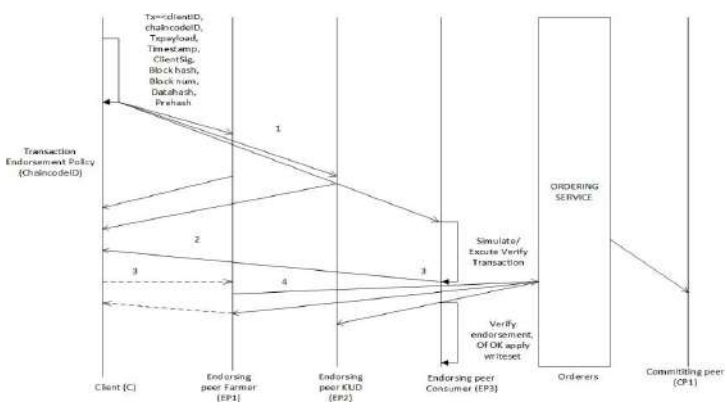
4.8 Certificate Authority (CA) pada Teknologi Hyperledger Fabric Blockchain

Certificate authority (CA) adalah algoritma konsensus pada jaringan *blockchain* yang jumlah validatornya minim (Shalaby et al., 2020). Algoritma *Certificate authority* (CA) menggunakan nilai identitas, yang berarti validator menggunakan reputasinya untuk membuat atau menulis blok data baru ke dalam rantai. Teknologi *Blockchain hyperledger fabric certificate authority* (CA) dengan node validasi dipilih sebagai entitas yang dapat dipercaya. (Kaur et al., 2021) Model ini mengandalkan blok validator dalam jumlah terbatas,

sehingga menghasilkan sistem yang lebih skalabel. Blok dan transaksi diverifikasi oleh peserta yang disetujui, yang bertindak sebagai moderator sistem. Pihak terkait dalam sistem ini adalah petani, KUD, distributor, dan konsumen.

Eksperimen dilakukan pada berbagai tingkatan menggunakan teknologi *ambient intelligence* yaitu *batch time out*, jumlah transaksi, dan jumlah *endorser*. Latensi yang digunakan dalam transaksi *hyperledger fabric blockchain* adalah pengukuran waktu, sehingga dibutuhkan jumlah data yang sesuai untuk mencapai tujuan seluruh jaringan teknologi *hyperledger fabric blockchain*.

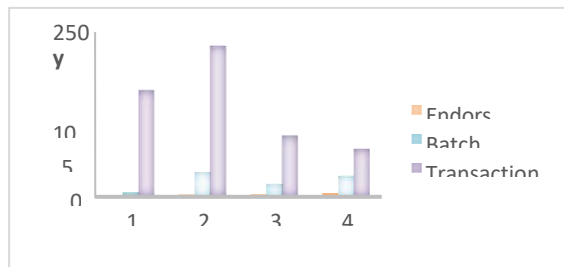
Konsep CA yang perlu diperhatikan adalah identitas harus benar, kelayakan risiko esensi, dan tata cara penentuan kewenangan. (Angelis et al., 2018) (Ahmed et al., 2022.) Algoritma CA mengharuskan validator untuk terlibat dengan identitas resmi yang akan diperiksa oleh pemerintah terkait agar data informasi aman dan tidak dibocorkan oleh validator yang beritikad buruk.



Gambar 4. 11. Algoritma CA pada Hyperledger Fabric Blockchain

4.9 Ukuran Batch (Max. Jumlah TX per Block)

Eksperimen ke 7, 8, dan 30 menunjukkan waktu batch yang tinggi hingga 200 detik, menghasilkan 300 transaksi. Dalam penggunaannya, *hardware* 1 adalah Intel(R) Xeon(R)CPU E5-2609 v4 @ 1.7GHz, *Hardware* 2 adalah Intel(R) Core(TM) i5-4460 CPU @3200 GHz, *Hardware* 3 adalah Intel(R) Core(TM) i5-3210M CPU @2.50GHz, dan *Hardware* 4 adalah Intel(R) Core(TM) i5-6200U CPU @ 2.30GHz dengan rata-rata hasil percobaan menggunakan Endorsers 1 adalah hingga 6.83 detik dengan angka rata-rata transaksi sebesar 157,3. Eksperimen menggunakan Endorsers 2 berdurasi hingga 36 detik dengan rata-rata jumlah transaksi 222,5. Eksperimen menggunakan Endorsers 3 memiliki rata-rata 18,6 dengan rata-rata total transaksi 90,3 dan yang terakhir, menggunakan endorser 4, memiliki rata-rata waktu batch 30 dengan jumlah transaksi rata-rata 70,8. Berbagai batch digunakan dalam peningkatan ukuran *block* dan waktu habis batch. Hal ini disebabkan tingginya jumlah transaksi yang disebabkan oleh perlunya proses validasi enkripsi pada setiap transaksi. Gambar 4.12. juga menunjukkan bahwa peningkatan jumlah transaksi berdasarkan rata-rata disebabkan oleh dukungan perangkat keras.



Gambar 4. 12. Rata-rata batas waktu batch, jumlah transaksi, dan *endorser*

4.10 Endorsers

Eksperimen 1-31 menghasilkan total waktu 12,8 menit dengan total 3076 transaksi dengan pengujian *peer-to-peer* yang mempengaruhi *latency*. *Endorser* yang melakukan transaksi adalah petani, KUD, distributor, dan konsumen. Pada setiap percobaan, rata-rata *endorser* yang terlibat dalam beberapa percobaan adalah 1 detik dengan menggunakan *hardware* satu menghasilkan 23,03 transaksi, dan *hardware* 2 menghasilkan 6,18 transaksi. *hardware* 3 menghasilkan 4,84 transaksi, dan *hardware* 4 menghasilkan 2,36 transaksi.

4.11 Kesimpulan Teknologi *Ambient Intelligence*, *Supply chain management*, *Teknologi Hyperledger Fabric Blockchain*, *Sensor RFID (Radio Frequency Identification)*, dan *GPS (Global Positioning System)*

Orisinalitas dan kontribusi buku ini terletak pada integrasi teknologi *ambient intelligence*, *supply chain management*, teknologi *hyperledger fabric blockchain*, *RFID (Radio Frequency Identification)*, dan *GPS* sebagai media pelacakan informasi pertanian, harga, petani, KUD, distributor, dan konsumen. Hal ini bertujuan untuk mensimulasikan kolaborasi petani dan konsumen serta mengembangkan *smart agriculture* dari keputusan pemotongan jalur distribusi dengan menggunakan media keamanan data pada buku besar yang hanya diketahui oleh aktor yang terlibat saja. *Smart contract* untuk melindungi produk yang dihasilkan oleh petani maupun konsumen dan/untuk meningkatkan manfaat bagi petani.

Usulan penerapan teknologi *ambient intelligence* (Aml) untuk respon, kesadaran dan pendeteksian yaitu pengenalan dan pelacakan menggunakan sensor *RFID* untuk mengidentifikasi dan melacak barang serta aktor yang terlibat pada transaksi. Setiap store, barang dapat dilengkapi dengan tag *RFID* yang memungkinkan sistem untuk mendeteksi secara

otomatis item yang dibeli. Ketika pelanggan melewati titik pemeriksaan dan terhubung menggunakan teknologi *hyperledger fabric blockchain*, kesadaran dan aktivitas pada sistem Aml terdeteksi. Sensor RFID dapat mendeteksi keberadaan pelanggan dan produk yang mereka pilih. Data ini kemudian dianalisis dan dipahami preferensi dan perilaku belanja pelanggan. Deteksi kesadaran lingkungan dengan proses transaksi scan sensor RFID dapat membantu Aml untuk memahami keberadaan pelanggan. GPS digunakan untuk melacak lokasi pengiriman secara real-time, memungkinkan pelanggan untuk mengetahui perkiraan waktu kedatangan yang terhubung menggunakan teknologi *hyperledger fabric blockchain* sehingga dapat memantau dan melacak pergerakan rantai pasok dengan menggunakan *smart contract* di teknologi *blockchain* untuk mengotomatisasi transaksi jual beli. *Smart contract* dapat mengeksekusi perintah otomatis ketika kondisi tertentu terpenuhi, yaitu ketika pembayaran otomatis saat barang diambil.

Integrasi teknologi *ambient intelligence*, teknologi *blockchain*, dan RFID dapat membantu menciptakan *supply chain management* yang lebih efisien, transparan, dan adaptif. Hal ini dapat mengurangi fluktuasi permintaan dan penawaran sehingga dapat meminimalkan masalah *bullwhip*, yang pada akhirnya menguntungkan seluruh rantai pasok dan pelanggan. Prediksi yang lebih baik terdapat pada data yang tersimpan di RFID dan teknologi *blockchain* yang analitik. Kecerdasannya dapat mendeteksi keadaan sekitar dapat digunakan untuk memprediksi permintaan dengan lebih akurat, sehingga meminimalkan efek *bullwhip*.

Buku ini digunakan sebagai pemecahan permasalahan dan mencapai tujuan yang optimal dengan memotong alur distribusi dari 6 menjadi 4 rantai: petani, koperasi unit desa (KUD), distributor, dan konsumen. Variabel yang digunakan adalah variabel kebutuhan/permintaan konsumen, stok petani

dan KUD, harga petani, musim panen dan tanam, dan KUD. Eksperimen dalam buku ini menghasilkan 3.076 transaksi dalam waktu 769 detik dengan 4 endorser.

BAB V

TEKNOLOGI *BLOCKCHAIN SMART CONTRACT* UNTUK *SUPPLY CHAIN MANAGEMENT* DINAMIS BERBASIS *SERIOUS GAME*

Pada bab ini menjelaskan tentang permasalahan *dynamic supply chain* (DSC) untuk penjualan langsung tanpa perantara yang di simulasikan pada *Serious game*. Tujuannya untuk menyelesaikan permasalahan pada *supply chain management* dengan menggunakan teknologi *blockchain* berbasis *Serious game* dan *smart bidding* untuk penawaran harga petani. Untuk pengujian menggunakan metode *heuristic evaluation* berdasarkan *user interface* dan *user experience* terhadap kesesuaian fitur dan kebutuhan pengguna *Serious game*, sehingga dapat menimbulkan kenyamanan aktor terkait dalam transaksi menggunakan teknologi *blockchain smart contract*.

5.1 *Serious game* untuk simulasi dan optimasi *supply chain management* dinamis

Indonesia adalah negara agraris, sebagian besar penduduknya tinggal di pedesaan dan mata pencahariannya adalah pertanian. Sebagian besar petani Indonesia melakukan transaksi melalui proses distribusi yang sangat panjang sehingga berdampak besar pada harga jual bahan pangan pokok seperti beras, jagung, daging sapi, dan daging ayam. Salah satu penyebab tingginya harga pangan adalah alur rantai pasok yang terlalu panjang. Harga dari petani rendah tetapi tinggi saat sampai pada konsumen. Tahapan distribusi di Indonesia saat ini adalah dari produsen/petani ke distributor, lalu ke subdistributor, dari subdistributor ke agen, lalu ke grosir, dari grosir ke pengecer, dan terakhir ke konsumen. Pedagang

perantara mendapatkan keuntungan besar dari rantai pasok yang ada saat ini, sehingga merugikan petani. *Supply chain management* diharapkan dapat mengatasi sehingga petani dan konsumen mendapatkan keuntungan. Transaksi harus melalui koperasi yang membeli barang langsung dari petani dan menjualnya ke konsumen. Lokasi koperasi unit desa juga yang terjangkau dengan kawasan pertanian. Langkah ini bisa membuat harga komoditas primer stabil (Rachmawati, 2020).

Salah satu teknologi digital yang berkembang dalam industri teknologi adalah *blockchain*. *Blockchain* dapat menyimpan data secara pribadi dan aman. Dengan demikian, produsen dapat memperoleh informasi dengan cepat dan aman serta melakukan transaksi tanpa adanya pihak ketiga. *Blockchain* adalah teknologi yang diakui oleh industri manufaktur rantai pasok di dunia. *Blockchain* juga telah diterapkan dalam beberapa di bidang *supply chain management*. Teknologi *blockchain* adalah mekanisme basis data canggih yang membagikan informasi secara transparan dalam jaringan *blockchain*. Data dalam *blockchain* disimpan dan dihubungkan dalam jaringan block (Saber, Kouhizadeh, Sarkis, & Shen, 2018).

Struktur teknologi *blockchain* memiliki dua komponen: block header dan daftar transaksi yang mencakup teknologi *blockchain*, *genesis block*, *hashing*, *Proof of Work* (PoW) atau *Proof of Stake* (PoS), *node*, transaksi, dan *smart contract* (Bottoni et al., 2020).

Transaksi dalam *supply chain management* memerlukan suatu teknologi yang mendukung transparansi data. Teknologi *blockchain* mengamankan catatan data yang terdesentralisasi (buku besar). Teknologi *blockchain* dapat memverifikasi dan memvalidasi setiap transaksi. Setiap pelaku yang terlibat melalui skenario perjanjian kontrak (*smart contract*) yang memudahkan

pelacakan asal produk (Saberi, Kouhizadeh, Sarkis, & Shen, 2018) (Bottoni et al., 2020).

Smart contract dapat digunakan di berbagai industri, terutama industri yang melakukan perjanjian kontrak antara dua pihak yang melibatkan perantara. *Smart contract* dapat diterapkan sebagai kontrak yang diatur dalam undang-undang. Dalam hal ini diperlukan identitas penduduk resmi. Di Indonesia, kartu tanda penduduk dapat digunakan untuk memudahkan pelacakan identitas hukum. *Smart contract* dalam rantai pasok mungkin menguntungkan produsen dan konsumen jika transaksinya sesuai dengan undang-undang. Transaksinya juga menggunakan media elektronik seperti komputer, jaringan, dan lainnya yang ada di dalam *blockchain*. Koperasi Unit Desa dapat memantau kegiatan pengelolaan rantai pasok (Hasan et al., 2019).

Smart contract pada manajemen rantai pasok tidak hanya diterapkan pada industri pertanian saja namun juga dapat diterapkan pada industri lainnya.

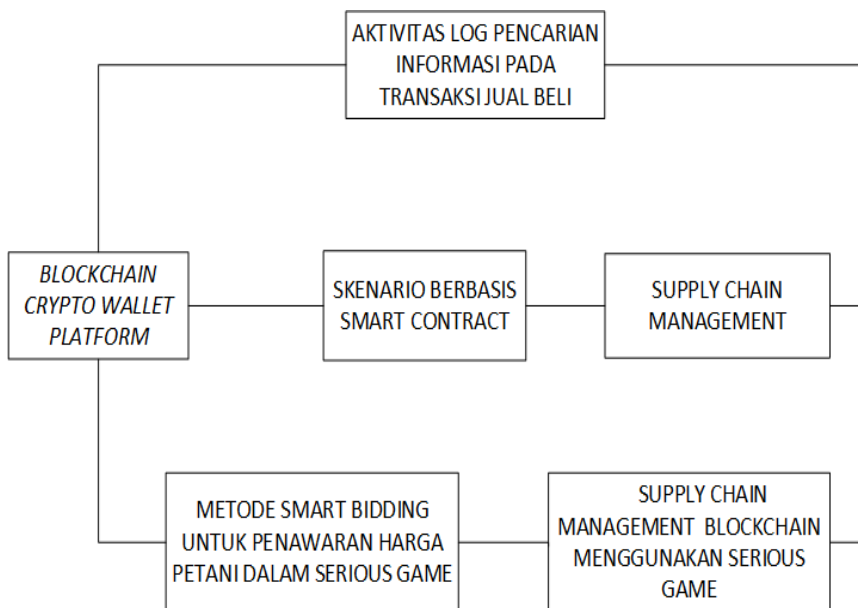
Banyak sektor dapat menggunakan *smart contract* untuk menjalankan bisnis secara efisien dan transparan. Di sektor logistik, *smart contract* digunakan untuk mengotomatisasi dan melacak pengiriman produk. Hal ini membantu memastikan visibilitas yang lebih baik, pemantauan real-time, dan otomatisasi proses pembayaran antar pihak yang terlibat dalam logistik (Hasan et al., 2019). Di sektor keuangan, *smart contract* dapat diterapkan di industri keuangan sebagai proses otomatis seperti pemrosesan pembayaran, kontrak penyelesaian, atau perjanjian keuangan lainnya. Pada sektor ini, dapat meningkatkan efisiensi, kecepatan, dan akurasi dalam transaksi keuangan. Di bidang asuransi, industri asuransi dapat menggunakan *smart contract* untuk mengotomatiskan pemrosesan dan penyelesaian klaim. *Smart contract* dapat

memvalidasi klaim berdasarkan parameter yang telah ditentukan dan mengatur pembayaran klaim secara otomatis tanpa campur tangan manusia (Borselli, 2020). Pada bidang properti dan real estate, transaksi yang dilakukan menggunakan *smart contract* dapat memfasilitasi perjanjian pembelian, penjualan, dan kontrak sehingga meningkatkan kepercayaan antara pihak-pihak yang terlibat (Garcia-Teruel, 2020). Dalam perdagangan global, perdagangan internasional dapat menggunakan *smart contract* untuk memfasilitasi proses pembelian, pengiriman, dan pembayaran. Transaksi lintas batas menjadi sederhana, efisien, dan aman *menggunakan smart contract* (Chang et al., 2020). *Smart contract* di industri mana pun memerlukan kebutuhan dan proses bisnis spesifik dalam industri tersebut. Penggunaan *smart contract* yang tepat di industri memiliki potensi yang sama seperti di bidang pertanian.

Transaksi penjualan antara koperasi unit desa (KUD) dengan konsumen memerlukan transparansi dan pertanggungjawaban data untuk memastikan transaksi bernilai dan aman. Penulis menawarkan *smart contract* berbasis *blockchain* yaitu *smart bidding* pada teknologi *blockchain*. Tawar-menawar transaksi otomatis antara petani dan koperasi unit desa dapat meningkatkan keuntungan petani berdasarkan harga pokok penjualan dan nilai tukar pertanian. Harga pokok penjualan merupakan suatu indikator di Indonesia yang menggambarkan bagaimana petani dapat memperoleh produk atau jasa yang dihasilkan dari sektor pertanian sebagai pencapaian harga yang optimal. (Chang et al., 2020)

Banyak aplikasi di beberapa platform aplikasi startup B2B (*business-to-business*) yang menjangkau pemasok dengan harga murah antara perantara, petani, dan konsumen seperti AgroMall, Ula, dll, namun aplikasi tersebut memiliki kekurangan antara lain ketergantungan kemitraan yang mempengaruhi

ketersediaan produk, kualitas layanan, keamanan data transaksi, stok, dan preferensi pembeli. Aplikasi DApp berbasis teknologi *blockchain* dapat menghilangkan perantara dalam rantai pasok untuk mencapai optimalisasi harga, menjadikan transaksi Dapp mudah dan aman bagi pengguna (Kim, 2019). Dari beberapa penelitian terkait (Borselli, 2020; Chang et al., 2020; Garcia-Teruel, 2020; Hasan et al., 2019; Javaid et al., 2021; Nalinipriya et al., 2019; Rachmawati, 2020; Saberi, Kouhizadeh, Sarkis, & Shen, 2018; Vicky & Suryono, 2023), dapat disimpulkan bahwa diperlukan untuk mencari solusi. Mengembangkan simulasi berbasis *Serious game* dapat mendukung operasional manajemen rantai pasok dalam mengambil keputusan. Beberapa tahun terakhir ini banyak sekali perkembangan teknologi pada *game*. Salah satunya adalah *Serious game* berbasis simulasi. Dengan gambaran simulasi pemodelan, input, *output*, dan konten, *Serious game* ini dapat digunakan sebagai media pembelajaran untuk mengeksplorasi lingkungan belajar. Pada *game* pertanian ini, pemain divisualisasikan memiliki lahan pertanian sendiri. *Game* ini dapat mengatur dan mengelolanya seolah-olah menjual barang (GuoHua et al., 2021). Permainan tersebut dapat digunakan untuk menanam sumber daya pertanian seperti jagung, gandum, kapas, dan jerami. Kemudian, hasil panen tersebut dijual melalui keranjang pengiriman yang juga dapat menjual barang-barang tersebut di pasar sosial, serta fitur hadiah, buku besar di *blockchain*. (Aouam et al., 2013; Kim et.al., 2019). *Game* ini juga dapat menunjukkan transparansi penelusuran data transaksi dan telah disimulasikan untuk petani yang mengelola peternakan raksasa, namun, hanya beberapa *game* pertanian yang dapat membuat harga stabil, memenuhi kebutuhan konsumen, dan menguntungkan petani.



Gambar 5. 1. Bagian Teknologi *blockchain smart contract* dari *supply chain management* berdasarkan pada *Serious game*

Kebaruan dari buku ini adalah Teknologi *blockchain smart contract* dan rantai pasok yang dapat mengelola teknologi buku besar terdistribusi dalam pemodelan baru *blockchain*. Hal ini bertujuan untuk menyediakan penyimpanan data terpusat, menjaga privasi data, dan kecepatan pada rantai yang melibatkan banyak penyimpanan (*private database*). Data-data tersebut terintegrasi satu sama lain (*ledger*) melalui jalur distribusi, sehingga memudahkan petani dalam memaksimalkan hasil pertaniannya. Metode baru digunakan untuk mengoptimalkan saluran distribusi baru yang disimulasikan dalam *Serious game* pada aktor petani, koperasi unit desa (KUD), distributor, dan konsumen.

Buku ini berkontribusi dalam menganalisis dan memodelkan teknologi *blockchain* pada rantai pasok untuk mendukung petani dalam memutuskan memotong saluran

distribusi dengan *distributed ledger*. Buku ini juga mendemonstrasikan transaksi data secara transparan dan mengoptimalkan harga menggunakan *smart bidding* teknologi *blockchain* berbasis *smart contract* melalui *Serious game*. *Serious game* juga dapat diterapkan sebagai media pembelajaran dalam produksi pertanian. *Smart bidding* menggunakan teknologi *blockchain smart contract* untuk mengoptimalkan harga antara petani dan koperasi desa dalam membeli dan menjual produk atau layanan. Sehingga transaksi tawar menawar otomatis dapat meningkatkan keuntungan petani.

Teknologi *blockchain* merupakan salah satu inovasi perkembangan teknologi saat ini. Teknologi *blockchain* memungkinkan dapat mengubah cara kita dalam mengelola data dan transaksi. Teknologi *blockchain* merupakan sebuah buku besar digital yang terdesentralisasi dalam mencatat transaksi dalam bentuk *block - block* yang terhubung sehingga jaringan node aktor terkait dapat memverifikasi setiap transaksi (Law, 2017).

Jaringan *node* yang berpartisipasi memverifikasi setiap transaksi; setelah diterima, informasi tersebut dienkripsi dan ditambahkan ke *blockchain*, sehingga menghasilkan rantai transaksi yang aman dan tidak dapat diubah sehingga informasi yang disimpan tidak mungkin dimanipulasi.

Struktur teknologi *blockchain* mencakup *block* yang merupakan unit dasar dari teknologi *blockchain*. Setiap *block* berisi data seperti beberapa transaksi. Setiap *block* memiliki dua komponen utama: *block header* dan daftar transaksi. *Block header* berisi metadata seperti *timestamp*, *hash* dari *block* sebelumnya (kecuali *blok genesis*), dan *nonce* (angka acak yang digunakan dalam proses pencarian bukti kerja yang biasa disebut bukti kerja. Daftar transaksi adalah bagian dari *block*

yang berisi transaksi-transaksi yang termasuk dalam *block* tersebut.(Bottoni et al., 2020).

Teknologi *blockchain* adalah rangkaian *blok* berjenjang yang terhubung. Setiap *blok* merujuk ke *block* sebelumnya melalui *hash block* sebelumnya. Sementara itu, headernya menciptakan hubungan berantai. *Genesis block* adalah *block* pertama di teknologi *blockchain*. *Block genesis* tidak memiliki *block* sebelumnya untuk dihubungkan dan biasanya berfungsi sebagai titik awal dari teknologi *blockchain*.

Hashing adalah proses kriptografi data dari sebuah *block*, termasuk data transaksi dan *header block* yang diubah menjadi *string numerik* dengan panjang tetap yang dikenal sebagai *hash*. *Hash* dari *block* sebelumnya dimasukkan ke dalam *header blok* saat ini. *Hash* seluruh *block* digunakan untuk memverifikasi integritas data dan hubungan antar *block*.

Mekanisme *konsensus proof of work* (PoW) yang digunakan oleh teknologi *blockchain* mengharuskan penambang untuk memecahkan masalah matematika yang kompleks untuk menambahkan blok baru pada teknologi *blockchain*. Mekanisme *konsensus proof of stake* (POS) yang digunakan oleh teknologi *blockchain* mengharuskan pemegang koin untuk memberikan sejumlah koin mereka sebagai jaminan dan secara acak memilih aktor yang valid untuk diblokir. Proses ini adalah bagaimana konsensus mengenai transaksi baru dicapai dalam jaringan teknologi *blockchain*.

Node adalah komputer atau perangkat dalam jaringan *blockchain* yang berpartisipasi dalam memvalidasi transaksi dan menjalankan perangkat lunak *blockchain*. Ada dua jenis *node* utama: *node penuh* yang menyimpan seluruh riwayat *blockchain* dan *node ringan* yang hanya menyimpan sebagian data.

Transaksi adalah data yang ditambahkan ke blok yang mencatat transfer aset kripto atau informasi lainnya dalam jaringan *blockchain*. Transaksi dalam buku ini adalah User Registration (UR), FarmerStock & FarmerShop (FSH), FarmerKUDTransaction (FK), KUDStock (KS) & KUD Shop (KSH), KUDConsumerTransaction (KD), FarmerAuction (FA), FarmerKUDBidding Transaction (FBT) dan Customer Stock (CS).

Smart contract adalah program independen yang berjalan di dalam *blockchain* dan dapat mengotomatisasi berbagai fungsi perjanjian. *Smart contract* bekerja secara otomatis ketika kontrak dipenuhi. Struktur dasar teknologi *blockchain* yang digunakan dalam jaringan mata uang kripto adalah bitcoin dan ethereum, serta dalam aplikasi lain di luar mata uang kripto, seperti rantai pasok. *Blockchain* menyediakan dasar yang aman dan terdesentralisasi untuk mencatat dan mengamankan data transaksi.

Buku yang berfokus pada teknologi *blockchain* dalam *smart contract*, merupakan perjanjian digital formal menggunakan teknologi buku besar. *Smart contract* yang menggunakan protokol DLT, Ethereum, EOSIO, dan hyperledger fabric saat ini berkembang pesat (Santos et al., 2021). Buku ini menggunakan *Ethereum smart contract*.

Supply chain management dan teknologi *blockchain* bersifat transparan dalam setiap pelacakan real-time dari setiap transaksi dalam rantai pasok. *Blockchain* dapat membantu dalam mengoptimalkan manajemen inventaris dengan informasi real-time untuk menentukan permintaan dan pasokan produk di seluruh rantai pasok dan dapat mengurangi terjadinya bullwhip. Teknologi *blockchain* juga memiliki keandalan data untuk mencegah penyimpangan atau pemalsuan data. Teknologi *blockchain* dapat memfasilitasi pembayaran otomatis yang aman pada rantai pasok dalam *smart contract*. Teknologi *blockchain*

dienkripsi dengan kriptografi sehingga keamanan transaksi terjamin.

Teknologi *Blockchain* dan *smart contract* adalah teknologi yang memungkinkan peningkatan manajemen rantai pasok. Sistem teknologi ini dapat dimanfaatkan dalam pengambilan keputusan untuk mengoordinasikan hubungan kontraktual antara pihak-pihak yang tidak bertemu satu sama lain yang terhubung dalam buku besar *blockchain*. Rantai pasok harus menjamin produk pertanian sebelum dikirimkan ke konsumen; dalam hal ini, diperlukan *smart contract* untuk mengevaluasi keamanan pangan (Bottoni et al., 2020). Skenario transaksi dalam *smart contract* terjadi antara perjanjian dari aktor yang tercatat di rantai node, diterapkan di *blockchain*, dan diverifikasi secara otomatis oleh sistem (Law, 2017; Su et al., 2019). *Smart contract* mengimpor data secara transparan, dapat ditelusuri, dan efisien ke dalam rantai pasok. Platform *blockchain* Ethereum menyediakan antar muka bagi pengguna untuk mengamankan privasi mereka menggunakan bahasa pemrograman "Solidity"(Qu et al., 2019).

Farmerchain pada sistem *supply chain management* merupakan optimisasi perjanjian digital menggunakan *blockchain* tanpa perantara untuk mengidentifikasi keaslian, informasi, dan kuantitas produk (Reddy et al., n.d.). Model *blockchain* berbasis ethereum adalah jaringan aplikasi terdesentralisasi (Dapp) untuk menampilkan data real-time secara transparan dan aman karena berjalan di jaringan *blockchain*. Sistem *blockchain* bekerja tanpa campur tangan manusia untuk mengurangi kesalahan (Naga Nithin et al., 2021).

Pada umumnya, petani masih mengirimkan bahan baku ke konsumen dengan cara tradisional sehingga proses transaksinya memakan waktu lama. Rantai pasok berbasis *blockchain* digunakan dalam jaringan manajemen rantai pasok untuk

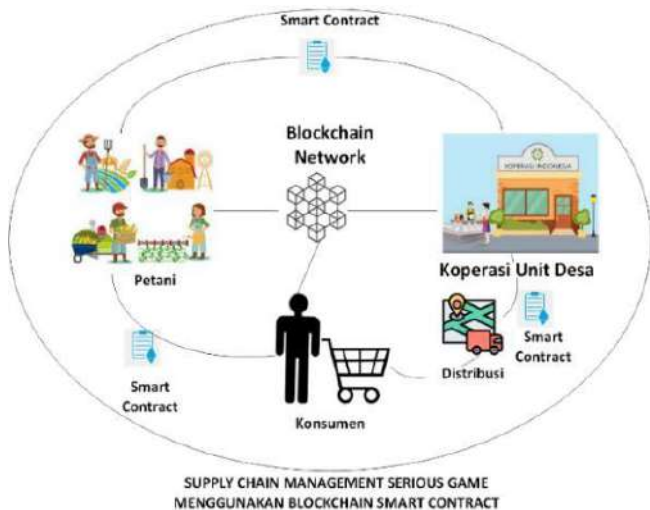
memberikan informasi produk, harga distribusi, dan pelacakan harga dalam jaringan keamanan karena keamanan data, keaslian, dan waktu dikelola dengan tepat (Turjo et al., 2021, Yoo et al., 2018). Rantai pasok dapat mempermudah pemesanan dan transaksi serta melacak dan memperbarui informasi pengiriman dari petani ke konsumen.

Serious game pada *supply chain management* juga digunakan sebagai tahap awal untuk merencanakan produk pertanian dan memberikan informasi jumlah dan harga produk. Sedangkan *game* simulasi sebagai pengambil keputusan berkolaborasi dengan perusahaan dengan pesanan dalam jumlah besar (Aguiar et al., 2018), (Didactical Concepts and Evaluation of a Supply Chain... - Google Scholar, 2022). *Serious game* juga digunakan untuk mengambil keputusan strategis dalam rantai pasok dari bullwhip effect (Ştefan et al., 2019).

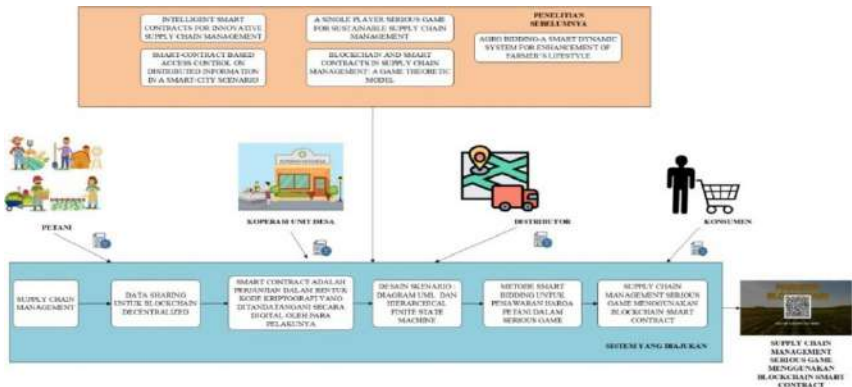
Serious game mendukung ketahanan rantai pasok untuk mengambil keputusan dalam bertransaksi. Jika transaksi tidak melalui perantara, hal ini dapat memaksimalkan keuntungan bagi para aktor (Nonaka et al., 2016). *Serious game* sebagai media untuk mengamankan transaksi pada manajemen rantai pasokan berdasarkan observasi (Aguiar et al., 2018).

Penelitian terkait (Aguiar et al., 2018; Arif et al., 2021; Bottoni et al., 2020; Buccafurri et al., 2020; Didactical Concepts and Evaluation of a Supply Chain... - Google Scholar, 2022; Economics, 2020; Kannengieser et al., 2022; Law, 2017; Muriyatmoko et al., 2016; Naga Nithin et al., 2021; Nonaka et al., 2016; Qu et al., 2019; Reddy et al., n.d.; Ştefan et al., 2019; Su et al., 2019; Turjo et al., 2021; Yoo et al., 2018) membahas *supply chain management*, *smart contract*, *blockchain*, dan *Serious game* yang diintegrasikan yang ditunjukkan pada Tabel 5.1. Mereka digunakan untuk memfasilitasi pelacakan informasi di jaringan buku besar *blockchain*. Fokus Buku ini mengenai *supply chain*

management yang terhubung dengan *blockchain* dan *smart contract* masih menjadi tantangan. Oleh karena itu, kami mengusulkan smart agriculture berbasis game yang berkolaborasi dengan rantai pasok baru menggunakan *smart contract* dan *blockchain* yang menghubungkan petani, koperasi, dan konsumen tanpa melibatkan perantara (Putri et.al., 2023).



Gambar 5. 2. Gambaran umum sistem *supply chain management*



Gambar 5. 3. Sistem yang diusulkan

Gambar 5.3 menunjukkan bahwa peserta yang terlibat dalam pertanian cerdas dan manajemen rantai pasok adalah petani, koperasi unit desa (KUD), distributor, dan konsumen. Setiap transaksi harus menggunakan *smart contract* dan terhubung dengan jaringan *blockchain* yang terdesentralisasi. Setiap node yang terhubung memiliki akun polygon ethereum yang tertaut dalam *smart contract*. Transaksi, termasuk panen, penjualan dan pembelian, serta penelusuran log aktivitas, disimpan di Redis Enterprise, MongoDB Compass, dan Unity 3D Development Platform. Aktor-aktor yang terlibat dalam node jaringan *blockchain* dijelaskan berikut:

- a. Petani merupakan penyedia atribut yang mengelola produksi crops mulai dari tanam, berbuah, panen, nama petani, lokasi panen, jumlah stok, kondisi panen, tanggal kadaluwarsa, hingga harga.
- b. Koperasi unit desa adalah penyedia atribut yang membeli hasil panen dari petani dan menerima log aktivitas pada setiap transaksi. Hasil produksi petani dijual ke konsumen. Koperasi unit desa merupakan badan usaha di pedesaan yang menyediakan kebutuhan sehari-hari yang berkaitan dengan kegiatan pertanian.
- c. Distributor merupakan penyedia atribut yang mengantarkan barang dari Koperasi unit desa kepada konsumen.
- d. Konsumen adalah individu atau kelompok pembeli yang membeli produk dan menerima catatan aktivitas dari koperasi unit desa.

5.2 Certificate Authority (CA) untuk *Supply chain management* Menggunakan Teknologi *Blockchain*

Certificate Authority (CA) adalah aplikasi yang terdaftar untuk game *blockchain* berdasarkan *supply chain management*. Pengguna menerima otoritas dan informasi kriptografi untuk menyusun jaringan *blockchain*. CA berisi kode rantai yang terhubung dan diterapkan pada saluran menggunakan rekan. Kode rantai ini memuat petunjuk transaksi produk pertanian yang mendukung harga yang sesuai. Transaksi tersebut terhubung dengan rekan kebijakan dan kode *blockchain*.

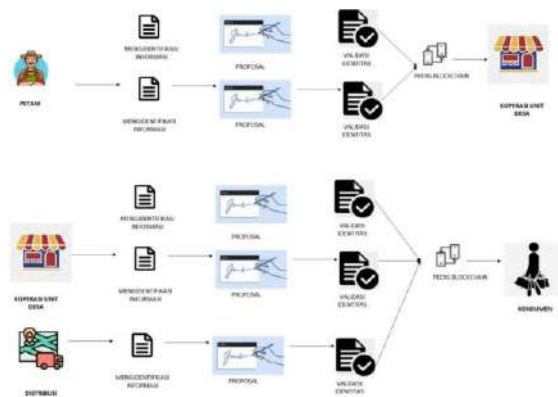
Game ini dikembangkan menggunakan Unity 3D Development Platform, kontrak bahasa pemrograman menggunakan Solidity, Moralis sebagai Web3 Development Platform dan dApp sebagai backend *blockchain*, network environment, Polygon Ethereum, dan Database Redis Enterprise, MongoDB Compass, dan Mumbai Testnet. Otoritas sertifikat memverifikasi identitas pemegang sertifikat sebelum menerbitkan sertifikat. Tindakan ini membantu menjaga keamanan dan otentikasi yang melibatkan kunci kriptografi. Manajemen digital dari sertifikat otoritas soliditas adalah pengembang *smart contract* game itu sendiri. Pengembang menentukan aktor yang terlibat dalam sistem *smart contract*. Kontrak tersebut bersifat pribadi dan hanya dapat diakses oleh pengguna yang mewarisinya (Galli et al., 2021).

Network environment berbasis ethereum, *backend blockchain* adalah moralis sebagai Web3, dan basis datanya adalah redis enterprise. MongoDB Compass, Mumbai Testnet, cari transaksi, alamat, dan token di *blockchain* polygon. Gambar 5.4 adalah urutan pengembangan platform yang digunakan dalam buku ini. Metamask adalah plugin browser yang berfungsi sebagai dompet kripto berbasis polygon Ethereum. Sementara platform pengembangan game menggunakan Unity 3D, bahasa

pemrograman berbasis solidity dan polygon ethereum. Backend *blockchain* adalah Moralis sebagai Web3, dan basis datanya adalah Redis Enterprise, MongoDB Compass, Mumbai Testnet untuk mencari informasi pada transaksi alamat dan token di *blockchain* polygon.



Gambar 5. 4. Platform pengembangan *smart contract supply chain management* pada *Serious game*



Gambar 5. 5. Ilustrasi transaksi *smart contract Serious game* pada *supply chain management*



Gambar 5. 6. Verifikasi transaksi *blockchain* dan game

Gambar 5.5 dan Gambar 5.6 transaksi pada node rantai terhubung ke *blockchain*. Petani, Koperasi Unit Desa, distributor, dan konsumen diidentifikasi sebagai aktor ketika masuk ke

platform. Jika terdaftar di platform, maka akan memproses *smart contract* dan dikenali serta terhubung ke jaringan *blockchain*.

5.3 Skenario Transaksi *Smart contract* Berbasis *Blockchain*

Skenario pada game blockhain terdiri dari sepuluh *smart contract* untuk melakukan inovasi *supply chain management* yaitu User Registration (UR), Farmer Stock (FS), Farmer Shop (FSH), Farmer KUD Transaction (FK), KUD Stock (KS), KUD Shop (KSH), Farmer Auction (FA), Farmer KUD Bidding Transaction (FBT), KUD Consumer Transaction (KD) & Consumer Stock (CS).

UR berisi pendaftaran contract dan proses transaksi pada game. FS berisi identifikasi stok tanaman yang dilakukan oleh petani, FSH berisi informasi stok petani yang akan dijual ke koperasi unit desa, FK berisi transaksi antara petani dengan Koperasi Unit Desa, contract KS berisi informasi penjualan stok di koperasi unit desa, KSH berisi informasi stok di Koperasi Unit Desa yang akan dijual ke konsumen, KD berisi informasi transaksi antar Koperasi Unit Desa, distributor dan konsumen, CS berisi informasi stok dan konsumen.

UR adalah tahap awal permainan, yang dimulai dengan pemindaian akun dompet tertaut di metamask, data ID UR, nama pengguna, peran, email, EthAddress, dan auth_data_moralisEth. Semua data disimpan secara permanen. Setiap aktor diberi fungsi peran dari alamat UserRegistrationUR() yang dapat mengidentifikasi aktivitas setiap peran. Dengan demikian, dapat lebih mudah mendapatkan informasi dan menelusuri transaksi yang dilakukan pelaku.

FS adalah petani melakukan proses menanam dan memanen hasil panennya kemudian menyimpan data FS dengan menyebutkan nama tanaman, alamat petani, jumlah panen,

tanggal panen, tanggal kedaluwarsa, kondisi, dan harga. Data yang ditampilkan di FSH memberikan alamat kontrak dari FarmerStockFS() ke FarmerShopFSH() untuk dijual, seperti terlihat pada Tabel 4.1.

FK merupakan kontrak transaksi penjualan antara petani dengan koperasi unit desa yang memuat ID transaksi, ID stok, alamat petani, Alamat KUD, alamat konsumen, nama tanaman, harga tanaman, kualitas, kondisi, tanggal kedaluwarsa, tanggal panen, hash transaksi, jumlah dalam matic, rate matic in IDR, session token, dan nama kelas. Setiap transaksi kontrak terkait muncul sebagai perintah untuk *smart contract* dan terhubung ke penyimpanan transaksi permanen *blockchain*. Tabel 5.2 menunjukkan respon informasi ID terhadap alamat kontrak petani. Tabel 5.2 dan 5.3 menampilkan informasi relevan data kontrak dari Tabel 5.4 dengan FarmerKUDTransactionFK(). Transaksi mencapai konsensus disimpan di MongoDB Compass dari transaksi penjualan dari petani ke Koperasi Unit Desa FK.

KS merupakan Koperasi Unit Desa yang menyimpan hasil panen yang dibeli dari petani dan transaksi FK. Koperasi Unit Desa menyimpan barang di

KSH dan dapat dijual kembali ke konsumen dengan menggunakan fungsi KUDStockKS ().

KD adalah KSH yang membuat produk dijual kepada konsumen dengan transaksi berdasarkan keterlusuran informasi yang relevan. Transaksi harus melewati *smart contract* dari FS dan FH di *blockchain* dengan menampilkan alamat petani, alamat KUD, tanggal kedaluwarsa, dan hash txn. Tabel 5.5 menunjukkan transaksi menggunakan fungsi KUDCustomerTransaction KD(). Tabel 5.6 menunjukkan transaksi setelah produk terjual dari Unity 3D ConsumerStock CS(). Tabel 5.8 adalah detail transaksi CS penjualan KD yang

dihubungkan dengan alamat kontrak distribusi yang tertera pada ID, alamat KUD, alamat petani, alamat konsumen, kondisi, tanggal kedaluwarsa, tanggal panen, jumlah, dan harga tanaman.

Serious game berbasis penawaran cerdas menggunakan *game smart contract*. Ada dua mekanisme penawaran cerdas dalam *blockchain smart contract*:

- a. `FarmerAuctionFA()` adalah penawaran cerdas di sisi petani. `FarmerAuction` adalah database lelang petani. Di `FarmerAuction`, banyak penawaran dari beberapa akun Koperasi Unit Desa dalam dompet bersama. Hanya ada satu transaksi yang disepakati antara petani dengan Koperasi Unit Desa padahal hasil yang didapat adalah penawaran dari beberapa Koperasi Unit Desa.
- b. Transaksi `FarmerKUDBiddingFBT()` adalah Smart Bidding di sisi KUD. Transaksi `FarmerKUDBiddingFBT()` adalah transaksi yang dilakukan oleh seorang petani yang menyetujui tawaran lelang atas hasil panennya dan harga tertinggi dari salah satu Koperasi Unit Desa yang dipilihnya sebagai harga jual akhir dalam smart bidding.

Tabel 5. 1. Contoh informasi transaksi penjualan dari fs & fsh

ID petani	Hasil panen	Tanggal panen	Tanggal kadaluarsa
hwsEvGYAgVKBmskU	Sun Flowers	12/17/2022	12/27/2022
7FkzwsFPPi	Tomato	02/08//2023	02/11//2023
3Dnqr66i35	Corn	04/10/2023	04/17/2023
...	...	...	...

Tabel 5. 2. *Smart contract* dari fs & fsh ke fk

ID Petani	Dari	TxnHash
hwsEvGYAgVKBmskU	0x193df0d05e32958f3318b7922Be3d050	0x2855339.... 017876c6c5ee259
7FkzwsFPPi	0x51dc845abec737d34dcec2e0b62385d6fe4e7	0x5021f25579... fc05b44bc10beb2
3Dnqr66i35	0x73b942459..... 48fe8db18	0x8417f0fa0b285... 4ec29ed89b6d92
...	...	...

Tabel 5. 3. Transaksi penjualan *smart contract* dari fk pada *contract* batch nomor transaksi penjualan txnhash pada tabel 5.2.

TxnHash	Block	Dari KUD	Untuk	Timestamp	Value	Transaction Fee
0x2855339 017876c6c 5ee259	30772 690	0x193d 780bb2 f8	0xb8ad.... 78228e3d 050	39 second (Jan-10- 2023 08.24.37	0,226380 9 Matic	0,00003150 0315 Matic
TxnHash	Block	Dari KUD	Untuk	Timestamp	Value	Transaction Fee
0x5021f2557 958ff1b... 343ab8cfc05b 44bc10beb2	33537 773	0xfed1 4b..... 9fe719 dce	0x51dc..... 2385d6fe 4e7	11 days 23 hrs ago (Mar-25- 2023 05:34:13 AM +UTC)	0.478087 7 Matic	0.00008145 1144887 MATIC
0x8417f0fa0b 285...	34202 143	0xef25 b971f...	0x73b9.... 48fe8db1	14 hrs 53 mins ago	0.159362 6 Matic	0.00003150 0000336

TxnHash	Block	Dari KUD	Untuk	Timestamp	Value	Transaction Fee
4ec29ed89b6d92		a9568d	8	(Apr-10-2023 01:44:31 PM +UTC)		Matic
...	...	...	...	...	...	...

MonggoDB, yang terdiri dari alat interaktif, digunakan untuk menanyakan, mengoptimalkan, dan menganalisis data pada *blockchain*. MongoDB pada transaksi penjualan antara petani dan Koperasi Unit Desa. Transaksi ini disimpan di MongoDB, Unity 3D, dan Redis Enterprise Database. Nomor batch transaksi FK, transaksi hash menyimpan query dari Farmer Stock. Transaksi Farmer Shop berisi ID transaksi, alamat petani, alamat koperasi unit desa, jumlah transaksi di matic, rate matic, hash transaksi IDR, dan nama kelas. Tabel 5.5 Koperasi Unit Desa menyimpan stok hasil penjualan dan membuka penjualan di KD melalui kontrak pada Koperasi Unit Desa. Transaksi konsumen dengan menampilkan pemilik, nama produk, ETH From, dan TxnHash.

Tabel 5.6 menunjukkan kontrak yang disepakati antara konsumen dengan Koperasi Unit Desa, kemudian hasil transaksi penjualan game *blockchain* menyimpan data yang muncul di Unity 3D. Tabel 5.7 berisi rincian transaksi konsumen dan stok yang diverifikasi dan dicatat dalam buku besar pada game *blockchain* dari transaksi penjualan dari Koperasi Unit Desa dan konsumen. Tabel 5.8 dan 5.9 Detail transaksi pada FarmerAuctionFA() dan transaksi FarmerKUDBiddingFBT() berbasis smart bidding disepakati antara petani dengan Kopersi Unit Desa.

Tabel 5. 4. Transaksi MongoDB compass untuk penjualan dari FK dalam hash transaksi nomor batch kontrak pada tabel 4.3.

<i>Id</i>	<i>ID</i> <i>Transaksi</i>	<i>Alamat</i> <i>Petani</i>	<i>Alamat</i> <i>KUD</i>	<i>Amount</i> <i>In</i> <i>Matic</i>	<i>Rate</i> <i>Matic</i> <i>IDR</i>	<i>Transaction</i> <i>Hash</i>	<i>Class</i> <i>Name</i>
5DlonR FelA	11020238 2435 AM469	0xb9aD 9975... 22be3d 050	0x193df.. ..780bbb 2f8	0.22638 0929	13252	0x28553... 017876c5ee25 9	Farmer KUD Transa ction
7Fkzws FPPi	32520235 3410AM5 82	0x51dc 845abec ...5d6fe 4e7	0xfed14b ...89fe71 9dce	0.47808 7664	12550	0x5021f25579 58... d4..b44bc10be b2	Farmer KUD Transa ction
zVNRe k6GO7	41020231 4431PM34 2	0x73b9 42459.. 48fe8db 18	0xef25b9 71f...a95 68d	0.15936 2555	12550	0x8417f0fa0b 28522f 1877ae...c29e d89b6d92	Farmer KUD Transa ction
...	...	...	...	...	...	...	...

Tabel 5. 5. Daftar ks & ksh dari kontrak ke kd

Pemilik	Hasil Panen	ETH From	TxnHash
iNwipPfmCOBD qKecGT.	Sunflowers	0x193d..... 780bb2f8	0x28553391eb.... 017876c5ee259
fEAGB73cFp	Mid Tomato	0xfed14b9fe719d ce	0x5021f25579 58ff1b71b6c... cfc05b44bc10beb2

Pemilik	Hasil Panen	ETH From	TxnHash
ql6m9e7k22	Corn	0xef25b971f...a9568d	0x19d2fda474f48565.....3e7a13cc9e0e97c17468
...	...	...	...

Tabel 5. 6. CS dari unity 3d ke kontrak Koperasi Unit Desa ke konsumen

Nama hasil panen	Petani	KUD	Distributor	Konsumen
Sunflowers	0xb8ad.... 78228e3d050	0x193df.... 780bbb2f8	0x5031170 1fbc5deb..	0x9cdc4d6141ed129e5c8045
Nama hasil panen	Petani	KUD	Distributor	Konsumen
Mid tomato	0x51dc845.... c2385d6fe4e7	0xef25b971... ed08a9568d	0xc59b27640c c8b9f..	0xef25b971f9dc... 08a9568d
Corn	0x73b942459.... 48fe8db18	0xef25b971f ...a9568d	0xc59b2764 0cc8b9f4..	0xef25b971f9d.. " c3ed08a9568d
...	...	...	...	...
ETH From		TxnHash		
0x9cdcd61ed12 780b bb2f8		0x877ed5dc6eec.....2ce45530b40d		
0xef25b971f9dc08a 9568d		0xfe57568069.....2fbc9eda70		
0xef25b971f		0x19d2fda474f4		

.....a956 8d	 3e7a13cc9e0e97c17 468
...	...

Tabel 5. 7. Rincian transaksi transaksi penjualan cs kd

<i>TxnHash</i>	<i>Block</i>	Dari Konsumen	Untuk	<i>Timestamp</i>	<i>Value</i>	<i>Transaction Fee</i>
0x877ed5d c6eecb0851... 45530b40d	3077	0x9cdc4 6141ed ...95910Ba 9ae	0x9cdcd61ed 12 780bbb 2 f8	41 Second (Jan-10- 2023)	0,2645 303 Matic	0,00003150 000315 Matic
0xfe575680 6980..cc12b2f bc 9eda70	34021 257	0xef25b97 1f9d..3ed0 8a9568d	0xfed14b625 1...fe719dce	2 hrs 7 mins ago (Apr-06- 2023)	1.5139 44 Matic	0.00003150 0000336 Matic

**Tabel 5. 8. Rincian transaksi *Serious game* farmerauctionfa()
berbasis smart bidding**

<i>Id</i>	Alamat Petani	Hasil Panen	Tgl Panen	Tgl Expired	Harga Petani	<i>LastBidder Time</i>
5Dlon RFelA	0xb9aD9 975... 22be3d05	Sunflowers	06/20/ 2023	07/20/ 2023	Rp 4.300.000	41 Second (Juny-20- 2023)
7Fkz	0x51dc84	Mid	06/15/	06/18/	Rp	50 Second

Id	Alamat Petani	Hasil Panen	Tgl Panen	Tgl Expired	Harga Petani	LastBidder Time
wsFP Pi	5abec... 5d6fe4e7	Tomato	2023	2023	9.000.000	(Juni-15-2023)
zVNR ek6G 0 7	0x73b942 459.... 48fe8db18	Corn	06/20/ 2023	06/28/ 2023	Rp 13.600.000	41 Second (Juni-20-2023)
...	...	...	...	...	...	...

Tabel 5. 9. Detail transaksi transaksi *Serious game* berbasis smart bidding pada farmerkudbiddingfbt()

Id	ID Transaksi Bidding	Alamat Petani	Alamat KUD	Hasil Panen	Jumlah	Tgl Panen	Auction Price	Accepted BidTime
5DlonRFe IA	22020238 2435BT4 69	0xb9ad9 975... 22be3d0 50	0x193df.. ..780bbb 2f8	Sun flowers	1 quintal	06/20/2 023	Rp 4.300. 000	41 Second (Juni-20-2023)
7FkzwsF PPi	220202382 435BT470	0x51dc8 45abec... 5d6fe7	0xfed14b ...89fe71 9dce	Mid Tomato	5 quintal	06/15/2 023	Rp 9.000. 000	50 Second (Juni-15-2023)
zVNRek6 G07	220202382 435BT471	0x73b94 2459.... 48 fe8db	0xef25b9 71f...a95 68d18	Corn	8 quintal	06/20/2 023	Rp 13.600. 000	41 Second (Juni-20-2023)

5.4 Arsitektur Transaksi Smart contract Supply chain management berbasis Serious game.

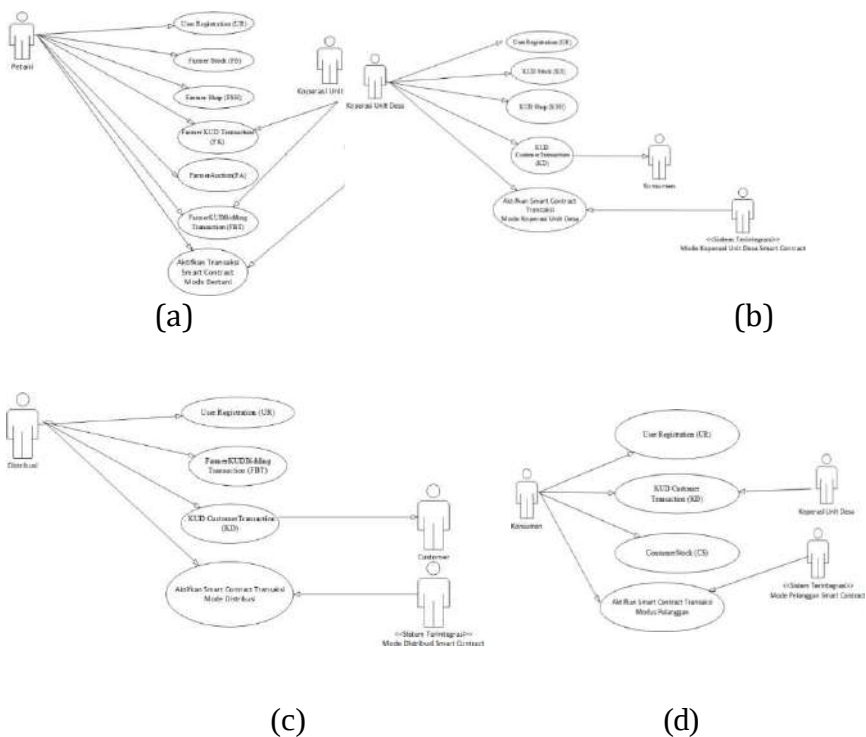
Arsitektur transaksi *smart contract blockchain supply chain management* berbasis *Serious game* dapat dilihat pada gambar 5.6. Urutan seluruh transaksi dari game *smart contract blockchain* berbasis manajemen rantai pasok mencakup data kontrak dan transaksi kontrak mulai dari registrasi produk, penjualan, dan pembelian, transaksi kontrak, transfer informasi, distribusi, dan ketertelusuran data dalam rantai pasokan pertanian. Buku ini telah menjelaskan secara rinci implementasi aktor, yaitu petani, Koperasi Unit Desa, distributor, dan konsumen. Langkah-langkah yang dilakukan oleh para aktor yang terlibat adalah:

1. Petani melakukan transaksi yang harus melalui proses registrasi melalui QR (Quick Response) Code yang terhubung dengan fungsi `UserRegistrationUR()` melalui akun dompet metamask. Alamat kontrak petani secara otomatis terhubung dengan `FarmerStockFS()` dan `FarmerShopFSH()`. Akun-akun tersebut digunakan untuk stok petani, toko petani, dan KUD petani.
2. Transaksi jual beli pada `FarmerKUDTransactionFK()` antara petani dengan Koperasi Unit Desa. Transaksi fungsi `ContractAddress()` di alamat kontrak ditambahkan ke konsensus di node jaringan informasi, kumpulan sistem *blockchain* game dan menyebarkan *blockchain* sesuai dengan alamatnya. Dua mekanisme penawaran cerdas dalam *blockchain smart contract* ada `FarmerAuctionFA()` dan `FarmerKUDBidding TransactionFBT()`. Transaksi disepakati antara petani dan Koperasi Unit Desa dengan Smart Bidding.
3. Koperasi Unit Desa yang meloloskan kontrak memiliki proses serupa dengan petani. Koperasi Unit Desa yang

melakukan transaksi harus mendaftar melalui QR Code yang terhubung dengan fungsi `UserRegistrationUR()` melalui akun dompet metamask. Koperasi Unit Desa melakukan proses registrasi sebagai (UVC/KUD) melalui registrasi pengguna dan menjual barang yang dibeli dari petani (FK), kemudian disimpan dan dijual kembali ke konsumen melalui fungsi `KUDStockKS()` dan `KUDShopKSH()` dan kontrak KSH dari KD di jaringan *blockchain* dari KD transaction. `KUDConsumerTransactionKD()` transaksi jual beli hasil bumi dengan konsumen.

4. Distributor yang lolos kontrak adalah distributor yang melakukan proses transaksi di Koperasi Unit Desa melalui fungsi `KUDConsumerTransactionKD()`. Konsumen menerima permintaan dari fungsi `KUDConsumerTransactionKD()` dan mengubah status pengiriman pada fungsi `KUDConsumerTransactionKD()` dan `ConsumerStockCS()`. Transaksi Bidding KUD Petani (FBT) melakukan verifikasi penyerahan dari transaksi lelang petani dan Koperasi Unit Desa. Distributor yang melakukan transaksi harus mendaftar melalui QR Code yang terhubung dengan fungsi `UserRegistrationUR()` melalui akun dompet metamask.
5. Konsumen yang lolos kontrak adalah konsumen yang melakukan registrasi melalui `UserRegistrationUR()` untuk dapat melakukan pembelian dan mendapatkan informasi hasil panen dari Koperasi Unit Desa yang terhubung dengan fungsi `KUDConsumerTransactionKD()` dan `ConsumerStockCS()` yang menyimpan informasi konsumen dan dapat melacak transaksi pada panen sebelumnya pada sistem jaringan game *blockchain*. *Blockchain* dapat melacak informasi yang diperoleh dari setiap transaksi yang diikat melalui kontrak *smart contract* di mana setiap transaksi ditambahkan ke konsensus pada node jaringan sistem game *blockchain*.

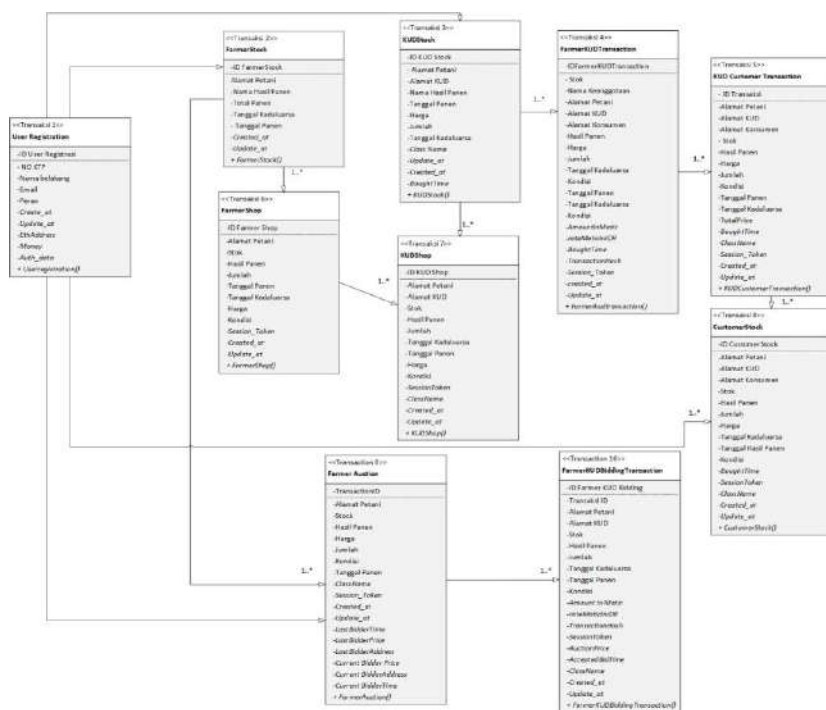
Perancangan menggunakan diagram UML untuk sistem integrasi *smart contract* game *blockchain* yaitu model verifikasi dan alur integrasi untuk diagram aktivitas UML dan diagram komponen UML. Class diagram ditunjukkan pada Gambar 5.7.



Gambar 5. 7. Use Case transaksi *smart contract* berbasis *blockchain* pada game *supply chain management* (a) Menu *smart contract* farming (b) Menu Koperasi Unit Desa *smart contract* (c) Menu distribusi *smart contract* (d) Menu konsumen *smart contract*.

Gambar 5.8. Diagram Komponen transaksi antara Registrasi Pengguna (UR), Farmer Stock (FS), Farmer Shop (FSH), Transaksi KUD Petani (FK), KUD Stock (KS), KUD Shop (KSH), FarmerAuction (FA), Transaksi Penawaran KUD Petani (FBT), Transaksi Pelanggan KUD (KD) dan Stok Konsumen (CS) menghadirkan para aktor antara lain petani, Koperasi Unit Desa,

yang menggambarkan konfigurasi aplikasi yang dilakukan pada saat run time. Pada aplikasi memuat node *blockchain* dari Unity 3D development platform terhubung ke moralis dan metamask akan terhubung melalui aktor, lingkungan jaringan menggunakan polygon ethereum dan database menggunakan Mongo DB compas dan redis enterprise seperti yang terlihat pada gambar 5.10.



Gambar 5. 10. Class-Diagram UML pada game *blockchain smart contract*

Class diagram memiliki struktur kelas: Registrasi Pengguna, FarmerStock, FarmerShop, FarmerKUDTransaction, KUDStock, KUD Shop, KUDConsumerTransaction, FarmerAuction, FarmerKUDBidding Transaction dan ConsumerStock. Setiap atribut menjelaskan secara rinci isi kelas

masing- masing. Sedangkan metode adalah operasi yang ditampilkan dalam daftar yang menggambarkan interaksi dalam suatu kelas (Rocha & Ducasse, 2018). Desain model UML menggunakan stereotip untuk mengidentifikasi tujuan suatu elemen dalam model baru (Udokwu et al., 2021). *Smart contract blockchain* berbasis *Serious game* dijelaskan pada Tabel 5.10.

Tabel 5. 10. Diagram komponen pada game *blockchain smart contract* dengan stereotypes

<i>Stereotype</i>	Deskripsi
<<component>>	Struktur komponen dan hubungan yang terlibat
<<smartcontract>>	Perjanjian digital dalam jaringan <i>blockchain</i>
<<Farmer>>	Aktor yang mengambil
<<Village Unit Cooperative>>	Aktor yang terlibat dalam jaringan <i>blockchain smart contract</i>
<<Distributor>>	Aktor yang terlibat dalam jaringan <i>blockchain smart contract</i>
<<Consumer>>	Aktor yang mengambil

Diagram implementasi UML menggunakan stereotypes untuk memberikan informasi tambahan tentang elemen model, node, artefak, atau elemen lain yang terlibat dalam sistem implementasi (Robles-Ramirez et al., 2017) (Górski, 2021) , dapat dilihat pada tabel 5.11

Tabel 5. 11. Diagram penyediaan uml pada game *blockchain smart contract* dengan stereotypes

<i>Stereotype</i>	Deskripsi
<<permissioningservice>>	Undangan pribadi untuk bergabung dengan jaringan <i>smart contract blockchain</i>
<<use>>	Representasi Pengguna. interaksi sistem
<<actor>>	Aktor yang mengambil bagian dalam jaringan <i>smart contract blockchain</i>
<<HTTPS>>	Protokol jaringan pada jaringan <i>blockchain</i> digunakan sebagai protokol komunikasi enkripsi data
<<Web3Development Platform>>	Teknologi web berbasis jaringan <i>blockchain</i>
<<device/environment>>	Perangkat yang digunakan untuk menerima pesan
<<networkenvironment>>	Perangkat jaringan yang dapat berinteraksi dan berkomunikasi satu sama lain
<<monggodbcompass>>	Antarmuka grafis yang dikembangkan oleh MongoDB
<<RedisEnterprise>>	Untuk memudahkan pengguna memvisualisasikan data berdasarkan database

Stereotypes memberikan informasi tambahan tentang kelas-kelas dalam model UML. Stereotypes adalah notasi yang digunakan dalam UML untuk menambahkan atribut atau properti pada elemen dalam model (Leite et al., 2021). Dalam konteks diagram kelas, stereotypes digunakan untuk

memberikan informasi spesifik tentang peran atau karakteristik kelas yang direpresentasikan dalam sistem. Seperti terlihat pada Tabel 5.12.

Class diagram menggunakan stereotypes untuk memberikan informasi tambahan tentang kelas dalam model UML terlihat pada Tabel 5.12.

Tabel 5. 12. Class Diagram UML dengan stereotypes

<i>Stereotypes</i>	Deskripsi
<<User Registration(UR)>>	Diagram kelas menggambarkan aktor-aktor yang terlibat
<<State>>	Menjelaskan keadaan objek
<Flow>>	Alur yang memperlihatkan alur kerja yang terhubung ke elemen diagram
<<Contract>>	Kode <i>blockchain</i> pada perjanjian digital
<<abstract>>	Kerangka kerja berdasarkan kelas turunan untuk implementasi <i>blockchain</i>
<<VerificationRule>>	Aturan verifikasi validitas transaksi di jaringan <i>blockchain</i>
<<FarmerKUDBidding Transaction>>	Diagram kelas menggambarkan hubungan transaksi <i>smart bidding</i> antara petani dan KUD
<<FarmerKUDTransaction (FK)>>	Diagram kelas menggambarkan hubungan antara transaksi petani dan KUD
<<KUD ConsumerTransaction (KD)>>	Diagram kelas menggambarkan hubungan antara KUD dan transaksi konsumen

Tabel 5. 13. Class diagram UML pada game *blockchain smart contract* dengan stereotypes

<i>Stereotype</i>	<i>Deskripsi</i>
<<Transaksi 1>>	Atribut <i>class</i> pada registrasi pengguna dan tautan setiap objek terkait
<< Transaksi 2>>	Atribut <i>smart contract</i> untuk <i>class FarmerStock</i>
<< Transaksi 3>>	Atribut <i>smart contract</i> untuk <i>class KUDStock</i>
<< Transaksi 4>>	Atribut <i>smart contract class</i> <i>FarmerKUDTransaction</i>
<< Transaksi 5>>	Atribut <i>smart contract class</i> untuk transaksi antara KUD dan Konsumen
<<Transaksi 6>>	Atribut <i>smart contract</i> untuk <i>class</i> pada <i>FarmerShop</i>
<< Transaksi 7>>	Atribut <i>smart contract</i> untuk <i>class</i> pada <i>KUDShop</i>
<< Transaksi 8>>	Atribut <i>smart contract</i> untuk <i>class</i> pada konsumen
<<Transaction 9>>	Atribut <i>smart contract</i> untuk <i>class</i> pada lelang petani
<< Transaksi 10>>	Atribut <i>smart contract</i> pada <i>class FarmerKUDBiddingTransaction</i>

Perancangan diagram kelas menggunakan stereotypes UML berbasis *smart contract* yang melibatkan aktor: petani, Koperasi Unit Desa, distributor, dan konsumen. Transaksi dalam model *smart contract* melibatkan transaksi Bidding KUD Petani, transaksi KUD Petani (FK) dan transaksi pelanggan KUD (KD) yang mengidentifikasi kontrak atau perjanjian yang disepakati oleh para aktor dalam jaringan *blockchain*. Aturan verifikasi pada transaksi juga harus dipenuhi oleh pelaku. Sedangkan status sebenarnya yang disimpan di jaringan *blockchain* menunjukkan urutan tindakan pada node untuk mencapai konsensus dalam transaksi. Desain *smart contract* ini memiliki

pengaturan verifikasi yang fleksibel. Metode verifikasi() diterapkan pada setiap kontrak transaksi sebagai fungsi yang valid dalam daftar aturan. Registrasi pengguna digunakan dengan cara scan dompet dan mengisi nomor KTP serta role pada FarmerKUDBidding untuk perjanjian *smart contract* antara petani dan Koperasi Unit Desa untuk melakukan proses lelang. Transaksi KUD Petani (FK) merupakan perjanjian *smart contract* antara petani dengan Koperasi Unit Desa untuk jual beli produk pertanian. Transaksi Pelanggan KUD (KD) adalah perjanjian *smart contract* untuk penjualan dan pembelian hasil pertanian antara Koperasi Unit Desa, distributor, dan konsumen.

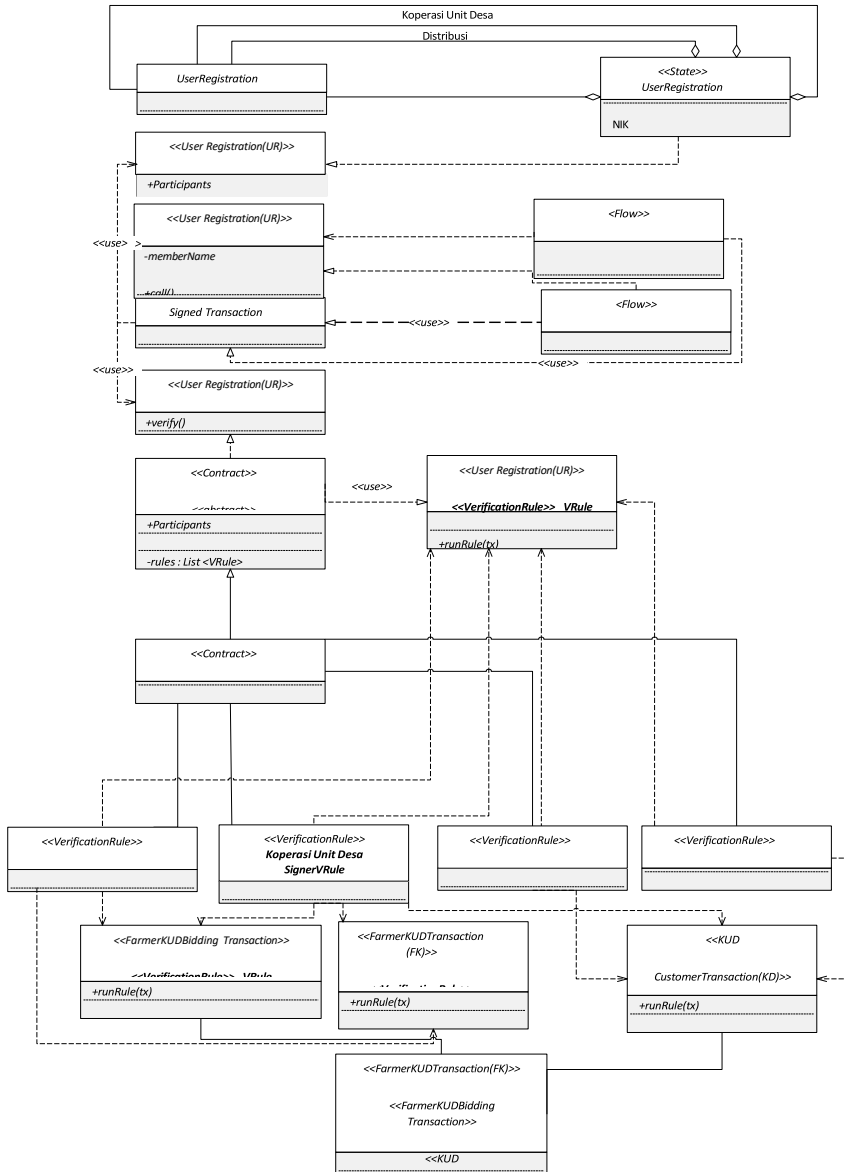
5.5 *Finite State Machine (FSM) untuk Skenario Smart contract berbasis Blockchain dengan Supply chain management*

Finite State Machine (SFM) dalam *supply chain management* merupakan rancangan skenario sistem kendali perjanjian digital dengan menggunakan tiga prinsip kerja: State, Event, dan Action (Zhu et al., 2022). Tindakan sebagai respons terhadap masukan transaksi menyertai perubahan status. Model FSM sangat cocok sebagai desain real-time dalam pengendalian perangkat lunak. Game ini dapat digunakan untuk merancang skenario akibat adanya penyimpangan informasi yang diperoleh sehingga perlu adanya transparansi antar aktor yang terlibat (Lin et al., 2022). Oleh karena itu, kita memerlukan *smart contract* berbasis *blockchain* pada *supply chain management* yang mensimulasikan *Serious game* (Galli et al., 2021) sebagai pengontrol skenario automatic execution *smart contract* pada studi kasus *Serious game* dalam rantai pasok digunakan untuk mengeksplorasi dan mensimulasikan game terintegrasi dalam pengambilan keputusan untuk meningkatkan kinerja rantai pasok. Kerjasama dalam *Serious game* berbasis *supply chain*

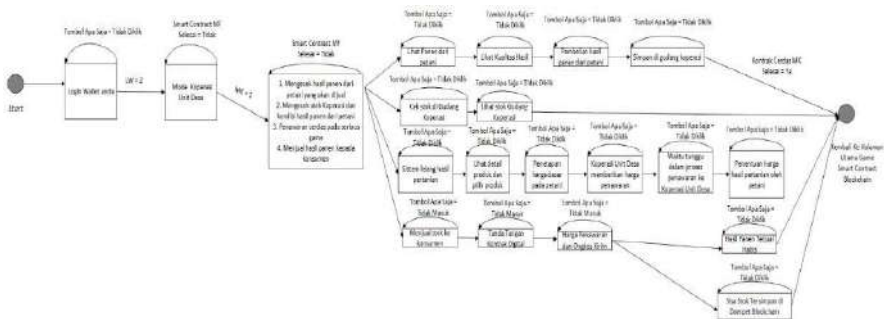
management juga diperlukan sebagai pengambilan keputusan pada strategi pasar. (Galli et al., 2021) Pelaku yang terlibat harus terdaftar pada aplikasi game dengan menunjukkan akun dompet digital sebagai identitas pribadi yang diverifikasi oleh pengguna dan Koperasi Unit Desa sebagai pengelola sistem.

Buku ini menggunakan FSM untuk merancang urutan skenario permainan menggunakan *smart contract* dalam transaksi manajemen rantai pasok. Salah satu kelebihan menggunakan FSM adalah dapat menggambarkan alur *Serious game*. Penulis menggunakan metode *smart contract* untuk mengadakan alur skenario berdasarkan aktor yang terlibat.

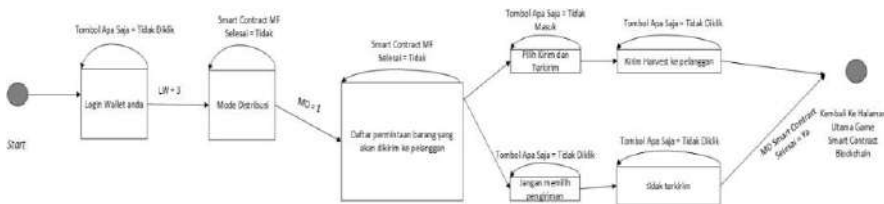
FSM pada Gambar 5.12 menunjukkan empat skenario yaitu skenario 1 petani (s1), skenario 2 Koperasi Unit Desa (s2), skenario 3 distributor (s3), dan skenario 4 konsumen (s4). Setiap sub-skenario menjelaskan aturan transaksi rantai pasokan dan aturan mainnya secara umum. Dimulai dari memainkan game dengan transisi login wallet pada akun dompet digital dan memproses akses setiap akun melalui Scan My QR Code ke dompet; jika terdaftar, otomatis akan masuk ke akun skenario masing-masing. Jika belum terdaftar, dapat memasukkan alamat email dan pilih mode petani, Koperasi Unit Desa, distributor, atau konsumen. Pada saat yang sama, *smart contract* akan terhubung ke skenario permainan berdasarkan mode skenario yang disimpan di UR. Gambar 5.11 Diagram kelas UML untuk desain *game blockchain smart contract*



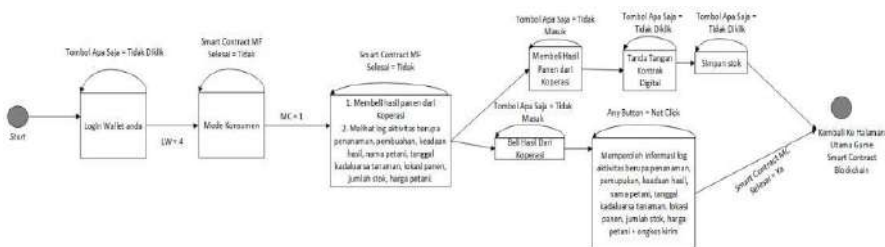
Gambar 5. 11. Diagram kelas UML untuk desain game *blockchain smart contract*



Gambar 5. 14. Slave FSM skenario modus Koperasi Unit Desa akan melakukan pengecekan pembelian hasil panen petani yang akan dijual ke konsumen. Pengecekan kualitas stok dari petani apakah stok akan disimpan di gudang atau dijual ke konsumen, penentuan harga jual, smart penawaran yang disepakati antara petani dan Koperasi Unit Desa. Hasil penawaran yang didapat dari Koperasi Unit Desa yang menandatangani *smart contract*, data transaksi dan biaya bahan bakar akan disimpan ke KD.



Gambar 5. 15. Slave FSM perancangan mode distribusi FSM melakukan proses pengiriman barang, akan muncul daftar barang yang dibutuhkan dari hasil transaksi KD, kemudian barang dikirim ke konsumen atau disimpan di gudang, semua aktivitas terhubung dengan *smart contract*. Sedangkan pada Gambar 5.13d, mode skenario konsumen memiliki dua pilihan. Pertama, konsumen membeli hasil panen dari Koperasi Unit Desa dengan menandatangani *smart contract*, kemudian menyimpan stoknya. Kedua, konsumen melihat log activity seperti penanaman, pemupukan, kualitas tanaman, nama petani, tanggal kadaluarsa tanaman, lokasi panen, jumlah stok, dan harga yang dihemat pada transaksi CS.



(d)

Gambar 5. 16. Slave FSM Pelaku skenario (a) Mode petani, (b) Mode Koperasi Unit Desa (c) Mode distributor atau (d) Mode konsumen pada *Serious game* berbasis skenario menggunakan *blockchain*

5.6 Metode *Smart Bidding* untuk Penawaran Harga Petani pada *Serious game*

Proses penerapan *Serious game* berbasis *supply chain management* memerlukan pengendalian dalam mengoptimalkan harga berdasarkan jumlah produk, *lead time*, biaya bahan baku, serta biaya pembelian dan pemesanan dalam periode tertentu. Pada buku ini pengendalian kualitas produk dapat dilihat dari variabel tanggal kadaluwarsa atau umur komoditas. Apabila stok telah habis maka secara otomatis akan kadaluarsa di toko. Apabila suatu produk kadaluwarsa di konsumen maka akan kadaluarsa di konsumen. *Smart contract* secara otomatis memproses verifikasi data, validasi data, dan perhitungan pembayaran. *Smart contract* antara petani dengan Koperasi Unit Desa terdapat pembayaran berdasarkan jumlah produk yang dikirim. Ketika hasil pertanian dikirim ke koperasi, dapat memberikan data jumlah produk yang diterima. *Smart contract* akan secara otomatis menghitung besaran pembayaran kepada petani berdasarkan harga yang telah disepakati sebelumnya. Setelah dilakukan penghitungan, *smart contract* dapat memicu transfer otomatis dari akun Koperasi Unit Desa ke akun petani dan pelacakan pengiriman. Dengan demikian, hal ini dapat

mengurangi keterlibatan manusia dan meminimalkan risiko kesalahan manusia dalam rantai pasok.

Serious game berbasis smart bidding ini secara otomatis menggunakan game *smart contract* dalam proses transaksi penawaran antara petani dengan Koperasi Unit Desa. Dalam akuntansi keuangan Indonesia, harga pokok penjualan diperoleh dari total biaya yang dikeluarkan oleh suatu bisnis dalam periode tertentu. Harga pokok penjualan meliputi biaya bahan baku, biaya tenaga kerja langsung, biaya overhead, biaya pengiriman barang yang dibeli, diskon, dan pengembalian produk. Persediaan dan pembelian bersih mempengaruhi harga pokok penjualan. Harga pokok penjualan menentukan berapa besarnya biaya yang dikeluarkan mulai dari pengolahan bahan mentah hingga barang jadi dan jasa terjual.

Sistem lelang pada setiap Koperasi Unit Desa dapat mengotomatiskan proses penawaran dan meningkatkan keuntungan petani berdasarkan harga pokok penjualan dan nilai tukar pertanian. Harga pokok penjualan merupakan indikator yang menggambarkan bagaimana petani dapat memperoleh produk atau jasa dengan hasil yang dihasilkan dari sektor pertanian (Nalinipriya et al., 2019). Berikut adalah cara penerapan smart bidding pada *Serious game*:

1. Analisis data: Simulasi *Serious game supply chain management* pada sistem lelang dengan menerapkan variabel permintaan dari petani dan penawaran dari Koperasi Unit Desa, harga pasar saat ini, kualitas produk yang diaudit oleh pengguna dalam aplikasi, dan faktor-faktor lain yang mempengaruhi harga. Harga dasar ditentukan oleh petani dalam sistem. Harganya ditetapkan dalam lelang berdasarkan waktu tertentu. Harga maksimum yang diperoleh petani dalam sistem smart bidding untuk penawaran selanjutnya.

2. Penetapan harga optimal: Penawaran cerdas dan *blockchain smart contract* game memberikan rekomendasi harga optimal untuk produk pertanian berdasarkan analisis harga pasar saat ini dan harga pokok penjualan. Sebagai contoh permintaan dari karakter non-pemain, Koperasi Unit Desa dapat melihat detail produk pada sistem. Para pemainnya adalah petani berdasarkan stok petani dalam simulasi game ini.
3. Optimalisasi keuntungan dan harga pertanian: Game smart bidding di *smart contract blockchain* ini memungkinkan petani menetapkan penawaran harga secara efisien dan optimal tanpa pihak ketiga. Petani dapat menganalisis harga pasar, mengidentifikasi harga optimal, dan meningkatkan keuntungan penjualan produk pertanian. Meningkatnya keuntungan dapat berkontribusi terhadap harga pokok penjualan karena petani memiliki pendapatan yang cukup dari hasil pertaniannya.
4. Penyesuaian permintaan dan penawaran: Penawaran cerdas memungkinkan penyesuaian harga secara real-time berdasarkan kondisi pasar. Jika permintaan meningkat atau pasokan menurun, smart bidding dapat menyesuaikan harga secara otomatis. Petani dapat mempertahankan daya saing dan memperoleh nilai tukar yang lebih baik atas produk pertaniannya karena harga ditentukan berdasarkan kondisi pasar. Penawaran cerdas pada game memungkinkan penyesuaian harga secara real-time sesuai dengan perubahan kondisi pasar virtual. Jika permintaan tiba-tiba meningkat atau pasokan berkurang, *smart contract* dapat mengubah harga dengan segera.
5. Efisiensi transaksi: Penawaran cerdas dalam game mengotomatiskan proses penawaran dan menghemat waktu dan tenaga yang diperlukan dalam menegosiasikan harga dengan pembeli. Petani dapat fokus pada produksi dan pengelolaan pertanian mereka. Dengan efisiensi ini, petani dapat meningkatkan produktivitas dan kualitas hasil pertanian sehingga berdampak positif pada Nilai Tukar Pertanian (NTP).

6. Efek keputusan pemain: Penawaran cerdas dalam game mempertimbangkan keputusan yang dibuat oleh pemain atau karakter game. Misalnya, jika pemain memilih untuk menanam tanaman tertentu secara berlebihan, penawaran cerdas dapat menyesuaikan harga untuk mencerminkan kelebihan pasokan.
7. Evaluasi kinerja: Penawaran cerdas dalam game juga dapat mengevaluasi kinerja yang berdampak pada keunggulan pemain atau karakter. Pemain dapat melihat bagaimana keputusan penawaran mereka mempengaruhi hasil keuangan dalam simulasi dan meningkatkan strategi mereka berdasarkan hasil evaluasi ini.

Penawaran cerdas menggunakan *smart contract blockchain* dalam penawaran harga pertanian dapat meningkatkan keuntungan tanpa melibatkan perantara, mengoptimalkan harga sesuai kondisi pasar, meningkatkan efisiensi, dan memberikan akses yang lebih baik tentang informasi pasar dalam permainan simulasi pertanian. Pemain memungkinkan memiliki pengalaman yang realistis dan menantang dalam mengelola aspek perdagangan dan ekonomi dari pertanian virtual. Penawaran cerdas juga dapat menambah dimensi strategis pada game dan memungkinkan pemain mengasah keterampilan pengambilan keputusan terlihat pada gambar 5.17.



(a)



(b)



(c)



(d)

Gambar 5. 17. Smart bidding (a) Menanam hingga transaksi penjualan (b) Penentuan HPP (c) Farmer auction (d) Farmer auction confirmation

5.7 Implementasi Serious game pada Smart contract

Sistem dalam penerapan *Serious game* pada *smart contract* dalam manajemen rantai pasok yaitu menerapkan bahasa pemrograman solidity, Unity 3D, dan moralis *blockchain* sebagai game *blockchain*. Sementara, backend *blockchain* dapat dengan cepat memberikan perkembangan desentralisasi.

Algoritma 1: UserRegistrationUR() menunjukkan interaksi registrasi aktor pada *smart contract* melalui My QR Code yang terhubung ke metamask, sehingga dapat menyimpan alamat aktor melalui akun Moralis. Aktor yang terlibat dalam game teknologi *blockchain* ini harus mendaftar melalui *smart contract* atau akun dompet metamask dengan menyimpan nomor alamat kontrak, nama, email, dan peran pengguna, baik sebagai petani, Koperasi Unit Desa, distributor, atau konsumen. Kode sumber Algoritma 1 dapat diakses berdasarkan permintaan di repositori github (Github UR, n.d.). Selanjutnya Moralis akan mengkonfirmasi ulang pendaftaran melalui akun dompet Metamask pengguna, kemudian akan ditransfer dan disimpan di

Moralis, Redis, dan Mongo db. Jika transaksi berhasil terkirim maka game dapat diakses.

Algoritma 2: FarmerStockFS() & FarmerShopFSH() menyimpan transaksi yang dilakukan petani mulai menanam, memanen, dan stok tanaman serta menunjukkan hasil panen yang akan dijual ke Koperasi Unit Desa. Kode sumber Algoritma 2 dapat diakses berdasarkan permintaan di repositori GitHub (Github FarmerStock, 2023).

Algoritma 3: Pada *smart contract*, FarmerKUDTransactionFK() menampilkan transaksi jual beli antara petani dengan Koperasi Unit Desa yang terhubung dengan panggilan *smart contract*. Stok petani dan Koperasi Unit Desa akan diperbarui. Koperasi Unit Desa membeli stok dari petani melalui transaksi FK kemudian menjualnya ke konsumen. Kode sumber algoritma 3 dapat diakses berdasarkan permintaan di repositori github (Github FarmerKUD Transaction, 2023).

Algoritma 4: KUDStockKS() & KUDShopKSH() menyimpan transaksi yang dilakukan Koperasi Unit Desa dari hasil panen petani dan menunjukkan KUDShopKSH terhubung dengan user moralis sebagai aktor. Kode sumber Algoritma 4 dapat diakses berdasarkan permintaan di repositori GitHub (Github KUDShop, 2023).

Algoritma 5: KUDConsumerTransactionKD & ConsumerStockCS () KSH membuat produk yang akan dijual ke konsumen dan memberikan informasi ketertelusuran yang relevan yang melewati *smart contract* pada *blockchain* dari FS dan FH. Stok konsumen menyimpan penjualan dari Koperasi Unit Desa. *Smart contract* yang terhubung menyimpan alamat dan mentransfer jumlah eth ke txnhash sehingga terjadi proses verifikasi dan transaksi pembayaran. Semua transaksi dicatat dan disimpan dalam *smart contract* dan *blockchain* sehingga transaksi tidak dapat dimanipulasi atau dihapus. Kode sumber

Tabel 5. 14. Spesifikasi system

<i>Development Platform</i>	Unity 3D 2021.3.18f1
<i>Operating System</i>	Windows 10
<i>Programming Language Contract</i>	Solidity
<i>Editor</i>	Visual Studio Code
<i>Front-End Interaction</i>	Moralis (Web3.js dan dApp)
<i>Network Environment</i>	Polygon Ethreum
<i>Database</i>	Redis Enterprise, MongoDB Compass
<i>Testnet</i>	Mumbai Testnet

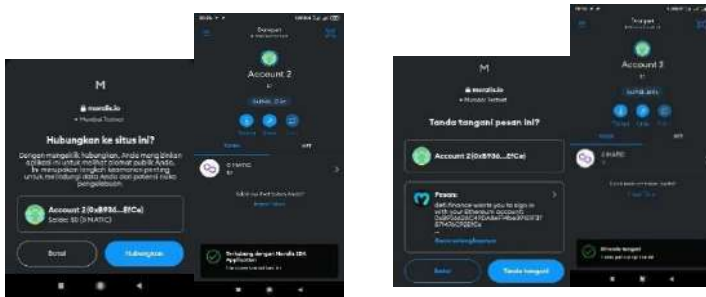
Tabel 5. 15. Transaction fee

<i>Created Contract</i>	<i>Gas Used</i>	<i>Transaction Fee</i>
User Registration (UR), KUDStock (KS), KUD Shop (KSH), FarmerStock & FarmerShop (FSH), ConsumerStock (CS)	0 Matic	0 Matic
FarmerKUDTransaction (FK)	0,2263809 Matic	0.0000315 00000315 Matic
KUDCustomerTransaction (KD)	0,2645303 Matic	0,000031500 000315 Matic

5.9 Evaluasi Eksperimental Transaksi *Blockchain Smart contract Game*

Implementasi dari game ini adalah aplikasi yang terhubung ke dompet dengan fungsi: User RegistrationUR, FarmerStock & FarmerShop, FarmerAuctionFA, FarmerKUDBidding,

TransactionFBT dan FarmerKUDTransaction, KUDStock & KUD Shop, dan KUDConsumerTransaction & ConsumerStock, kemudian terhubung ke *smart contract* melalui My QR Code dan terhubung ke metamask. Tab konfirmasi yang menghubungkan ke akun yang digunakan untuk setiap transaksi game *blockchain* memerlukan verifikasi *smart contract* yang akan dihubungkan dengan aplikasi moralis sdk agar para pelaku dapat melihat riwayat transaksi dalam *smart contract*.



Gambar 5. 19. Verifikasi *smart contract* dengan moralis dan metamask (a) terhubung ke wallet metamask dan (b) *smart contract* transaksi game *blockchain*.

Gambar 5.19 (a) *smart contract* terhubung ke kode QR Code melalui dompet supaya terhubung ke permainan pertanian menggunakan *Serious game* berbasis *blockchain*. Setelah terkoneksi yaitu melewati akun yang terdaftar seperti petani, Koperasi Unit Desa, distributor, atau konsumen. (b) sebagai petani, petani menanam jagung dan tomat pada lahan yang ada di dalam game dengan mengklik pilihan tanaman dan menanamnya pada lahan kosong. (c) menunggu tanaman matang hingga dipanen. (d) memasukkan harga hasil panen. harga, tanggal panen, dan tanggal kadaluwarsa (e) tab daftar stok hasil panen dan harga yang akan dijual ke Koperasi Unit Desa yang disimpan di fs, kemudian menjual hasil panen dari petani melalui farmershop (FSH) (f) pilih tanaman apa yang akan dijual. (g) menjual hasil panen melalui Koperasi Unit Desa. Transaksi konsumen menampilkan daftar stok pemilik (alamat

petani), jumlah pembelian, tanggal panen, tanggal kadaluarsa, tanggal pembelian, kondisi, dan harga pembelian. (h) stok; konsumen menyimpan data pembelian konsumen dan informasi transaksi pada Koperasi Unit Desa. (i) dan (j) setiap transaksi jual beli dari Koperasi Unit Desa dan konsumen muncul daftar permintaan bagian pendistribusian barang. Status akan terupdate saat barang sudah sampai ke konsumen. (k) pada farmerstockfs() terdapat tombol lelang untuk menuju ke smart bidding mengenai harga antara petani dengan Koperasi Unit Desa dalam lelang komoditas menggunakan sistem dalam smart bidding di FarmerAuctionFA(). (l) Petani akan menetapkan harga dasar dalam sistem penawaran cerdas di menu FarmerStockFS(). (m) Petani selanjutnya akan menerima penawaran harga dari beberapa Koperasi Unit Desa dengan menggunakan sistem dalam smart bidding pada transaksi bidding KUD petani fbt(). Petani dapat memilih harga yang diinginkan dengan menekan tombol accepted bid.





Gambar 5.17. *Supply chain management* berbasis *smart contract* pada *Serious game*

5.10 Pengujian Skenario *Smart contract* Berbasis *Blockchain* dalam *Serious game*

Hasil pengujian skenario *smart contract* berbasis *blockchain* dalam *serious game* dalam *supply chain management* membuktikan kesesuaian data menggunakan MongoDB Compass, polygon, dan unity 3D dengan memasukkan alamat hash transaksi *blockchain* pada setiap transaksi yang ditunjukkan pada gambar 5.18(a) dan gambar 5.18(b). Aktor terlihat sama dengan transaksi yang dilakukan oleh para pelaku yang terlibat, seperti terlihat pada gambar 5.18 (a). Setiap transaksi pada manajemen rantai pasok akan menyimpan data pada rantai node *blockchain* yaitu MongoDB Compass, network environment polygon testnet ethereum, dan unity 3D. (a) game *blockchain* pada transaksi FarmerKUDTransaction (FK) menyimpan transaksi hash yang akan ditransfer ke MongoDB Compass dan dapat dilihat secara detail di lingkungan jaringan Ethereum Polygon Testnet. Hash Transaksi: 0x2855339....017876c6c5ee259, memanggil *smart contract*: Aset/Script/Web3Utils/SmartContractCall:cs:99, Status: Sukses,

Blokir: 30772690, Stempel Waktu: 38 Detik yang lalu (10-Jan-2023 08.2:37 +UTC) dari Koperasi Unit Desa 0x193d....780bb2f8, untuk petani 0xb8ad....78228e3d050, Dengan Nilai 0.2263809 Matic, Biaya Transaksi : 0.000031500000315 Matic dan terkoneksi dengan MongoDB Compass.

UnityEngine.Debug.Log (object)

Shop item reached 0, deleted from Database

Former Shop Initiated

Wagap pindah 0x8f57a70e1030c2c09d5d4e1c79c787218e4c2d8

Transaction 0.2263809 ETH from 0x193d050e32958f318b3c2c2bca780bb2f8 to 0xb8ad7580766ea9020101013678228e3d050, Tx Hash: 0x877ed5dc6e6cb095136a3d5cc4d7552a9e71a4faba2591bd782e2ce45530b40d

UnityEngine.Debug.Log (object)

SmartContractCode: SmartContractCode_3.MoveHeld (1) (at Assets/Scripts/UnitySmartContract/SmartContractCode.cs:39)

UnityEngine.UnitySystemInitializationContext.ExecuteTask (0)

Transaction Details

Overview

Logs (2)

[This is a Polygon PoS Testnet transaction only]

Transaction Hash:

0x877ed5dc6e6cb095136a3d5cc4d7552a9e71a4faba2591bd782e2ce45530b40d

Status:

Success

Block:

30772817 9759814 Block Confirmations

Timestamp:

259 days 31 mins ago (Jan-10-2023 08:29:07 AM +UTC)

From:

0x9cd04d6141ed129e5c8045503fd45e959108a9ae

To:

0x193d050e32958f318b3c2c2bca780bb2f8

Value:

0.2645303 MATIC (\$0.00)

Transaction Fee:

0.000031500000315 MATIC (\$0.00)

Gas Price:

0.000000001500000015 MATIC (1.500000015 Gwei)

Gambar 5. 20. Detail transaksi jual beli pada Polygon, Unity (a) Transaksi KUD Petani (FK) (b) Transaksi KUDConsumerTransaction (KD) & ConsumerStock (CS).

Penulis membandingkan sistem penelusuran yang dirancang dalam makalah ini dengan menggunakan perbandingan rinci dari setiap transaksi penelusuran. Detail

hasil perbandingannya ditunjukkan pada Gambar 5.19. sebagai berikut:

- a. Ketertelusuran: Kami membuat perbandingan sistem penelusuran pada sistem *smart contract* di game ini; hasilnya semua transaksi memiliki keterlacakan dengan memeriksa hasil transaksi menggunakan alamat *Blockchain* (txn hash) transaksi menggunakan MongoDB Compass, Polygon, dan Unity. Hasil semua transaksi sudah benar.
- b. Aplikasi Terdesentralisasi (DApps) : Transaksi tidak melibatkan pihak ketiga, sehingga bersifat peer-to-peer. Teknologi ini sangat aman karena tidak ada pihak yang dapat mengakses data, mengontrol, atau mengubah informasi transaksi dalam manajemen rantai pasok karena semua buku besar terhubung dalam sistem jaringan *blockchain*. Jadi ini sangat transparan dan aman.
- c. Keramahan pengguna: Aplikasi *smart contract* yang menggunakan skenario berbasis *blockchain* untuk manajemen rantai pasok pada *Serious game* mudah digunakan, oleh karena itu, transaksi menjadi nyaman bagi para pelaku dengan antar muka.
- d. Skalabilitas sistem: *blockchain* dapat mengelola manajemen rantai pasok. Dalam transaksi skala besar, penerapan *blockchain* di masa depan akan menjadi tantangan, oleh karena itu, kapasitas dan kecepatan *blockchain* dapat ditingkatkan. *Blockchain* dalam *supply chain management* memiliki tantangan dalam hal kapasitas dan kecepatan.

Spesifikasi standar minimum diperlukan untuk menginstal *blockchain*: *blockchain* publik seperti bitcoin atau ethereum dan *blockchain* privat seperti hyperledger fabric memerlukan prosesor minimum dengan prosesor multi-core minimal dengan kecepatan untuk kinerja *blockchain* maksimum. Kapasitas RAM minimum pada bitcoin dan ethereum adalah 5 GB atau lebih. Kapasitas penyimpanan misalnya, bitcoin memerlukan penyimpanan dalam jumlah besar. SSD lebih direkomendasikan dibandingkan HDD karena membaca dan menulis data lebih

cepat. Sistem operasi pada *blockchain* sangat penting ketika memproses transaksi *blockchain*. Perangkat yang direkomendasikan antara lain Linux, Windows, MacOS, dan koneksi Internet yang stabil. Perangkat ini sangat penting dalam jaringan *blockchain* untuk sinkronisasi dan interaksi jaringan. Selanjutnya, firewall dan keamanan memiliki konfigurasi firewall dan keamanan yang tepat untuk melindungi node dari ancaman keamanan.

5.11 Evaluasi User Center Pengguna dalam Serious game Supply chain management dengan Smart contract Blockchain

Serious game adalah game yang tujuannya tidak hanya sebagai hiburan, akan tetapi memberikan tujuan sebagai media pembelajaran, simulasi dan edukasi sehingga memiliki target yang harus dicapai oleh penggunanya (Marsh, 2011). Penerapan *Serious game* dapat diterapkan pada beberapa sektor salah satunya adalah pada *supply chain management*. Game ini dapat dimanfaatkan untuk mengatasi permasalahan pada keterlibatan pihak ketiga dalam proses jual beli produk. Harga jual ke konsumen sangat meningkat karena melewati beberapa aktor yang terlibat. Oleh karena itu diperlukan suatu teknologi yang dapat menyelesaikan masalah tersebut yaitu teknologi *smart contract* pada jaringan *blockchain*. Teknologi ini melakukan kontrak otomatis dengan ketentuan perjanjian transaksi digital antara penjual dan pembeli dalam barisan kode kriptografi yang tersimpan dalam setiap node di jaringan *blockchain* yang diverifikasi dan dijamin keasliannya tanpa keberadaan otoritas central. (Zheng et al., 2020) *Smart contract* memungkinkan kedua belah pihak sepakat tanpa perlu mengenal dan saling percaya melakukan transaksi jual beli tersimpan pada ledger. Hal ini dapat meminimalisir perubahan data dalam menjamin privasi data pengguna. Transaksi menjadi transparan, cepat dan efisien, serta memangkas penambahan biaya transaksi karena

tidak menggunakan pihak ketiga dan verifikasinya lebih mudah (Kerikmäe & Rull, 2016). Penerapan *Serious game* sebagai simulasi game *supply chain management* berbasis *blockchain smart contract* memudahkan dalam pengambilan keputusan aktor yang terlibat serta menambah keuntungan bagi petani dan konsumen.

Serious game supply chain management dengan *blockchain smart contract* di perlukan suatu evaluasi dari sisi pengguna dari desain navigasi aplikasi ini untuk ditindaklanjuti memungkinkan pengguna dalam menggunakan data yang mudah dilacak, transparan antara aktor pada data yang terdesentralisasi pada transaksi jual beli produk pertanian. Penulis menggunakan metode heuristic evaluation berdasarkan user interface pada tampilan grafis dari game yang diharapkan dapat di mengerti dengan mudah oleh aktor yang terlibat. Pada *Serious game*, diperlukan user experience untuk kesesuaian fitur dan kebutuhan pengguna dalam menggunakan *Serious game* sehingga dapat menimbulkan kenyamanan aktor terkait dalam transaksi menggunakan *smart contract blockchain* untuk menghindari kebingungan dalam memainkannya. Beberapa jurnal terkait (Jang et al., 2020), (Tondello et al., 2016), (Yeratziotis & Zaphiris, 2018) mengenai evaluasi sebagai metode heuristic evaluation dievaluasi untuk memberikan hasil dari analisisnya berupa rekomendasi yang dikelompokkan berdasarkan pengguna sebagai model evaluasi *Serious game*.

Penelitian terdahulu yang dilakukan oleh Matteo Galli, et.al, 2021 mengenai *Serious game* dengan *supply chain management* digunakan sebagai strategi pengambil keputusan dalam menentukan segmentasi pasar yang baik. (Galli et al., 2021) Penelitian yang dilakukan oleh Davide Reverberi mengenai konsep *Serious game* pada penerapan penjadwalan pesanan, kuantitas, kualitas harga, jatuh tempo serta kesepakatan pelanggan dan pemasok dalam mengevaluasi dengan test the alpha (Reverberi et al., 2022). Penelitian yang

dilakukan oleh Stefan mengenai *Serious game* yang digunakan sebagai simulasi pengambilan keputusan dalam mengurangi efek bullwhip untuk menjaga kestabilan harga dalam rantai pasok. Dalam game ini pemain dapat berkomunikasi langsung untuk berbagi informasi dari jumlah pesanan. Pemain yang terlibat yaitu pedagang ecer, grosir, distributor dan delivery delay costs. Game ini termasuk yang menyederhanakan biaya gudang dan keterlambatan pengiriman (Stefan et al., 2019). Penelitian yang dilakukan oleh Ansh Mittal, et.al, 2021 mengenai *Serious game* menggunakan teknologi *blockchain* pada *supply chain management* dapat memberikan keamanan karena memiliki data terpusat, hal ini dapat meningkatkan interaksi non player character berdasarkan respon pemain (Mittal et al., 2021).

Penelitian mengenai user centered evaluation and design in *Serious game* (Alessandro Di Stefano, et.al,2020) mengenai teori game berbasis heuristics dengan pemodelan network multiplayer berbasis *blockchain*. Pada perilaku dan keputusan agen dalam multi network in *blockchain* terdapat skenario transaksi *blockchain* terhadap bobot dan waktu untuk mengukur kepercayaan agen (Di Stefano et al., 2020). Selanjutnya penelitian yang dilakukan oleh (Natalia et.al, 2015) mengenai *Serious game* menggunakan metode heuristic evaluation dalam proses mengevaluasi usability inspections untuk menemukan masalah kegunaan dan proses desain *Serious game*. Sehingga dapat di implementasikan pada evaluasi heuristic berupa konsentrasi pemain, interaksi sosial, players' immersion, concentrated on specialized simulation games (Jerzak & Rebelo, 2014). Elemen game desain pada heuristic evaluation ditentukan oleh user experience dan motivasi keterlibatan pengguna dalam game serta kepuasan dan kebutuhan psikologis dalam menggunakan game. (Tondello et al., 2016) Penelitian mengenai perspektif *blockchain* pada strategi desain evaluasi menggunakan pendekatan heuristic evaluation dalam

pertukaran terdesentralisasi terhadap usability test, understand function and operation and modify experimental design.(Jang et al., 2020).

Dari beberapa penelitian (Di Stefano et al., 2020; Galli et al., 2021; Jang et al., 2020; Jerzak & Rebelo, 2014; Mittal et al., 2021; Reverberi et al., 2022; Ştefan et al., 2019; Tondello et al., 2016) belum ada implementasi *Serious game* yang membahas fokus terhadap koordinasi *smart contract blockchain* pada *Serious game supply chain management* untuk mengurangi efek bullwhip. Selain itu, metode heuristic evaluation yang difokuskan pada evaluasi user interface and user experience digunakan dalam pengambilan keputusan, penentuan persediaan, peningkatan biaya, persediaan rantai pasok, ketidakpastian harga yang di sebabkan oleh kurangnya koordinasi oleh aktor dan ketidakpastian informasi yang cukup tinggi sehingga mendorong keterlambatan pemasaran dan distribusi ke konsumen.

5.12 Evaluation untuk *Serious game Supply chain management* Menggunakan Blockchain

Implementasi *blockchain* pada *Serious game supply chain management* terjadi karena masalah keterlibatan pihak ketiga (tengkulak) dalam transaksi jual beli pada jaringan rantai pasok. Masalah tersebut diperlukan suatu penyelesaian konsep simulasi *game supply chain management* berbasis *blockchain smart contract* agar aktor yang terlibat dapat berkomunikasi satu sama lain. (Buiel et al., 2015) (G. Ali et al., 2022). Evaluasi user center pada *Serious game supply chain management* menggunakan *blockchain* berpusat pada pengguna sebagai aktor yang terlibat dalam sistem menggunakan evaluasi heuristic untuk mengidentifikasi kegunaan aplikasi. Pengoperasian sistem berupa desain antar muka aplikasi, fitur-fitur pada game,

kepuasan pengguna dan nilai secara menyeluruh berdasarkan efesiensi dan efektifitas.(Mubarok & Chotijah, 2021)

5.13 User Centered untuk Serious game Supply chain management dengan Blockchain Menggunakan Smart contract

User centered menggambarkan perancangan dan implementasi komunikasi antar pengguna game khususnya *supply chain management* berbasis *blockchain* karena memiliki pengalaman menjadi user adalah salah satu aspek elemen *Serious game* dalam menekankan tampilan game yang menarik dan mudah digunakan. (Zain et al., 2015),(Desurvire & Wiberg, 2009).

Selain itu juga diperlukan suatu usability, komunikasi sosial dalam hal ini pada *smart contract blockchain* pada jaringan terdecentralized di ledger terhadap aktor yang terlibat dan proses pembuatan game. Keberhasilan *Serious game* adalah aktor dalam game dapat memahami dan merespons game dengan baik dari transaksi jual beli melalui jaringan blockchain, hal ini juga dapat mengurangi efek bullwhip.

A. Spesifikasi dan desain sistem/alat

Tabel 5. 16. spesifikasi sistem pada *Serious game* blockhain yang digunakan

<i>Development Platform</i>	Unity 3D 2021.3.18f1
<i>Operating System</i>	Windows 10
<i>Programming Language Contract</i>	Solidity
<i>Editor</i>	Visual Studio Code
<i>Front-End Interaction</i>	Texos Unity

<i>Network Environment</i>	<i>Texos Blockchain</i>
<i>Database</i>	Redis Enterprise, MongoDB Compass
<i>Testnet</i>	Ghosnet

B.
S

system overview *Serious game* menggunakan *smart contract blockchain*

Algoritma UserRegistration () Aktor yang terlibat dalam node jaringan Texos, Unity 3D, dan *smart contract blockchain* terlihat pada tabel 5.17

Tabel 5. 17. Algoritma *smart contract blockchain* pada UserRegistration(UR)

```

Algorithn 1 UserRegistration(UR) ()
void RegisterUser(){

    Loader.Instance.ShowLoader(); UserData data = new UserData();
    data.userAddress =UserDataPersistent.Instance.User.userAddress;
    data.name = inputName.text;

    data.registeredEmail =
    inputEmail.text; data.idCard =
    inputIdCard.text;

    data.role = GetRole(dropdownRole.value); dataUser.data.role =
    data.role; UserDataPersistent.Instance.User = data; string jsonData
    =JsonUtility.ToJson(data);

    StartCoroutine(FarmingAPI.PostRequest(Const.URL_USER,jsonData,
    onCallbackRegisterUser));

}

```

Tabel 5. 18. Algoritma Farmer Shop (FSH) pada *smart contract blockchain*

Algoritma 2 Farmer Shop (FSH) []

```
public void AddItemToMarket(int itemID, int price, string entryType
= "farmer"){

Debug.Log("Adding Item " + itemID + " to Market with the price of " +
price); string entryPoint = "addToMarket";

var parameter = new
MichelinePrim{ Prim =
PrimType.Pair,

Args = new List<IMicheline>{

new MichelinePrim{

Prim = PrimType.Pair,

Args = new List<IMicheline>{

new MichelineInt(0), // (currency ID = 0)
represents coins new MichelineInt(price),}},

new MichelineInt(itemID), // ini adalah item id int

new MichelineString(entryType) // ini adalah item id
string}}.ToJson();

Tezos.Wallet.CallContract(contractAddress, entryPoint,
parameter, 0);
```

Tabel 5. 19. Algoritma Farmer KUD Transaction (FK) *smart contract blockchain*

Algoritma 3 Farmer KUD Transaction (FK) ()
<pre> public void BuyItem(string owner, int itemID){ const string entryPoint = "buy"; Debug.Log(\$"owner {owner}"); var parameter = new MichelinePrim{ Prim = PrimType.Pair, Args = new List<IMicheline>{ new MichelineString(o wner), new MichelineInt(item ID)} }.ToJson(); Logger.LogDebug(contractAddress + " " + entryPoint + parameter); Tezos.Wallet.CallContract(contractAddress, entryPoint, parameter, 0); </pre>

5.14 Heuristic Evaluation pada User Experience

User experience untuk kesesuaian fitur dan kebutuhan pengguna dalam menggunakan *Serious game* sehingga dapat menimbulkan kenyamanan aktor terkait dalam transaksi menggunakan *smart contract blockchain*.

Tabel 5. 20. Penjelasan task pada user experience

No. Task	Task	Penjelasan Task
Task 1	<i>User Registration (UR)</i>	Pendaftaran transaksi <i>smart contract</i> pada <i>game</i>
Task 2	<i>Farmer Stock (FS)</i>	Transaksi kegiatan petani menanam hingga memanen tersimpan pada <i>Farmer Stock (FS)</i>
Task 3	<i>Farmer Shop (FSH)</i>	Transaksi petani menjual hasil pertaniannya pada <i>Farmer Shop (FSH)</i>
Task 4	<i>Farmer KUD Transaction (FK)</i>	Petani dan KUD melakukan transaksi jual beli pada <i>FarmerKUDTransaction (FK)</i>
Task 5	<i>KUD Stock (KS)</i>	KUD membeli hasil panen dari petani tersimpan pada <i>KUDStock(KS)</i>
Task 6	<i>KUD Shop (KSH)</i>	KUD Menjual hasil panen dari petani kepada <i>customer</i> menampilkan pada <i>KUDShop (KSH)</i>
Task 7	<i>FarmerAuction(FA)</i>	Transaksi penawaran atau lelang hasil panen dari petani
Task 8	<i>FarmerKUDBidding Transaction (FBT)</i>	Transaksi yang dilakukan oleh petani dan KUD telah disetujui dari hasil penawaran lelang
Task 9	<i>KUD CustomerTransaction (KD)</i>	Transaksi penjualan dan pembelian antara KUD dan <i>customer</i>
Task 10	<i>Customer Stock (CS)</i>	Konsumen membeli hasil panen dari KUD dan menyimpan transaksi dan data tersebut pada <i>Customer Stock (CS)</i>

Peserta sebanyak 30 orang melakukan transaksi User Registration (UR) dengan 10 orang berperan sebagai aktor farmer, 6 orang berperan sebagai aktor Koperasi Unit Desa, 4 sebagai aktor distribusi dan 10 sebagai aktor konsumen. Game ini dimulai dari petani melakukan transaksi menanam hingga

panen pada transaksi FarmerStock dengan 10 orang berperan petani serta menampilkan pada transaksi FarmerShop (FSH) petani 5 orang dan berperan sebagai Koperasi Unit Desa sebanyak 5 orang.

FarmerKUDTransaction (FK) terdiri dari 9 aktor berperan sebagai farmer sebanyak 5 orang dan 4 aktor berperan sebagai Koperasi Unit Desa melakukan proses transaksi jual beli hasil panen.

KUDStock (KS) berperan sebagai Koperasi Unit Desa sebanyak 5 aktor & KUD Shop (KSH) 6 aktor berperan sebagai Koperasi Unit Desa menampilkan hasil panen yang dibeli dari farmer. 2 aktor berperan sebagai Koperasi Unit Desa, 1 aktor berperan sebagai distributor, 3 aktor berperan sebagai konsumen. KUDConsumerTransaction (KD) transaksi jual beli antara Koperasi Unit Desa dan farmer berperan sebagai aktor Koperasi Unit Desa sebanyak 5 orang, aktor konsumen sebanyak 5 orang.

ConsumerStock (CS) 12 pengguna meliputi petani sebanyak 3, Koperasi Unit Desa sebanyak 2, distributor 2, konsumen 5,

Transaksi menggunakan smart bidding farmerauction(FA) 6 petani dan 6 Koperasi Unit Desa melakukan transaksi sistem lelang, 12 aktor yang berperan yaitu petani dan Koperasi Unit Desa FarmerKUDBiddingTransaction (FBT).

Tabel 5. 21. Pengujian Tingkat kesuksesan aplikasi

No	Task	Petani	KUD	Distributor	Konsumen	Success Rate
Task 1	User Registration (UR)	V	V	V	V	100%
Task 2	Farmer Stock (FS)	V				80%
Task 3	Farmer Shop (FSH)	V	V			90%
Task 4	Farmer KUD Transaction (FK)	V	V			75%
Task 5	KUD Stock (KS)		V			100%
Task 6	KUD Shop (KSH)		V	V	V	90%
Task 7	FarmerAuction (FA)	V	V			55%
Task 8	FarmerKUD Bidding Transaction (FBT)	V	V			75%
Task 9	KUD Customer Transaction (KD)			V	V	78%
Task 10	Customer Stock (CS)	V	V	V	V	88%



Gambar 5. 21. Success rate pada Serious game supply chain management

Tabel 5. 22. Masalah *usability testing*

Transaksi	<i>Heuristic</i>	<i>Both</i>	<i>User Testing</i>
User Registration (UR)	Tombol <i>connect</i> tidak terlihat jelas	Loading <i>scan qr code</i> lama untuk masuk ke halaman utama	
Farmer Stock (FS)	Tampilan petani menanam serta hasil panen pada <i>stock list</i> sudah sesuai		
Farmer Shop (FSH)	Ketika petani menjual masih menulis jumlah stok tidak dapat otomatis muncul jumlah stok	Warna yang tidak konsisten pada huruf, bagan, dll	
Farmer KUD Transaction (FK)	Tampilan penjualan petani sebagai KUD tombol berwarna hijau \$ seharusnya muncul menampilkan teks “pilih”	Transaksi sebagai KUD ketika login tidak ada umpan balik untuk pesanan beli atau jual. Tidak ada deskripsi untuk ikon atau perubahan disajikan pada saat transaksi.	Tidak ada umpan balik untuk jumlah gas fee atau perubahan ikon total transaksi. Tidak ada informasi yang disediakan tentang gas fee transaksi
KUD Stock (KS)	Tampilan penjualan petani sebagai KUD tombol berwarna hijau \$ seharusnya muncul menampilkan teks “pilih” dan tidak muncul tampilan gudang KUD		
KUD Shop (KSH)	KUD menjual hasil pertanian pada konsumen tetapi proses penyimpanan pada <i>blockchain</i> tersimpan pada txn hash tidak muncul pada <i>game</i> ini	Tidak ada umpan balik untuk pesanan beli atau jual. Tidak ada deskripsi untuk ikon atau perubahan disajikan pada saat transaksi.	

Transaksi	<i>Heuristic</i>	<i>Both</i>	<i>User Testing</i>
Farmer Auction (FA)	Tampilan transaksi <i>FarmerAuction</i> (FA) sudah cukup baik.	Tidak ada informasi yang tersedia tentang gas fee transaksi	
FarmerKUD Bidding Transaction (FBT)	Tampilan <i>FarmerKUDBidding Transaction</i> (FBT). Tidak ada informasi yang disediakan tentang gas fee transaksi		
KUD Consumer Transaction (KD)	Transaksi penjualan antara KUD dan <i>consumer</i> tidak ada deskripsi untuk ikon atau perubahan yang disajikan pada saat transaksi.	Tidak ada informasi yang disediakan tentang gas fee transaksi	Tidak ada umpan balik untuk jumlah gas fee atau perubahan ikon total transaksi
Consumer Stock (CS)	Tampilan pada <i>consumer stock</i> belum terlihat detail identitas konsumen.		
KUD Shop (KSH)	KUD menjual hasil pertanian pada konsumen tetapi proses penyimpanan pada <i>blockchain</i> tersimpan pada txn hash tidak muncul pada game ini	Tidak ada umpan balik untuk pesanan beli atau jual. Tidak ada deskripsi untuk ikon atau perubahan disajikan pada saat transaksi.	
Farmer Auction (FA)	Tampilan transaksi <i>FarmerAuction</i> (FA) sudah cukup baik.	Tidak ada informasi yang tersedia tentang gas fee transaksi	
FarmerKUD Bidding Transaction (FBT)	Tampilan <i>FarmerKUDBidding Transaction</i> (FBT). Tidak ada informasi yang disediakan tentang gas fee transaksi		

Transaksi	<i>Heuristic</i>	<i>Both</i>	<i>User Testing</i>
KUD Consumer Transaction (KD)	Transaksi penjualan antara KUD dan consumer tidak ada deskripsi untuk ikon atau perubahan yang disajikan pada saat transaksi.	Tidak ada informasi yang disediakan tentang gas fee transaksi	Tidak ada umpan balik untuk jumlah gas fee atau perubahan ikon total transaksi
Consumer Stock (CS)	Tampilan pada consumer stock belum terlihat detail identitas konsumen.		

Pengujian buku ini menggunakan metode SUS (System Usability Scale) adalah metode yang digunakan untuk mengukur kegunaan suatu sistem (Karami, et.al., 2024). Berikut adalah langkah-langkah untuk melakukan pengujian dengan metode SUS:

- a. Partisipan: Dengan memilih sejumlah partisipan sebanyak 30 partisipan demografi pengguna akhir dari sistem yang akan diuji.
- b. Berikut ini adalah beberapa pertanyaan terkait metode SUS tentang testing usability kepada stakeholder yang hasilnya dapat dilihat di gambar 5.21 dan tabel 5.23
 1. Apakah mudah dipahami transaksi User Registration (UR) membuat akun hingga login? (Positif)
 2. Apakah tampilan Farmer Stock (FS) terlalu rumit untuk aktor petani dalam proses menanam hingga panen? (Negatif)
 3. Apakah Farmer Shop (FSH) yang terjadi dalam transaksi penjualan ke toko Farmer Stock (FS) sudah sesuai dengan jumlah hasil panen? (Positif)
 4. Apakah transaksi penjualan Farmer KUD Transaction (FK) antara petani dan KUD sangat membingungkan? (Negatif)
 5. Apakah tampilan KUD Stock mudah digunakan?

(Positif)

6. Apakah ada inkonsistensi pada KUD Shop (KSH) untuk penjualan ke KUD stok sudah sesuai dengan hasil pembelian dari petani? (Negatif)
7. Apakah tampilan farmer auction dapat membuat petani mudah digunakan dalam melakukan proses lelang? (Positif)
8. Apakah terlalu membingungkan FarmerKUDBiddingTransaction pada proses lelang penjualan antara petani dan KUD? (Negatif)
9. Apakah transaksi penjualan KUD ConsumerTransaction (KD) antara KUD dan consumer dapat digunakan? (Positif)
10. Apakah tampilan consumer stock susah dipahami sebagai informasi dari consumer? (Negatif)

c. Pengujian pada game ini menggunakan usability skala likert yang merupakan metode untuk mengukur tanggapan positif atau negatif terkait suatu pernyataan. Skala likert yang digunakan adalah skala likert dengan lima kategori yaitu. 1 = sangat tidak setuju, 2 = tidak setuju, 3 = netral, 4 = setuju, 5= sangat setuju.

d. Untuk menghitung Skor SUS langkah-langkahnya sebagai berikut.

Setelah kuesioner SUS disebarakan oleh para responden yang telah dipilih serta memberikan penilaian terhadap 10 pertanyaan di dalam kuesioner tersebut. langkah selanjutnya adalah melakukan proses perhitungan untuk data kuisisioner tersebut. Ada beberapa aturan dalam melakukan perhitungan skor SUS sebagai berikut

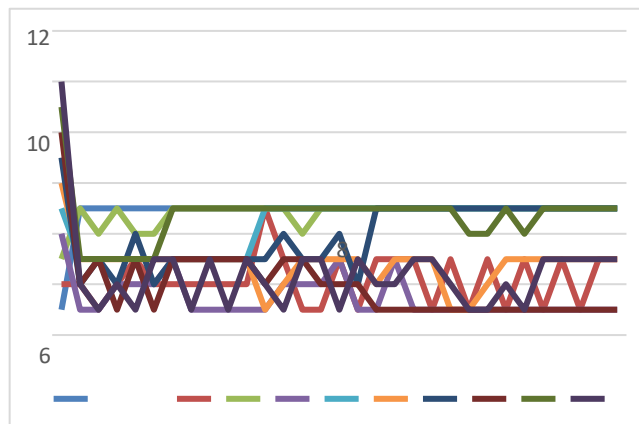
1. Setiap pertanyaan bernomor ganjil, hasil skornya dikurangi angka 1. [Penilaian pengguna - 1 = skor pertanyaan]
2. Untuk setiap pertanyaan bernomor genap, maka dapat mengurangi angka 5 dengan hasil skornya. [5 - Penilaian pengguna = skor pertanyaan]
3. Kemudian jumlahkan semua hasil skor dari setiap

pertanyaan responden, hasilnya dikalikan dengan angka 2,5.

4. $[[\text{Skor pertanyaan ke 1}] + [\text{Skor pertanyaan ke 2}] + \dots + [\text{Skor pertanyaan ke n}] * 2.5 = \text{skor responden}]$

Jumlahkan semua hasil skor setiap responden yang telah melalui langkah 1 hingga 3 diatas, dihitung nilai rata-ratanya.

$[\text{Total skor responden}] / \text{jumlah responden} = \text{Hasil Skor SUS}$



Gambar 5. 22. Chart usability pada stakeholder

Tabel 5. 23. Usability hasil pertanyaan kepada stakeholder

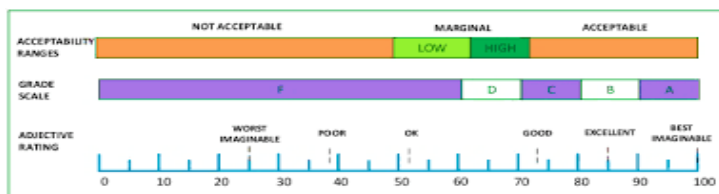
User	Pertanyaan									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	5	2	5	1	3	3	2	2	3	2
2	5	1	4	1	3	3	3	3	3	1
3	5	2	5	2	3	3	2	1	3	2
4	5	3	4	2	3	3	4	3	3	1
5	5	2	4	2	3	3	2	1	3	3
6	5	2	5	3	3	3	3	3	5	3
7	5	2	5	1	3	3	3	3	5	1
8	5	2	5	1	3	3	3	3	5	3

User	Pertanyaan									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
9	5	2	5	1	3	3	3	3	5	1
10	5	2	5	1	3	3	3	3	5	3
11	5	5	5	1	5	1	3	2	5	2
12	5	3	5	2	5	2	4	3	5	1
13	5	1	4	2	5	3	3	3	5	3
14	5	1	5	2	5	3	3	2	5	3
15	5	3	5	3	5	3	4	2	5	1
16	5	1	5	1	5	3	2	2	5	3
17	5	3	5	1	5	2	5	1	5	2
18	5	3	5	3	5	3	5	1	5	2
19	5	3	5	1	5	3	5	1	5	3
20	5	1	5	1	5	3	5	1	5	3
21	5	3	5	1	5	1	5	1	5	2
22	5	1	5	1	5	1	5	1	4	1
23	5	3	5	1	5	2	5	1	4	1
24	5	1	5	1	5	3	5	1	5	2
25	5	3	5	1	5	3	5	1	4	1
26	5	1	5	1	5	3	5	1	5	3
27	5	3	5	1	5	3	5	1	5	3
28	5	1	5	1	5	3	5	1	5	3
29	5	3	5	1	5	3	5	1	5	3
30	5	3	5	1	5	3	5	1	5	3

Tabel 5. 24. Pengolahan skor *usability* menggunakan metode SUS

Skor Hasil Hitung SUS										Jumlah	Jumlah x 2,5
Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8	Q9	Q10		
4	3	4	4	2	2	1	3	2	3	28	70
4	4	3	4	2	2	2	2	2	4	29	72.5
Skor Hasil Hitung SUS										Jumlah	Jumlah x 2,5
Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8	Q9	Q10		
4	3	4	3	2	2	1	4	2	3	28	70
4	2	3	3	2	2	3	2	2	4	27	67.5
4	3	3	3	2	2	1	4	2	2	26	65
4	3	4	2	2	2	2	2	4	2	27	67.5
4	3	4	4	2	2	2	2	4	4	31	77.5
4	3	4	4	2	2	2	2	4	2	29	72.5
4	3	4	4	2	2	2	2	4	4	31	77.5
4	3	4	4	2	2	2	2	4	2	29	72.5

Dari tabel 5.23 adalah hasil usability dari pertanyaan kepada stakeholder berupa kuisioner yang telah di input oleh responden. Pengolahan menggunakan metode SUS dihasilkan rata-rata 81,083 dengan masuk pada skala interpresentasi marginal excellent yang terlihat pada Gambar 5.22.

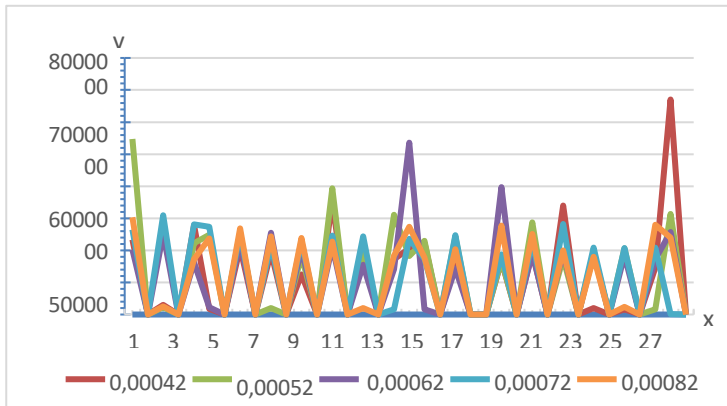


Gambar 5. 23. Skala Interpretasi hasil skor metode SUS

5.15 The User Interface Centered Testing

User interface pada tampilan grafis dari game diharapkan dapat di mengerti dengan mudah oleh aktor yang terlibat dalam *Serious game*. *Human-centred mechanism design evaluation* pada game yang menggunakan teknologi *blockchain* umumnya bertujuan untuk mengevaluasi suatu desain mekanisme dalam game tersebut yang mempertimbangkan kepentingan dan pengalaman pengguna manusia dengan memanfaatkan potensi dan karakteristik unik yang ditawarkan oleh teknologi *blockchain*. Evaluasi ini melibatkan beberapa aspek yang dapat menjadi fokus buku, seperti:

1. Pengalaman pengguna (*user experience*): Evaluasi ini melibatkan penilaian tentang sejauh mana pengguna dapat berinteraksi dengan game *blockchain* dengan nyaman dan intuitif. faktor-faktor seperti antarmuka pengguna, navigasi, dan kejelasan instruksi perlu diperhatikan untuk memastikan pengalaman pengguna yang positif.
2. Transparansi dan keamanan: Evaluasi ini mengevaluasi sejauh mana teknologi *blockchain* digunakan untuk menciptakan transparansi dan keamanan dalam game. Kemampuan untuk melacak transaksi, validasi yang terdesentralisasi, dan keamanan data harus dipertimbangkan dan dievaluasi.
3. Kepuasan pengguna: Evaluasi ini melibatkan penilaian kepuasan pengguna dengan game *blockchain*. Aspek-aspek seperti tingkat kesulitan, hiburan, keterlibatan, dan hadiah atau insentif dalam game perlu diperiksa untuk memastikan pengalaman yang memuaskan bagi pengguna.
4. Skalabilitas: Evaluasi ini mengevaluasi sejauh mana game *blockchain* dapat menangani pertumbuhan jumlah pengguna dan transaksi seiring waktu. Pertimbangan skalabilitas perlu diperhatikan untuk memastikan pengalaman bermain yang lancar dan efisien. Gambar dibawah ini time transactions and transaction fees menunjukkan gas fee terlihat pada gambar 5.23.



Gambar 5. 24. Penggunaan gas fee pada *serious game supply chain management*

5.16 Kesimpulan *Serious game Supply chain management* Berbasis *Blockchain Smart contract* dan Evaluasi Metode Heuristic Evaluation

Buku ini membahas tentang *Serious game* sebagai simulasi smart agriculture untuk mendukung transaksi pada *supply chain management*. Transaksi dilakukan tanpa melibatkan pihak ketiga seperti perantara karena teknologi *blockchain* telah terdesentralisasi pembagian data dan sistem penelusuran transaksi jual beli. Data transaksi dicatat dalam buku besar menggunakan kontrak pintar, dan setiap transaksi melibatkan aktor seperti petani, Koperasi Unit Desa, distributor, dan konsumen. *Smart contract* User Registration (UR), FarmerStock & FarmerShop (FSH), FarmerKUDTransaction (FK), KUDStock (KS) & KUD Shop (KSH), KUDConsumerTransaction (KD), FarmerAuction(FA), FarmerKUDBidding Transaction (FBT) dan ConsumerStock (CS) dapat melacak dan mengintegrasikan seluruh transaksi. Game berbasis skenario *smart contract* digunakan untuk memfasilitasi transaksi jual beli dan melacak transaksi data secara transparan. Skenario tersebut kemudian disimulasikan untuk petani yang mengelola lahan

pertanian besar. Petani dapat melakukan promosi harga dengan baik dan dapat memenuhi kebutuhan konsumen. *Smart contract* yang kami rancang merespons aktor terkait untuk memverifikasi identitas aktor dalam transaksi. Tanda tangan digital menentukan validitas data dan disimpan secara permanen di *blockchain* yang terdesentralisasi pada aplikasi *Serious game*. Penawaran cerdas menggunakan *smart contract blockchain* dalam penawaran harga pertanian dapat meningkatkan keuntungan tanpa melibatkan perantara, mengoptimalkan harga sesuai kondisi pasar, meningkatkan efisiensi, dan memberikan akses yang lebih baik ke informasi pasar dalam permainan simulasi pertanian. Buku ini juga mengembangkan game menggunakan Unity 3D development platform, bahasa pemrograman menggunakan solidity, *texos blockchain* sebagai web3 development platform dan dapp sebagai backend *blockchain*, network environment polygon ethereum, dan database yaitu redis enterprise, mongoDB compass, dan ghosnet. Hasil pengujian *smart contract blockchain* menunjukkan bahwa data transaksi yang disimpan dalam rantai node yaitu mongoDB compass, network environment *texos blockchain* testnet ghosnet, dan unity 3D berhasil terhubung dengan data yang diperoleh dari transaksi TxnHash: 0x877ed5dc6eec 2ce45530b40d berhasil disimpan dan disimpan di MonggoDB Compass dan ditampilkan di unity 3D *Smart contract* Call: Asset/Script/Web3Utils/SmartContractCall.cs:99, Status: Success, Block: 30772817, Timestamp: 41 secs ago(Jan-10-2023 08:29:07 AM_UTC) from Consumer: 0x9cdc46141ed...95910Ba9ae to Village Unit Cooperative: 0x193df....780bbb2f8, Value: 0.2645303 Matic, Transaction Fee: 0.000031500000315. Hasil evaluasi metode heuristic evaluation berdasarkan user interface pada tampilan grafis dari game diharapkan dapat di mengerti dengan mudah oleh aktor yang terlibat dalam *Serious game* and user experience. Selain itu, kesesuaian fitur dan kebutuhan pengguna dalam menggunakan *Serious game* dapat menimbulkan kenyamanan aktor terkait

dalam transaksi menggunakan *smart contract blockchain*. Untuk menghindari kebingungan dalam memainkan game ini dapat melihat hasil:*smart contract* User Registration (UR) 100%, FarmerStock 80% & FarmerShop (FSH) 90%, FarmerKUDTransaction (FK) 75%, KUDStock (KS) 100% & KUD Shop (KSH) 90%, KUDConsumerTransaction (KD) 78%, FarmerAuction(FA) 55%, FarmerKUDBidding Transaction (FBT) 75% dan ConsumerStock (CS) 88% serta hasil usability dari pertanyaan kepada stakeholder berupa kuisioner yang telah di input oleh responden. Pengolahan usability menggunakan metode SUS dihasilkan rata-rata 81,083 dengan masuk pada skala interpresentasi marginal excellent. Batasan buku ini adalah belum menerapkan teknologi terkini selain yang digunakan dalam makalah ini. Pengembangan di masa depan dapat mengembangkan kombinasi beberapa metode berbeda dari *smart contract blockchain* menggunakan artifical intelligence, machine learning, dan deep learning untuk mengembangkan *Serious game*. penulis juga dapat membuat game menggunakan teknologi metaverse sehingga manfaat *smart contract blockchain* mempunyai nilai lebih.

BAB VII

PENUTUP

Buku ini membahas mengenai teknologi *blockchain smart contract*, *ambient intelligence*, *supply chain management*, *hyperledger fabric*, *RFID (radio frequency identification)*, dan *GPS* sebagai media pelacakan informasi pertanian untuk mengatasi masalah *bullwhip* dalam fluktuasi manajemen rantai pasok serta tidak transparannya informasi yang di dapat. Teknologi *ambient intelligence* digunakan untuk merespon lingkungan secara *automatic execution smart contract* dalam menyelesaikan masalah *bullwhip*. Teknologi *blockchain* dan *RFID (radio-frequency identification)* dapat membantu mengatasi masalah ini dengan menciptakan transparansi dan keandalan dalam manajemen rantai pasok. Model teknologi *ambient intelligence*, *Sensor RFID*, dan teknologi *blockchain smart contract* yaitu ontologi lingkungan, *smart contract*, ontologi pengguna dan sistem pengendalian/sistem informasi.

Serious game sebagai media pembelajaran untuk mensimulasikan rantai pasok dari petani hingga konsumen. *Serious game* merupakan kolaborasi *supply chain management*, teknologi *blockchain* dan *smart contract* sebagai penghubung antara produk dari petani dan konsumen. Transaksi pada teknologi *blockchain* disimpan dalam buku besar dan database disimpan secara pribadi. Teknologi *blockchain* dan *smart contract* memfasilitasi kontrak atau perjanjian antara satu pihak tanpa melibatkan pihak ketiga serta dapat berkomunikasi dengan aktor yang terlibat. Aktor yang terlibat dalam teknologi *blockchain smart contract* adalah petani, Koperasi Unit Desa, distributor, dan konsumen. Aplikasi ini terdesentralisasi dari pemotongan jalur distribusi baru sehingga kebutuhan konsumen tercukupi dan kesejahteraan petani meningkat dengan menggunakan teknologi *blockchain*. Buku ini masih memiliki

keterbatasan dan kekurangan, sehingga masih perlu penyempurnaan melalui pengembangan pada buku selanjutnya, diantaranya sebagai berikut :

1. Buku ini ini belum menerapkan teknologi terkini selain *blockchain*. Pengembangan buku ini selanjutnya dapat mengembangkan kombinasi beberapa metode berbeda pada teknologi *blockchain* dan *smart contract* menggunakan kecerdasan buatan, *deep learning* dan *machine learning*. Selain itu juga dapat mengembangkan *Serious game* menggunakan teknologi *metaverse*. Sehingga manfaat *smart contract* berbasis teknologi *blockchain* mempunyai nilai lebih.
2. Perlunya pengembangan lebih lanjut mengenai pengembangan metode optimasi lainnya untuk tujuan lain seperti memaksimalkan keuntungan petani, KUD dan konsumen berbasis teknologi *blockchain* dalam memudahkan pelacakan transaksi.
3. Perlunya pengembangan lanjutan untuk penerapan *Serious game* dalam lingkungan virtual *Serious game* lebih mendalam antara obyek dan aktor agar visualisasi terlihat kondisi sebenarnya.

Saran untuk implementasi buku ini kepada *stakeholder* yaitu:

- a. Mengembangkan infrastruktur teknologi informasi dengan mengembangkan penerapan teknologi *blockchain* dan memastikan ketersediaan internet untuk daerah-daerah pertanian dalam mendukung transaksi berbasis *blockchain*.
- b. Kerjasama dengan perusahaan teknologi maupun berkolaborasi dengan universitas dan lembaga pendidikan lainnya.
- c. Edukasi dan pelatihan dengan mensosialisasikan manfaat dan cara kerja teknologi *blockchain* kepada petani, distributor dan konsumen untuk pelatihan khusus tentang

penggunaan teknologi *blockchain*.

- d. Pembangunan platform teknologi *blockchain* sesuai kebutuhan sektor pertanian lokal.
- e. Regulasi dan kebijakan penggunaan teknologi *blockchain* dengan memastikan adanya perlindungan data dan keamanan bagi semua pihak yang terlibat dalam transaksi *blockchain*.
- f. Monitoring dan evaluasi untuk mengetahui dan mengevaluasi penerapan teknologi *blockchain* dan melakukan perbaikan dan peningkatan sistem.
- g. Dukungan finansial maupun insentif bagi petani dan KUD untuk beralih menggunakan teknologi *blockchain*. Petani diharapkan dapat memulai proses transformasi digital di sektor pertanian untuk dapat meningkatkan efisiensi, transparansi, dan kesejahteraan para petani.

DAFTAR PUSTAKA

- Abeyratne, S., In, R. M.-I. journal of research, & Undefined. (2016). *Blockchain ready manufacturing supply chain using distributed ledger*. International Journal of Research in Engineering and Technology, 09, 1– 10.
- Aguiar, V., Rosly, M., And, M. N.-S. in S., (2018). A Single Player *Serious game* for Sustainable *Supply chain management*. Jstage.Jst.Go.Jp, 28(1), 60–72. https://doi.org/https://doi.org/10.32165/jasag.28.1_60
- Arkeman, Y. (2019). IPB 4.0: pemikiran, gagasan, dan implementasi.
- Al Ahmed, M. T., Hashim, F., Hashim, S. J., & Abdullah, A. (2022). Hierarchical *blockchain* structure for node authentication in IoT networks. Egyptian Informatics Journal, 23(2), 345-361.
- Ali, S. I. M., Farouk, H., & Sharaf, H. (2022). A *blockchain*-based models for student information systems. Egyptian Informatics Journal, 23(2), 187- 196.
- Ali, G., Dida, M. A., & Sam, A. E. (2022). Heuristic Evaluation and Usability Testing of G-MoMo Applications. Journal of Information Systems Engineering and Management, 7(3). <https://doi.org/10.55267/iadt.07.12296>
- Apriyantono, A. (2006). Pembangunan Pertanian di Indonesia Tahun 2004- 2009. Departemen Pertanian.

- Asaf, K., Rehman, R. A., & Kim, B. S. (2020). *Blockchain technology in named data networks: A detailed survey*. *Journal of Network and Computer Applications*, 171, 102840.
- Aouam, T., Research, N. B.-E. J. of O., & 2013, U. (2013a). Integrated production planning and order acceptance under uncertainty: A robust optimization approach. *European Journal of Operational Research*, 228(3), 504–515. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2013.02.010>
- BPS. (2022). *Distribusi Perdagangan Komoditas Cabai Merah di Indonesia 2022*. 8201019(2745–6722).
- Borselli, A. (2020). *Smart contracts in insurance: a law and futurology perspective* (pp. 101-125). Springer International Publishing.
- Borah, M. D., Naik, V. B., Patgiri, R., Bhargav, A., Phukan, B., & Basani,
- Bottoni, P., Gessa, N., Massa, G., Pareschi, R., Selim, H., & Arcuri, E. (2020). *Intelligent Smart Contracts for Innovative SupplyChain Management*. *Frontiers in Blockchain*, <https://doi.org/10.3389/FBLOC.2020.535787/FULL>
- Buiel, E. F. T., Buiel, E. F. T., Visschedijk, G. C., Lebesque, L. H. E. M., Lucassen, I. M. P. J., Van Riessen, B., Van Rijn, A., & Te Brake, G. M. (2015). *Synchro mania-design and evaluation of a Serious game creating a mind shift in transport planning*. *Isaga*, 1–12.

- Callaghan, M., Savin-Baden, M., McShane, N., & Gomez Eguiluz, A. (2017). Mapping Learning and Game Mechanics for *Serious games* Analysis in Engineering Education. *IEEE Transactions on Emerging Topics in Computing*, 5(1), 77–83. <https://doi.org/10.1109/TETC.2015.2504241>
- Chang, K. H. (2015). Multiobjective optimization and advanced topics. *e- Design*, 1105-1173.
- Cook, D. J., Augusto, J. C., & Jakkula, V. R. (2009). Ambient intelligence: Technologies, applications, and opportunities. *Pervasive and Mobile Computing*, 5(4), 277–298. <https://doi.org/10.1016/j.pmcj.2009.04.001>
- De Angelis, S., Aniello, L., Baldoni, R., Lombardi, F., Margheri, A., & Sassone, V. (2018). PBFT vs proof-of-authority: Applying the CAP theorem to permissioned *blockchain*. In *CEUR workshop proceedings* (Vol. 2058). CEUR-WS.
- Despoudi, S. (2016). An investigation of the collaboration-postharvest food loss relationship and the effect of the environmental turbulence factors (Doctoral dissertation, Loughborough University).
- Desurvire, H., & Wiberg, C. (2009). Game usability heuristics (PLAY) for evaluating and designing better games: The next iteration. In *Online Communities and Social Computing: Third International Conference, OCSC 2009, Held as Part of HCI International 2009, San Diego, CA, USA, July 19-24, 2009. Proceedings 3* (pp. 557-566). Springer Berlin Heidelberg.

- Di Stefano, A., Maesa, D. D. F., Das, S. K., & Liò, P. (2020). Resolution of *Blockchain* Conflicts through Heuristics-based Game Theory and Multilayer Network Modeling. ACM International Conference Proceeding Series, Part F1656. <https://doi.org/10.1145/3369740.3372914>
- Fabian, B., Ermakova, T., Krah, J., Lando, E., & Ahrary, N. (2018). Adoption of security and privacy measures in bitcoin-stated and actual behavior. Available at SSRN 3184130.
- Fredendall, L., & Hill, E. (2000). Basics of *supply chain management*.
- Ferreira, P. C., Veiga Simão, A. M., Paiva, A., Martinho, C., Prada, R., Ferreira, A., & Santos, F. (2021). Exploring empathy in cyberbullying with *Serious games*. Computers and Education, 166 (September 2020). <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2021.104155>
- Galli, M., Mezzogori, D., Reverberi, D., Romagnoli, G., & Zammori, F. (2021). Experiencing the Role of Cooperation and Competition in Operations and *Supply chain management* with a Multiplayer *Serious game*. IFIP Advances in Information and Communication Technology, 633 IFIP, 491–499. https://doi.org/10.1007/978-3-030-85910-7_52
- Garcia-Teruel, R. M. (2020). Legal challenges and opportunities of *blockchain* technology in the real estate sector. Journal of Property, Planning and Environmental Law, 12(2), 129–145. <https://doi.org/10.1108/JPPPEL-07-2019-0039>
- GuoHua, Z., & Wei, W. (2021). Study of the Game Model of E-Commerce Information Sharing in an Agricultural Product Supply Chain based on fuzzy big data and LSGDM. Technological Forecasting and Social Change, 172, 121017.

- Ghazal, T. M., Hasan, M. K., Abdullah, S. N. H. S., Bakar, K. A. A., & Al Hamadi, H. (2022). Private *blockchain*-based encryption framework using computational intelligence approach. *Egyptian Informatics Journal*, 23(4), 69-75.
- Github KUD Stock. (n.d.).
<https://github.com/AstridNovitaPutri/alghorithmBlockchain/blob/main/KU DStockController.cs>
- Github CustomerStock. (n.d.).
<https://github.com/AstridNovitaPutri/alghorithmBlockchain/blob/main/CustomerStockController.cs>
- GuoHua, Z., & Wei, W. (2021). Study of the Game Model of E-Commerce Information Sharing in an Agricultural Product Supply Chain based on fuzzy big data and LSGDM. *Technological Forecasting and Social Change*, 172, 121017.
- Hasan, H., AlHadhrami, E., AlDhaheri, A., Salah, K., & Jayaraman, R. (2019). *Smart contract*-based approach for efficient shipment management. *Computers and Industrial Engineering*, 136, 149–159.
<https://doi.org/10.1016/j.cie.2019.07.022>
- Hatiskar, V., & G., A. (2018). *Blockchain* and it's Integration with Supply Chain. *International Journal of Computer Applications*, 179(52), 20–24.
<https://doi.org/10.5120/ijca2018917335>
- Hanafizadeh, P., & Sherkat, M. H. (2009). Designing fuzzy-genetic learner model based on multi-agent systems in *supply chain management*. *Expert Systems with Applications*, 36(6), 10120-10134.

- Istiana, F. A. (2018). Analisis Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Nilai Tukar Petani di Indonesia Tahun 2013-2017. *jurnal penelitian universitas islam indonesia*, 53(1), 1–8.
- Jamil, F., Ibrahim, M., Ullah, I., Kim, S., Kahng, H. K., & Kim, D. H. (2022). Optimal *smart contract* for autonomous greenhouse environment based on IoT *blockchain* network in agriculture. *Computers and Electronics in Agriculture*, 192, 106573.
- Jang, H., Han, S. H., & Kim, J. H. (2020). User Perspectives on *Blockchain* Technology: User-Centered Evaluation and Design Strategies for DApps. *IEEE Access*, 8, 226213–226223.
<https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.3042822>
- Kamilaris, A., Fonts, A., & Prenafeta-Boldú, F. X. (2019). The rise of *blockchain* technology in agriculture and food supply chains. *Trends in food science & technology*, 91, 640-652.
- Kappelman, A. C., & Sinha, A. K. (2021). Optimal control in dynamic food supply chains using big data. *Computers and Operations Research*, 126, 105117.
<https://doi.org/10.1016/j.cor.2020.105117>
- Karami, A. F., Nurhayati, H., & Arif, Y. M. (2024). Design and Evaluation of Maliki V-Lab: A Metaverse-Based Virtual Laboratory for Computer Assembly Learning in Higher Education. *International Journal of Information and Education Technology*, 14(6).
- Kaur, S., Chaturvedi, S., Sharma, A., & Kar, J. (2021). A research survey on applications of consensus protocols in *blockchain*. *Security and Communication Networks*, 2021(1), 6693731.

- Kim, S. K. (2019). *Blockchain Governance Game*. Computers and Industrial Engineering, 136(July), 373–380. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2019.07.004>
- Kerikmäe, T., & Rull, A. (2016). The future of law and etechnologies. The Future of Law and ETechnologies, 1–233. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-26896-5>
- Korpela, K., Hallikas, J., & Dahlberg, T. (2017). Digital supply chain transformation toward *blockchain* integration.
- Krejci, C., & Beamon, B. (2015). Impacts of farmer coordination decisions on food supply chain structure.
- Kubáč, L. (2018). RFID technology and *blockchain* in supply chain.
- Lamarque, M. (2016). The *blockchain* revolution: new opportunities in equity markets (Doctoral dissertation, Massachusetts Institute of Technology).
- Law, A. (2017). *Smart contracts* and their application in *supply chain management*. Massachusetts Institute of Technology, System Design and Management Program., 75–79.
- Liu, H., Han, D., & Li, D. (2020). Fabric-IoT: A *blockchain*-based access control system in IoT. IEEE Access, 8, 18207-18218.
- Leite, L. da S., de Farias Neto, A. R., de Lima, F. L., & Chaim, R. M. (2021). Analyzing and Modeling Critical Risks in Software Development Projects: A Study Based on RFMEA and Systems Dynamics. In Advances in Intelligent Systems and Computing: Vol. 1368 AISC. https://doi.org/10.1007/978-3-030-72654-6_3

- Lin, H., Jhan, Y., ... Y. L.-J. of O. P. and C., & 2022, U. (2022). Learners' Hierarchical Value Structures in Educational Simulation Games of *Supply chain management*. International Journal of Online Pedagogy and Course Design (IJOPCD) Igi-Global.Com, 12(1).
- Marchese, A., & Tomarchio, O. (2022). A *Blockchain*-Based System for Agri-Food Supply Chain Traceability Management. SN Computer Science, 3(4). <https://doi.org/10.1007/S42979-022-01148-3>
- Marsh, T. (2011). *Serious games* continuum: Between games for purpose and experiential environments for purpose. Entertainment Computing, 2(2), 61–68. <https://doi.org/10.1016/j.entcom.2010.12.004>
- Mittal, A., Gupta, M. P., Chaturvedi, M., Chansarkar, S. R., & Gupta, S. (2021). Cybersecurity Enhancement through *Blockchain* Training (CEBT) – A *Serious game* approach. International Journal of Information Management Data Insights, 1(1). <https://doi.org/10.1016/j.jjime.2020.100001>
- Maia, N. P., Bonassa, J., Lonardoni, J. A. C., & Holanda, M. A. (2015). Heuristic Evaluation And Realistic Simulation: A New Methodology For The Design Of User Centered Interfaces For Mechanical Ventilators. In B44. Invasive And Non-Invasive Mechanical Ventilation (pp. A3169-A3169). American Thoracic Society. (Jerzak & Rebelo, 2014)
- Mubarok, A. Y., & Chotijah, U. (2021). Playability Evaluation using the Heuristic Evaluation of Playability Method in Warcraft 3 Reforged. Edumatic: Jurnal Pendidikan Informatika, 5(2), 344–351. <https://doi.org/10.29408/edumatic.v5i2.4215>

- Nalinipriya, G., Sangeetha, R., Saniya, K., & Navaraths, S. D. (2019). Agro Bidding-A Smart Dynamic System for Enhancement of Farmer's Lifestyle. 2019 International Conference on Smart Structures and Systems (ICSSS). <https://doi.org/10.1109/ICSSS.2019.8882845>
- Naga Nithin, G., Egala, B. S., & Pradhan, A. K. (2021). Global Level Smart Vaccination Tracking System using *Blockchain* and IoT. Proceedings - 2021 IEEE International Symposium on Smart Electronic Systems, ISES 2021, 450–455. <https://doi.org/10.1109/iSES52644.2021.00106>
- Natanelov, V., Cao, S., Foth, M., & Dulleck, U. (2022). *Blockchain smart contracts* for supply chain finance: Mapping the innovation potential in Australia-China beef supply chains. Journal of Industrial Information Integration, 30, 100389. (Sohrabi & Azgomi, 2020)
- Nonaka, T., Miki, K., Odajima, H. M.-, & 2016, U. (2016). Analysis of dynamic decision making underpinning supply chain resilience: a *Serious game* approach. IFAC-PapersOnLine, 49(19), 474–479. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2016.10.632>
- Oktaviani, S., Rofatin, B., & Nuryaman, H. (2021). Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Nilai Tukar Petani Subsektor Hortikultura di Indonesia Tahun 2014-2018. Jurnal Agristan, 3(1), 44–53. <https://doi.org/10.37058/ja.v3i1.3075>
- Pathumnakul, S., Piewthongngam, K., & Khamjan, S. (2009). Integrating a shrimp-growth function, farming skills information, and a supply allocation algorithm to manage the shrimp supply chain. Computers and electronics in agriculture, 66(1), 93-105.

- Peng, H., & Pang, T. (2019). Optimal strategies for a three-level contract- farming supply chain with subsidy. *International Journal of Production Economics*, 216(April), 274–286. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2019.06.011>
- Pishdad-Bozorgi, P., Yoon, J. H., & Dass, N. (2020). *Blockchain-based information sharing: A new opportunity for construction supply chains*. *EPiC Series in Built Environment*, 1, 274-282.
- Prateek Kumar Tripathi, Chandra Kant Singh, Rakesh Singh, A. K. D. (2022). A farmer-centric agricultural decision support system for market dynamics in a volatile agricultural supply chain. *Benchmarking: An International Journal*, 1463–5771.
- Putri, A. N., Hariadi, M., & Wibawa, A. D. (2020). Smart Agriculture Using *Supply chain management* Based on Hyperledger *Blockchain*. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 466(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/466/1/012007>
- Putri, A. N., Hariadi, M., & Rachmad, R. F. (2023). Supply chain management serious game using blockchain smart contract. *IEEE Access*.
- Qu, F., Haddad, H., International, H. S.-2019 I., & 2019, U. (2019). *Smart contract-based secured business-to-consumer supply chain systems*. 2019. *IEEE International Conference on Blockchain (Blockchain)*.<https://doi.org/10.1109/Blockchain2019.00084>

- Rachmawati, R. R. (2020). Smart Farming 4.0 Untuk Mewujudkan Pertanian Indonesia Maju, Mandiri, Dan Modern. In Forum Penelitian Agro Ekonomi (Vol. 38, No. 2, pp. 137-154).
- Reverberi, D., Galli, M., Mezzogori, D., & Romagnoli, G. (2022). Didactical Concepts and Evaluation of a *Supply chain management Serious game*. Online-Labs in Education. <https://doi.org/10.5771/9783957104106-201>
- Reddy, G. J., Kumar, G. H. S., Lohitasya, T., Nilay, V. S., Praveen, K. S., Egala, B. S., & Pradhan, A. K. (2021, December). FarmersChain: A Decentralized Farmer Centric *Supply chain management* System Using *Blockchain* and IoT. In 2021 IEEE International Symposium on Smart Electronic Systems (iSES) (pp. 444-449). IEEE.
- Roba, J., Kuppens, T., Janssens, L., Smeets, A., Manshoven, S., & Struyven, K. (2021). *Serious games* in secondary education to introduce circular economy: experiences with the game EcoCEO. *Frontiers in Sustainability*, 2, 690232.
- Ramos, C., Augusto, J. C., & Shapiro, D. (2008). Ambient intelligence the next step for artificial intelligence. *IEEE Intelligent Systems*, 23(2), 15–18. <https://doi.org/10.1109/MIS.2008.19>
- Saberi, S., Kouhizadeh, M., Sarkis, J., & Shen, L. (2019). *Blockchain* technology and its relationships to sustainable *supply chain management*. *International journal of production research*, 57(7), 2117- 2135.

- Ştefan, I., Hauge, J., Hasse, F., Science, A. Ştefan-P. C., & 2019, U. (2019). Using *Serious games* and simulations for teaching co-operative decision- making. *Procedia Computer Science*, 162(Itqm 2019), 745–753. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2019.12.046>
- Su, S., Wang, K., & Kim, H. S. (2018, July). Smartsupply: *smart contract* based validation for supply chain *blockchain*. In 2018 IEEE international conference on internet of things (iThings) and IEEE green computing and communications (GreenCom) and IEEE cyber, physical and social computing (CPSCom) and IEEE smart data (SmartData) (pp. 988-993). IEEE.
- Saberi, S., Kouhizadeh, M., Sarkis, J., & Shen, L. (2019). *Blockchain* technology and its relationships to sustainable *supply chain management*. *International journal of production research*, 57(7), 2117- 2135.
- Sarfaraz, A., Chakraborty, R. K., & Essam, D. L. (2021). A *blockchain*- coordinated supply chain to minimize bullwhip effect with an enhanced trust consensus algorithm.
- Sudha, V., Kalaiselvi, R., & Shanmugasundaram, P. (2021, March). *Blockchain* based solution to improve the *Supply chain management* in Indian agriculture. In 2021 international conference on artificial intelligence and smart systems (ICAIS) (pp. 1289-1292). IEEE.
- S. G. M. (2020). *Supply chain management* in Agriculture Using *Blockchain* and IoT. *Studies in Big Data*, 60, 227–242. https://doi.org/10.1007/978-981-13-8775-3_11

- Shalaby, S., Abdellatif, A. A., Al-Ali, A., Mohamed, A., Erbad, A., & Guizani, M. (2020, February). Performance evaluation of hyperledger fabric. In 2020 IEEE international conference on informatics, IoT, and enabling technologies (ICIoT) (pp. 608-613). IEEE.
- Suryana, A. (2014). Menuju ketahanan pangan indonesia berkelanjutan 2025: tantangan dan penanganannya. In Forum Penelitian Agro Ekonomi (Vol. 32, No. 2, pp. 123-135).
- Tapscott, D., & Tapscott, A. (2016). *Blockchain* revolution: how the technology behind bitcoin is changing money, business, and the world. Penguin.
- Trautman, L. J. (2016). Is disruptive *blockchain* technology the future of financial services?
- Thakur, M., Tveit, G. M., Vevle, G., & Yurt, T. (2020). A framework for traceability of hides for improved supply chain coordination. *Computers and Electronics in Agriculture*, 174, 105478.
- Thillainathan, N., & Leimeister, J. M. (2014). *Serious game* development for educators-A *Serious game* logic and structure modeling language. In EDULEARN14 Proceedings (pp. 1196-1206). IATED.
- Tian, F. (2017). A supply chain traceability system for food safety based on HACCP, *blockchain* & Internet of things. 14th International Conference on Services Systems and Services Management, ICSSSM 2017 - Proceedings. <https://doi.org/10.1109/ICSSSM.2017.7996119>

- Turjo, M., Khan, M., Kaur, M., Programming, A. Z.-, & 2021, U. (2021). *Smart supply chain management using the blockchain and smart contract*. Scientific Programming, Special Issue.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1155/2021/6092792>
- Tondello, G. F., Kappen, D. L., Mekler, E. D., Ganaba, M., & Nacke, L. E. (2016). Heuristic evaluation for gameful design. CHI PLAY 2016 - Proceedings of the Annual Symposium on Computer-Human Interaction in Play Companion, 315–323. <https://doi.org/10.1145/2968120.2987729>
- Valenza, M. V., Gasparini, I., & Hounsell, M. da S. (2019). *Serious game design for children: A set of guidelines and their validation*. Educational Technology and Society, 22(3), 19–31.
- Xue, X., Dou, J., & Shang, Y. (2021). *Blockchain-driven supply chain decentralized operations – information sharing perspective*. Business Process Management Journal, 27(1), 184–203. <https://doi.org/10.1108/BPMJ-12-2019-0518/FULL/HTML>
- Yoo, M., Y Won -, & 2018, U. (2018). A study on the transparent price tracing system in *supply chain management* based on *blockchain*. Sustainability, 10(11), 4037. <https://doi.org/10.3390/su10114037>
- Yeratziotis, A., & Zaphiris, P. (2018). A Heuristic Evaluation for Deaf Web User Experience (HE4DWUX). International Journal of Human- Computer Interaction, 34(3), 195–217. <https://doi.org/10.1080/10447318.2017.1339940>

- Van Der Zee, D. J., Holkenborg, B., & Robinson, S. (2012). Conceptual modeling for simulation-based serious gaming. *Decision Support Systems*, 54(1), 33–45. <https://doi.org/10.1016/j.dss.2012.03.006>
- Vaidya, N. V., & Khobragade, N. W. (2013). Solution of game problems using new approach. *International Journal of Engineering and Innovative Technology (IJEIT)*, 3(5), 181–186.
- Zain, N. H. M., Jaafar, A., & Razak, F. H. A. (2015). a User-Centered Design: Methodological Tools To Design and Develop Computer Games for Motor-Impaired Users. 5th International Conference on Computing and Informatics ICOCI 2015, 130, 223–228.
- Zarrin, J., Wen Phang, H., Babu Saheer, L., & Zarrin, B. (2021). *Blockchain* for decentralization of internet: prospects, trends, and challenges. *Cluster Computing*, 24(4), 2841–2866. <https://doi.org/10.1007/s10586-021-03301-8>
- Zhang, G., Li, T., Li, Y., Hui, P., & Jin, D. (2018). *Blockchain*-Based Data Sharing System for AI-Powered Network Operations. *Journal of Communications and Information Networks*, 3(3), 1–8. <https://doi.org/10.1007/S41650-018-0024-3>
- Zheng, Z., Xie, S., Dai, H. N., Chen, W., Chen, X., Weng, J., & Imran, M. (2020). An overview on *smart contracts*: Challenges, advances and platforms. *Future Generation Computer Systems*, 105, 475–491. <https://doi.org/10.1016/j.future.2019.12.019>

Zhu, J. Q., Shen, B., Yuan, Q. P., Zhang, R. R., Chen, M. W., Hu, W. H., Guo, H. R., & Yan, L. L. (2022). Events detection and handling based on hierarchical finite state machines in EAST PCS. *Fusion Engineering and Design*, 184, 113278. <https://doi.org/10.1016/J.FUSENGDES.2022.113278>

BIODATA PENULIS



Dr. Astrid Novita Putri , S Kom., M.Kom

Dosen Program Studi Teknik Informatika

Fakultas Teknologi dan Informasi

Universitas Negeri Semarang

Penulis lahir di Kudus tanggal 5 November 1990. Penulis adalah Dosen Tetap Program Studi Teknik Informatika Fakultas Teknologi Informasi dan Komunikasi, Universitas Semarang. Tahun 2024 Bulan September penulis menyelesaikan Pendidikan Doktor di Jurusan Teknik Elektro, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya, dan merupakan Dosen Teknik Informatika, Universitas Semarang. Penulis menekuni penelitiannya meliputi game, multimedia, teknologi *blockchain*, dan smart city. Pada tahun 2012, penulis menerima beasiswa unggulan dari Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan untuk meraih Gelar Magister Teknik Informatika, dengan konsentrasi Teknologi Permainan di Universitas Dian Nuswantoro. Pendidikan sarjananya di Universitas Dian Nuswantoro, Semarang, difokuskan pada bidang studi Sistem Informasi.

Penulis memiliki pengalaman menerbitkan beberapa buku monograf di antaranya sebagai berikut Penerapan teknologi augmented reality dan GPS tracking untuk deteksi jalan rusak, Penerapan Fuzzy Evolutionary Algorithm Dan Weight Moving Averages Untuk Menentukan Jumlah Produksi Kedelai, Belajar Membuat Game 2D dan 3D Menggunakan Unity

dan implementasi Enterprise Resource Planning Menggunakan Web ERP Untuk Usaha Kecil Maupun Menengah.

Di tahun 2024 ini penulis melanjutkan menerbitkan melalui GeT Press berupa Buku Monografi yang berjudul Teknologi Virtual Reality dengan Image Stitching dan Seam Carving, Implementasi Teknologi Blockchain dan Metode AHP dalam Pemilihan Mahasiswa Berprestasi untuk Transparansi, Efisiensi, dan Akurasi dalam Sistem Seleksi Beasiswa, dan supply chain management dinamis berbasis teknologi blockchain smart contract. Penulis dapat dihubungi melalui e-mail: astridnovitaputri@gmail.com, astrid@usm.ac.id

BIODATA PENULIS



Mochamad Hariadi, S.T., M.Sc., Ph.D

Dosen Departemen Teknik Elektro
Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS), Surabaya

Penulis menerima gelar sarjana dari Departemen Teknik Elektro, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS), Surabaya, Indonesia, pada tahun 1995, serta gelar M.Sc. dan Ph.D. dari Graduate School of Information Science, Universitas Tohoku, Jepang, masing-masing pada tahun 2003 dan 2006. Saat ini, penulis menjadi Dosen di Departemen Teknik Elektro, ITS. Minat penelitiannya mencakup video dan *image processing*, data mining, dan sistem cerdas. Penuli dapat dihubungi melalui e-mail: mochar@elect-eng.its.ac.id

BIODATA PENULIS



Reza Fuad Rachmadi, S.T., M.T., Ph.D

Dosen Departemen Teknik Elektro
Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS), Surabaya

Penulis menerima gelar B.Eng. dan M.Eng. dari Departemen Teknik Elektro, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS), Surabaya, Indonesia, masing-masing pada tahun 2008 dan 2010, serta gelar Ph.D. dari Universitas Kumamoto, Jepang, pada tahun 2018. Saat ini, penulis adalah Dosen dan Peneliti di Departemen Teknik Komputer, ITS. Minat penelitiannya meliputi *computer vision*, *image understanding*, *deep convolutional neural networks*, dan *image-based intelligent transportation systems*. Penulis dapat dihubungi melalui e-mail: fuad@its.ac.id

BIODATA PENULIS



Dr. Ir. Yunifa Miftachul Arif, S.ST., M.T

Kaprodi Teknik Elektro dan Dosen Prodi Teknik Informatika
Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang

Penulis lahir di Blitar tanggal 16 Juni 1983. Saat ini penulis memiliki jabatan akademik Associate Profesor, dan berprofesi sebagai dosen sekaligus Kaprodi Teknik Elektro serta dosen pada Prodi Teknik Informatika, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim, Malang. Pria yang lulus D4 dan S2 pada tahun 2007 dan 2010 ini menyelesaikan pendidikan doctoral di Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya pada tahun 2022. Bidang penelitian yang ditekuni saat ini meliputi game technology, recommender system, multimedia, blockchain, artificial intelligence dan IoT. Beberapa buku yang dihasilkan oleh penulis antara lain: "Membangun Sistem Transaksi Game Multiplayer dengan Unity 3D", "Membangun Scoring System Game Multiplayer Berbasis Blockchain dengan Unity 3D", dan "Pengembangan Teknologi Ambient Intelligence dalam Tourism Serious Game". Penulis saat ini juga aktif dalam publikasi dan pengelolaan jurnal internasional baik sebagai author, reviewer maupun editor. Penulis dapat dihubungi melalui e-mail: yunif4@gmail.com, yunif4@ti.uin-malang.ac.id

BIODATA PENULIS



Sony Aditya, S.KOM.

Penulis lahir di Demak, 30 Desember 1986. Penulis bekerja sebagai IT supervisor di perusahaan manufaktur. Menyelesaikan studi S1 Sistem Informasi pada 2015 dan sedang menyelesaikan studi Magister Teknik Informatika di Universitas Dian Nuswantoro Semarang. Penulis sedang mengasah kemampuan menulisnya melalui Buku Monograf dengan judul “Teknologi Virtual Reality Dengan Image Stitching Dan Seam Carving” dan “Supply chain management dinamis berbasis teknologi blockchain smart contract” sebagai buku pertama. Penulis dapat dihubungi melalui email: sonyaditya3333@gmail.com.

SINOPSIS

Buku ini merupakan buku monograf yang berisi mengenai permasalahan pada *supply chain management* khususnya di Indonesia yang sangat panjang dan berbelit. Sehingga di perlukan penggunaan *blockchain* dan rantai pasok baru berupa *dynamic supply chain management* berbasis teknologi *blockchain smart contract* yang di simulasikan pada *Serious game* sebagai rantai pasok dinamis untuk memberikan manfaat pada petani dan konsumen. Buku ini membahas mengenai implementasi teknologi *ambient intelligence*, *supply chain management*, *hyperledger fabric blockchain*, sensor RFID (Radio Frequency Identification) dan GPS (Global Positioning System] untuk mengatasi masalah *bullwhip* dalam fluktuasi manajemen rantai pasok dan tidak transparanannya informasi yang didapat sebelumnya. Teknologi *ambient intelligence* digunakan untuk merespon lingkungan secara otomatis dalam menyelesaikan masalah *bullwhip*. Teknologi *blockchain* adalah teknologi yang digunakan sebagai sistem penyimpanan atau bank data secara digital yang terhubung dengan kriptografi dan sensor RFID (Radio-Frequency Identification) dapat membantu mengatasi masalah ini dengan meningkatkan transparansi dan keandalan dalam manajemen rantai pasok. Model teknologi *ambient intelligence*, sensor RFID, dan teknologi *blockchain* merupakan ontologi lingkungan, sedangkan *smart contract* merupakan ontologi pengguna dan sistem pengendalian/sistem informasi.