

TUGAS AKHIR - EC224801

SISTEM DATA SHARING BERBASIS *BLOCKCHAIN* UNTUK *AUDIO PLAYER* DI *METaverse*

Aaron Christopher Tanhar

NRP 0721 19 4000 0055

Dosen Pembimbing

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

NIP 19691209 199703 1 002

Dr. Surya Sumpeno, S.T., M.Sc.

NIP 19690613 199702 1 003

Program Studi Strata 1 (S1) Teknik Komputer

Departemen Teknik Komputer

Fakultas Teknologi Elektro dan Informatika Cerdas

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya

2023



TUGAS AKHIR - EC224801

SISTEM DATA SHARING BERBASIS *BLOCKCHAIN* UNTUK *AUDIO PLAYER* DI *METaverse*

Aaron Christopher Tanhar

NRP 0721 19 4000 0055

Dosen Pembimbing

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

NIP 19691209 199703 1 002

Dr. Surya Sumpeno, S.T., M.Sc.

NIP 19690613 199702 1 003

Program Studi Strata 1 (S1) Teknik Komputer

Departemen Teknik Komputer

Fakultas Teknologi Elektro dan Informatika Cerdas

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya

2023

[Halaman ini sengaja dikosongkan]



FINAL PROJECT - EC224801

***BLOCKCHAIN DATA SHARING SYSTEM FOR AUDIO
PLAYER IN METAVERSE***

Aaron Christopher Tanhar

NRP 0721 19 4000 0055

Advisor

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

NIP 19691209 199703 1 002

Dr. Surya Sumpeno, S.T., M.Sc.

NIP 19690613 199702 1 003

Undergraduate Study Program of Computer Engineering

Department of Computer Engineering

Faculty of Intelligent Electrical and Informatics Technology

Sepuluh Nopember Institute of Technology

Surabaya

2023

[Halaman ini sengaja dikosongkan]

LEMBAR PENGESAHAN

KALKULASI ENERGI PADA ROKET LUAR ANGKASA BERBASIS *ANTI-GRAVITASI*

TUGAS AKHIR

Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi S-1
Teknik Komputer Departemen Teknik Komputer Fakultas Teknologi Elektro dan Informatika Cerdas
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh: Aaron Christopher Tanhar
NRP. 0721 19 4000 0055

Disetujui oleh Tim Penguji Tugas Akhir:

Mochamad Hariadi, S.T., M.Sc., Ph.D.
NIP: 19691209 199703 1 002

(Pembimbing I)

.....

Dr. Surya Sumpeno, S.T., M.Sc.
NIP: 19690613 199702 1 003

(Pembimbing II)

.....

Dr. Galileo Galilei, S.T., M.Sc.
NIP: 18560710 194301 1 001

(Penguji I)

.....

Friedrich Nietzsche, S.T., M.Sc.
NIP: 18560710 194301 1 001

(Penguji II)

.....

Alan Turing, ST., MT.
NIP: 18560710 194301 1 001

(Penguji III)

.....

Mengetahui,
Kepala Departemen Teknik Komputer FTEIC - ITS

Dr. Supeno Mardi Susiki Nugroho, S.T., M.T.
NIP. 19700313 199512 1 001

SURABAYA
Bulan, 2023

[Halaman ini sengaja dikosongkan]

APPROVAL SHEET

KALKULASI ENERGI PADA ROKET LUAR ANGKASA BERBASIS *ANTI-GRAVITASI*

FINAL PROJECT

Submitted to fulfill one of the requirements for obtaining Engineering degree at Undergraduate Study
Program of Computer Engineering Department of Computer Engineering Faculty of Intelligent
Electrical and Informatics Technology Sepuluh Nopember Institute of Technology

By: Aaron Christopher Tanhar
NRP. 0721 19 4000 0055

Approved by Final Project Examiner Team:

Mochamad Hariadi, S.T., M.Sc., Ph.D.
NIP: 19691209 199703 1 002

(Pembimbing I)

.....

Dr. Surya Sumpeno, S.T., M.Sc.
NIP: 19690613 199702 1 003

(Pembimbing II)

.....

Dr. Galileo Galilei, S.T., M.Sc.
NIP: 18560710 194301 1 001

(Penguji I)

.....

Friedrich Nietzsche, S.T., M.Sc.
NIP: 18560710 194301 1 001

(Penguji II)

.....

Alan Turing, ST., MT.
NIP: 18560710 194301 1 001

(Penguji III)

.....

Acknowledged,
Head of Computer Engineering Department ELECTICS - ITS

Dr. Supeno Mardi Susiki Nugroho, S.T., M.T.
NIP. 19700313 199512 1 001

SURABAYA
Month, 2023

[Halaman ini sengaja dikosongkan]

PERNYATAAN ORISINALITAS

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama Mahasiswa / NRP : Aaron Christopher Tanhar / 0721 19 4000 0055
Departemen : Teknik Komputer
Dosen Pembimbing / NIP : Mochamad Hariadi, S.T., M.Sc., Ph.D. / 19691209 199703 1 002

Dengan ini menyatakan bahwa Tugas Akhir dengan judul ”SISTEM DATA SHARING BERBASIS *BLOCKCHAIN* UNTUK *AUDIO PLAYER* DI *METaverse*” adalah hasil karya sendiri, bersifat orisinal, dan ditulis dengan mengikuti kaidah penulisan ilmiah.

Bilamana di kemudian hari ditemukan ketidaksesuaian dengan pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan ketentuan yang berlaku di Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Surabaya, Mei 2021

Mengetahui
Dosen Pembimbing

Mahasiswa

Mochamad Hariadi, S.T., M.Sc., Ph.D.
NIP. 19691209 199703 1 002

Aaron Christopher Tanhar
NRP. 0721 19 4000 0055

[Halaman ini sengaja dikosongkan]

STATEMENT OF ORIGINALITY

The undersigned below:

Name of student / NRP : Aaron Christopher Tanhar / 0721 19 4000 0055
Department : Computer Engineering
Advisor / NIP : Mochamad Hariadi, S.T., M.Sc., Ph.D. / 19691209 199703 1 002

Hereby declared that the Final Project with the title of "*BLOCKCHAIN DATA SHARING SYSTEM FOR AUDIO PLAYER IN METAVERSE*" is the result of my own work, is original, and is written by following the rules of scientific writing.

If in future there is a discrepancy with this statement, then I am willing to accept sanctions in accordance with provisions that apply at Sepuluh Nopember Institute of Technology.

Surabaya, Mei 2021

Acknowledged
Advisor

Student

Mochamad Hariadi, S.T., M.Sc., Ph.D.
NIP. 19691209 199703 1 002

Aaron Christopher Tanhar
NRP. 0721 19 4000 0055

[Halaman ini sengaja dikosongkan]

ABSTRAK

Nama Mahasiswa : Aaron Christopher Tanhar
Judul Tugas Akhir : SISTEM DATA SHARING BERBASIS *BLOCKCHAIN* UNTUK *AUDIO PLAYER* DI *METaverse*
Pembimbing : 1. Mochamad Hariadi, S.T., M.Sc., Ph.D.
2. Dr. Surya Sumpeno, S.T., M.Sc.

Metaverse merupakan sebuah seperangkat ruang virtual, tempat seseorang dapat membuat dan menjelajah dengan pengguna internet lainnya yang tidak berada pada ruang fisik yang sama dengan orang tersebut. Pengaplikasiannya kerap kali menggunakan *blockchain* sebagai solusi *decentralized*. Metaverse sendiri tentunya memerlukan adanya output audio, yang diwujudkan oleh Unreal Engine 5 dengan fitur metasoundnya.

Penggabungan keduanya dapat dicapai dengan menggunakan *smart contract*. Maka di penelitian ini akan dibuat sistem yang dapat mewujudkan hal tersebut dengan bantuan *Ethereum Smart Contract*, NFT untuk menyimpan metadata, dan web3.storage IPFS untuk menyimpan file sumber audio untuk metasound.

Dengan adanya sistem terdesentralisasi tersebut juga diharapkan terwujudnya *interoperability* agar metaverse ini dapat digunakan dan berkomunikasi dengan platform blockchain lainnya.

Kata Kunci: *Metaverse, Audio, Blockchain, Ethereum, NFT*

[Halaman ini sengaja dikosongkan]

ABSTRACT

Name : Aaron Christopher Tanhar
Title : *BLOCKCHAIN DATA SHARING SYSTEM FOR AUDIO PLAYER IN META-VERSE*
Advisors : 1. Mochamad Hariadi, S.T., M.Sc., Ph.D.
2. Dr. Surya Sumpeno, S.T., M.Sc.

The Metaverse is a set of virtual spaces, where one can create and browse with other internet users who are not in the same physical space with that person. The application often uses blockchain as a solution decentralized. The Metaverse itself certainly requires an audio output, which is realized by Unreal Engine 5 with its metasound feature.

Merging the two can be achieved by using smart contracts. Then in This research will create a system that can make this happen with the help of Ethereum Smart Contract, NFT to store metadata, and IPFS web3.storage to store audio source files for metasound.

With the existence of a decentralized system, it is also hoped that interoperability will be realized. ability to make this metaverse usable and communicate with other blockchain platforms.

Keywords: Rocket, Anti-gravity, Energy, Space.

[Halaman ini sengaja dikosongkan]

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kehadiran Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Ut purus elit, vestibulum ut, placerat ac, adipiscing vitae, felis. Curabitur dictum gravida mauris. Nam arcu libero, nonummy eget, consectetur id, vulputate a, magna. Donec vehicula augue eu neque.

Penelitian ini disusun dalam rangka Nam dui ligula, fringilla a, euismod sodales, sollicitudin vel, wisi. Morbi auctor lorem non justo. Nam lacus libero, pretium at, lobortis vitae, ultricies et, tellus. Donec aliquet, tortor sed accumsan bibendum, erat ligula aliquet magna, vitae ornare odio metus a mi. Morbi ac orci et nisl hendrerit mollis. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Keluarga, Ibu, Bapak dan Saudara tercinta yang telah Nulla malesuada porttitor diam. Donec felis erat, congue non, volutpat at, tincidunt tristique, libero.
2. Bapak Nikola Tesla, S.T., M.T., selaku Quisque ullamcorper placerat ipsum. Cras nibh.
3. Fusce mauris. Vestibulum luctus nibh at lectus. Sed bibendum, nulla a faucibus semper, leo velit ultricies tellus, ac venenatis arcu wisi vel nisl.

Akhir kata, semoga Suspendisse vel felis. Ut lorem lorem, interdum eu, tincidunt sit amet, laoreet vitae, arcu. Aenean faucibus pede eu ante. Praesent enim elit, rutrum at, molestie non, nonummy vel, nisl. Ut lectus eros, malesuada sit amet, fermentum eu, sodales cursus, magna. Donec eu purus. Quisque vehicula, urna sed ultricies auctor, pede lorem egestas dui, et convallis elit erat sed nulla. Donec luctus.

Surabaya, Mei 2023

Aaron Christopher Tanhar

[Halaman ini sengaja dikosongkan]

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
ABSTRACT	iii
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL	xi
1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Permasalahan	2
1.3 Tujuan	2
1.4 Batasan Masalah	2
1.5 Sistematika Penulisan	3
2 TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Penelitian Terdahulu	5
2.1.1 Sistem Transaksi Antar Player Pada Game Multiplayer Wisata Bromo Menggunakan Blockchain	5
2.2 <i>Blockchain</i>	5
2.3 <i>Ethereum</i>	6
2.4 <i>Smart Contract</i>	7
2.5 <i>Ethereum Transaction</i>	7
2.6 <i>InterPlanetary File System</i>	8
2.7 <i>Solidity</i>	8
2.8 <i>Crypto Wallet</i>	9
2.9 <i>Unreal Engine 5</i>	10
2.10 <i>Ethereum Virtual Machine</i>	11
2.11 <i>ERC-721</i>	11

2.12	Minting Token	12
2.13	Metaverse	13
2.13.1	Hukum Newton	13
2.13.2	Anti Gravitasi	14
3	METODOLOGI	15
3.1	Deskripsi Sistem	15
3.2	Implementasi Alat	15
4	PENGUJIAN DAN ANALISIS	17
4.1	Skenario Pengujian	17
4.2	Evaluasi Pengujian	17
5	PENUTUP	19
5.1	Kesimpulan	19
5.2	Saran	19
	DAFTAR PUSTAKA	21
	BIOGRAFI PENULIS	23

DAFTAR GAMBAR

[Halaman ini sengaja dikosongkan]

DAFTAR TABEL

4.1	Hasil Pengukuran Energi dan Kecepatan	17
-----	---	----

[Halaman ini sengaja dikosongkan]

BAB I

PENDAHULUAN

Penelitian ini dilatarbelakangi oleh Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Ut purus elit, vestibulum ut, placerat ac, adipiscing vitae, felis. Curabitur dictum gravida mauris. Nam arcu libero, nonummy eget, consectetur id, vulputate a, magna. Donec vehicula augue eu neque.

1.1 Latar Belakang

Munculnya teknologi *virtual reality* (VR) dan pengembangan platform metaverse telah mengarah pada terciptanya pengalaman online yang imersif di mana pengguna dapat berinteraksi satu sama lain dan terlibat dalam berbagai aktivitas, apalagi setelah Mark Zuckerberg membeli *oculus* (Naz et al., 2019). Salah satu aktivitas tersebut adalah memainkan alat musik sebagai karakter virtual, yang dapat dicapai melalui penggunaan teknologi *motion capture* dan simulasi instrumen virtual.

Namun, sistem saat ini untuk berbagi dan mengakses data musik di metaverse bersifat terpusat dan sering mengandalkan teknologi hak cipta, yang dapat membatasi fleksibilitas dan interoperabilitas pengalaman musik. Pendekatan yang terdesentralisasi dan terbuka untuk berbagi data dapat memungkinkan ekosistem musik yang lebih beragam dan interaktif di dalam *metaverse*.

Kemudian untuk layanan-layanan pemutar musik juga memiliki beberapa implementasi sistem *centralized*. Contohnya spotify, soundcloud, dan lain-lain. Soundcloud sendiri memiliki kelemahan pada sisi kepemilikan atau *copyright*. Sistem *decentralized* merupakan salah satu solusi dari hal ini, dikarenakan sifatnya yang *immutable*. Salah satu contohnya adalah *Audius*. Audius sendiri menggunakan sistem *decentralized* dan source musiknya disimpan di IPFS. Akan tetapi untuk menggunakan Audius harus menggunakan *embedded iframe* yang artinya hanya support untuk penggunaan di *Web Application* saja.

Adapula antarmuka dari audio itu sendiri adalah metaverse yang salah satu contohnya adalah Unreal Engine 5. Salah satu fitur dari Unreal Engine 5 yaitu Metasound yang dapat melakukan pengolahan audio dengan mudah bagi para pengembang. Unreal Engine 5 juga memiliki fitur yakni API *blockchain* sehingga dapat mengeksekusi *smart contract*. Fitur ini dinamakan Web3.UE. Web3.Unreal adalah plugin *open source* yang dibuat untuk pengembang game dan komunitas untuk membantu mereka yang bekerja dengan Unreal Engine untuk mengintegrasikan fungsionalitas *blockchain* ke dalam game mereka. Kedua hal ini dapat dikombinasikan dan digunakan untuk pengembangan metaverse.

Metaverse telah digambarkan sebagai iterasi baru dari internet yang menggunakan headset VR, teknologi *blockchain*, dan avatar dalam integrasi baru dunia fisik dan virtual. (Dwivedi et al., 2022). Dalam proposal penelitian ini, saya mengusulkan untuk merancang dan mengimplementasikan sistem berbagi data berbasis *blockchain* untuk *musical player* di *metaverse* dengan *NFT*. Sistem ini akan menggunakan *smart contract* dan solusi penyimpanan terdesentralisasi untuk memungkinkan pengguna berbagi dan mengakses data musik dari *metaverse* dengan cara

yang aman dan transparan.

Nam dui ligula, fringilla a, euismod sodales, sollicitudin vel, wisi. Morbi auctor lorem non justo. Nam lacus libero, pretium at, lobortis vitae, ultricies et, tellus. Donec aliquet, tortor sed accumsan bibendum, erat ligula aliquet magna, vitae ornare odio metus a mi. Morbi ac orci et nisl hendrerit mollis. Suspendisse ut massa. Cras nec ante. Pellentesque a nulla. Cum sociis natoque penatibus et magnis dis parturient montes, nascetur ridiculus mus. Aliquam tincidunt urna. Nulla ullamcorper vestibulum turpis. Pellentesque cursus luctus mauris.

1.2 Permasalahan

Di dunia *virtual metaverse*, kebutuhan akan sistem yang aman dan efisien untuk berbagi data terkait musik semakin meningkat. Saat ini, data ini sering disimpan dalam *database* terpusat yang rentan terhadap pelanggaran keamanan dan penyensoran, dan dapat menyulitkan pengguna untuk mengakses dan mengontrol data mereka sendiri. Ketidakmampuan berinteroperabilitas dalam ekosistem *blockchain* dapat menyebabkan fragmentasi data dan aset, keterbatasan fungsionalitas dan kasus penggunaan, penurunan skalabilitas, likuiditas terbatas, fragmentasi pasar, serta kurangnya kolaborasi dan standardisasi. Interoperabilitas sangat penting untuk mewujudkan potensi penuh teknologi *blockchain* dan memungkinkan pertukaran nilai yang lancar di berbagai jaringan. Karena belum ada sistem yang ada untuk melakukan hal serupa layaknya *audius* dan *spotify* di *metaverse*, maka penelitian ini juga mencetuskan hal yang belum ada pada saat proposal ini diajukan.

1.3 Tujuan

Penelitian ini memiliki tujuan untuk membuat sistem yang dapat melakukan sharing data untuk audio player yang ada di *Metaverse* menggunakan platform *blockchain*, agar pengguna *metaverse* dapat menggunakan platform musik yang diintegrasikan dengan *metasound*. Penelitian ini juga bertujuan mengembangkan *metaverse* yang bersinergi dengan web3.0, dan diharapkan terjadinya *interoperability* sehingga tidak hanya dapat digunakan dengan *Ethereum* saja.

1.4 Batasan Masalah

Untuk memfokuskan permasalahan yang diangkat maka dilakukan pembatasan masalah. Batasan - batasan masalah tersebut diantaranya:

1. Jenis *Blockchain* yang digunakan adalah *Ethereum*.
2. Jaringan *blockchain* yang digunakan adalah *Goerli* dan *Sepolia*
3. Target pengguna adalah pengguna *metaverse*.
4. Target platform musik adalah *Metasounds* di Unreal Engine 5.
5. Data berisi *JSON* yang adalah *metadata* yang diperuntukkan untuk *metasound*.
6. File audio disimpan di IPFS

1.5 Sistematika Penulisan

Laporan penelitian tugas akhir ini terbagi menjadi Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Ut purus elit, vestibulum ut, placerat ac, adipiscing vitae, felis. Curabitur dictum gravida mauris. yaitu:

1. **BAB I Pendahuluan**

Bab ini berisi Nam dui ligula, fringilla a, euismod sodales, sollicitudin vel, wisi. Morbi auctor lorem non justo. Nam lacus libero, pretium at, lobortis vitae, ultricies et, tellus. Donec aliquet, tortor sed accumsan bibendum, erat ligula aliquet magna, vitae ornare odio metus a mi. Morbi ac orci et nisl hendrerit mollis.

2. **BAB II Tinjauan Pustaka**

Bab ini berisi Nulla malesuada porttitor diam. Donec felis erat, congue non, volutpat at, tincidunt tristique, libero. Vivamus viverra fermentum felis. Donec nonummy pellentesque ante. Phasellus adipiscing semper elit.

3. **BAB III Desain dan Implementasi Sistem**

Bab ini berisi Quisque ullamcorper placerat ipsum. Cras nibh. Morbi vel justo vitae lacus tincidunt ultrices. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. In hac habitasse platea dictumst.

4. **BAB IV Pengujian dan Analisa**

Bab ini berisi Fusce mauris. Vestibulum luctus nibh at lectus. Sed bibendum, nulla a faucibus semper, leo velit ultricies tellus, ac venenatis arcu wisi vel nisl. Vestibulum diam. Aliquam pellentesque, augue quis sagittis posuere, turpis lacus congue quam, in hendrerit risus eros eget felis.

5. **BAB V Penutup**

Bab ini berisi Suspendisse vel felis. Ut lorem lorem, interdum eu, tincidunt sit amet, laoreet vitae, arcu. Aenean faucibus pede eu ante. Praesent enim elit, rutrum at, molestie non, nonummy vel, nisl. Ut lectus eros, malesuada sit amet, fermentum eu, sodales cursus, magna.

[Halaman ini sengaja dikosongkan]

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

Demi mendukung penelitian ini, Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Ut purus elit, vestibulum ut, placerat ac, adipiscing vitae, felis. Curabitur dictum gravida mauris. Nam arcu libero, nonummy eget, consectetur id, vulputate a, magna. Donec vehicula augue eu neque.

2.1 Penelitian Terdahulu

2.1.1 Sistem Transaksi Antar Player Pada Game Multiplayer Wisata Bromo Menggunakan Blockchain

Penelitian oleh Reza Putra Pradana berjudul Sistem Transaksi Antar Player Pada Game Multiplayer Wisata Bromo merupakan implementasi teknologi *Blockchain* untuk sistem transaksi antar player dalam bentuk game dengan menguji latensi serta performa waktu eksekusi transaksi hingga biaya gas yang dibutuhkan untuk pengembangan game tersebut. Dalam penelitian ini *Blockchain* yang digunakan salah satunya adalah Ethereum untuk pengujiannya. Adanya biaya gas kaitannya erat dengan proses *development* dari game itu sendiri karena melalui biaya gas dapat diketahui berapa lama proses transaksi dilakukan sehingga analisis lebih lanjut diperlukan untuk mendapat formula yang pas terkait biaya gas dengan kebutuhan *development* dari game tersebut.

2.2 Blockchain

Blockchain adalah sebuah teknologi yang mendasari sistem terdesentralisasi yang memungkinkan pertukaran informasi dan aset digital dengan aman, transparan, dan terverifikasi. Dalam konsepnya, *blockchain* adalah jenis database terdistribusi yang memungkinkan para peserta jaringan untuk mencatat, menyimpan, dan memverifikasi transaksi tanpa memerlukan otoritas pusat. Teknologi ini telah menarik minat dari berbagai sektor, termasuk keuangan, logistik, kesehatan, energi, dan banyak lagi, karena memiliki potensi untuk mengatasi masalah keamanan, transparansi, dan efisiensi dalam sistem tradisional. (Nakamoto, 2008)

Salah satu karakteristik utama dari *blockchain* adalah sifat terdistribusinya. Artinya, database *blockchain* dikelola oleh jaringan peer-to-peer yang terdiri dari berbagai peserta yang saling berinteraksi tanpa otoritas pusat yang mengendalikan seluruh jaringan. Setiap peserta dalam jaringan memiliki salinan lengkap dari database yang diperbarui secara real-time. Hal ini memberikan keamanan dan ketahanan yang tinggi karena tidak ada satu titik kegagalan tunggal yang dapat menyebabkan kegagalan seluruh sistem.

Struktur dasar dari *blockchain* adalah serangkaian blok yang saling terhubung melalui kriptografi. Setiap blok berisi sejumlah transaksi atau data yang telah diverifikasi dan ditandatangani secara digital. Setiap kali ada transaksi baru atau perubahan data, blok baru akan ditambahkan ke rantai, menciptakan jejak waktu dan konsistensi kronologis. Kunci keamanan dalam *blockchain* adalah hash, yaitu fungsi kriptografi yang menghasilkan nilai unik untuk setiap blok, serta

tautan ke blok sebelumnya.

Mekanisme konsensus adalah bagian penting dalam *blockchain* untuk mencapai kesepakatan tentang keabsahan transaksi dan menjaga integritas jaringan. Beberapa mekanisme konsensus yang umum digunakan termasuk Proof of Work (PoW), Proof of Stake (PoS), dan Delegated Proof of Stake (DPoS). Mekanisme ini memastikan bahwa para peserta dalam jaringan mencapai kesepakatan sebelum transaksi atau perubahan data dapat dianggap sah. (Swan, 2015)

Keuntungan utama dari *blockchain* meliputi transparansi, keamanan, dan efisiensi. Transparansi terjadi karena semua transaksi yang terjadi di dalam *blockchain* dapat dilihat oleh semua peserta jaringan, mengurangi risiko manipulasi dan kecurangan. Keamanan terjadi karena setiap transaksi harus diverifikasi oleh jaringan secara kolektif, dan setiap blok dalam rantai memiliki tautan dengan blok sebelumnya menggunakan kriptografi. Efisiensi terjadi karena tidak ada perantara atau otoritas pusat yang memperlambat proses transaksi, sehingga memungkinkan pertukaran aset dan informasi secara langsung antara para peserta.

Meskipun *blockchain* pertama kali dikenal melalui Bitcoin, cryptocurrency pertama yang dibangun di atas teknologi ini, namun sekarang *blockchain* digunakan dalam berbagai konteks dan aplikasi. Selain transaksi keuangan, *blockchain* juga digunakan dalam pengelolaan rantai pasok, pemilu elektronik, manajemen data medis, sertifikasi aset digital, dan banyak lagi. Dengan menerapkan prinsip-prinsip desentralisasi, transparansi, dan keamanan, *blockchain* menghadirkan potensi untuk mengubah cara kita mempertukarkan nilai dan membangun sistem yang lebih efisien dan aman. (Tapscott & Tapscott, 2016)

2.3 *Ethereum*

Ethereum adalah sebuah platform *blockchain* terdesentralisasi yang memungkinkan pengembangan dan eksekusi aplikasi terdistribusi yang disebut smart contract. Dikembangkan oleh Vitalik Buterin pada tahun 2013, *Ethereum* memperluas konsep dasar *blockchain* dengan memperkenalkan kemampuan untuk menjalankan kode pemrograman yang kompleks di dalam *blockchain*. Platform ini menggunakan mata uang digital yang disebut *Ether (ETH)* untuk memfasilitasi transaksi dan menjalankan *smart contract*. (Wood, 2014)

Smart contract di *Ethereum* adalah program komputer yang dieksekusi secara otomatis ketika kondisi yang telah ditentukan terpenuhi. Mereka memungkinkan pihak-pihak yang terlibat dalam sebuah kesepakatan untuk menjalankan transaksi atau interaksi bisnis tanpa memerlukan perantara. Dengan demikian, *Ethereum* memungkinkan pelaksanaan kontrak yang transparan, terotomatisasi, dan tidak dapat diubah. (Antonopoulos & Wood, 2018)

Salah satu fitur utama *Ethereum* adalah Turing-completeness, yang berarti platform ini dapat menjalankan hampir semua jenis aplikasi terdistribusi. Hal ini memungkinkan pengembang untuk membangun aplikasi yang lebih kompleks dan beragam, termasuk permainan, pasar digital, sistem keuangan terdesentralisasi, identitas digital, dan banyak lagi. (Burniske & Davis, 2019)

Ether (ETH) adalah mata uang digital yang digunakan di dalam jaringan *Ethereum*. *Ether* tidak hanya berfungsi sebagai alat pembayaran dalam transaksi, tetapi juga digunakan untuk menjalankan *smart contract*. Setiap kali *smart contract* dieksekusi, pemilik *smart contract* harus membayar biaya dalam bentuk *Ether* yang dikenal sebagai gas. Biaya gas ini membantu mencegah serangan spam dan memastikan bahwa pengguna platform menggunakan sumber daya jaringan dengan bijak. (Diedrich, 2017)

Selain itu, *Ethereum* juga memiliki kemampuan untuk menciptakan token *ERC-20*, yang memungkinkan pengguna untuk membuat dan mengelola token mereka sendiri di dalam ekosistem *Ethereum*. Token ini digunakan untuk berbagai tujuan, termasuk dalam ICO (Initial Coin Offering) sebagai sarana penggalangan dana untuk proyek baru, atau sebagai aset digital yang dapat diperdagangkan di bursa kripto.

Ethereum juga mendukung konsep DAO (*Decentralized Autonomous Organization*), yang memungkinkan komunitas untuk mengorganisir diri mereka sendiri dan mengambil keputusan berdasarkan prinsip demokratis dengan menggunakan *smart contract*. DAO memungkinkan anggota komunitas untuk memiliki suara dalam pengelolaan dan penggunaan sumber daya kolektif tanpa keberadaan otoritas pusat. (Ozer, 2018)

2.4 *Smart Contract*

Smart contract adalah program komputer yang berjalan secara otomatis ketika kondisi yang telah ditentukan terpenuhi. Mereka beroperasi di dalam platform *blockchain*, seperti *Ethereum*, dan berfungsi untuk mengeksekusi transaksi atau interaksi bisnis tanpa memerlukan perantara. (Antonopoulos & Wood, 2018)

Smart contract menggunakan bahasa pemrograman yang telah ditentukan, seperti *Solidity* pada *Ethereum*, untuk menggambarkan logika bisnis yang ingin dijalankan. Mereka menyimpan perjanjian atau kesepakatan antara pihak-pihak yang terlibat dan mengatur aliran dana atau aset digital. Setiap kali kondisi yang telah ditentukan terpenuhi, *smart contract* secara otomatis menginisiasi tindakan yang telah ditetapkan.

Keuntungan utama dari *smart contract* adalah keandalan dan keamanan yang tinggi. Karena mereka dieksekusi di dalam platform *blockchain*, setiap transaksi dan tindakan yang dilakukan oleh *smart contract* tercatat secara permanen dan tidak dapat diubah. Ini memastikan transparansi dan meminimalkan risiko manipulasi atau kecurangan.

Selain itu, *smart contract* juga menghilangkan kebutuhan akan perantara atau pihak ketiga dalam transaksi bisnis. Dengan mengotomatiskan proses, *smart contract* mengurangi biaya dan waktu yang terlibat dalam penyelesaian transaksi. Mereka juga meningkatkan kepercayaan antara pihak-pihak yang terlibat karena semua detail dan ketentuan kesepakatan tercatat dengan jelas di dalam kode program.

Namun, penting untuk memperhatikan bahwa *smart contract* tidak sempurna dan masih dapat rentan terhadap kerentanan atau kesalahan dalam kode program. Karena itu, pengembang dan pengguna *smart contract* perlu melakukan pengujian yang cermat dan perhatian terhadap aspek keamanan. (Burniske & Davis, 2019)

2.5 *Ethereum Transaction*

Transaksi adalah paket data yang ditandatangani untuk mengirim Ether dari satu akun ke akun lain atau ke kontrak, memanggil metode kontrak, atau menyebarkan kontrak baru. Sebuah transaksi adalah ditandatangani menggunakan ECDSA (Elliptic Curve Digital Signature Algorithm), yang merupakan digital algoritma tanda tangan berdasarkan ECC. Sebuah transaksi berisi penerima pesan, sebuah tanda tangan yang mengidentifikasi pengirim dan membuktikan niat mereka, jumlah Ether yang akan ditransfer, jumlah maksimum langkah komputasi yang diizinkan untuk dilakukan oleh eksekusi transaksi (disebut batas gas), dan biaya yang bersedia dibayar oleh pengirim transaksi untuk masing-masing langkah komputasi (disebut harga gas).

Jika niat transaksi adalah untuk memanggil metode kontrak, itu juga berisi data input, atau jika tujuannya adalah untuk menyebarkan kontrak, maka itu bisa kode inisialisasi. Produk gas yang digunakan dan harga gas disebut transaksi biaya. Untuk mengirim Ether atau menjalankan metode kontrak, perlu menyalurkan transaksi ke jaringan. Pengirim perlu menandatangani transaksi dengan kunci pribadinya (Prusty, 2017)

2.6 *InterPlanetary File System*

IPFS (InterPlanetary File System) adalah sebuah protokol dan sistem distribusi file yang dirancang untuk menyimpan dan mengakses konten secara terdesentralisasi. Tujuan utama dari *IPFS* adalah untuk mengatasi beberapa keterbatasan yang ada dalam sistem penyimpanan file tradisional, seperti ketergantungan pada server pusat, keterbatasan bandwidth, dan risiko kehilangan data.

Dalam *IPFS*, setiap file dan blok data diberikan alamat yang unik berdasarkan kontennya. Alih-alih menggunakan alamat berbasis lokasi, seperti *URL* dalam sistem web tradisional, *IPFS* menggunakan alamat berbasis konten yang disebut *CID (Content Identifier)*. Hal ini memungkinkan pengguna untuk mengakses konten secara langsung dari jaringan *IPFS* tanpa bergantung pada lokasi fisik file tersebut disimpan. (Benet, 2014)

IPFS menggunakan konsep distribusi *peer-to-peer*, di mana setiap peserta dalam jaringan *IPFS* berfungsi sebagai titik penyimpanan dan penyebaran konten. Setiap kali pengguna meminta file, *IPFS* mencari konten tersebut secara otomatis dari *node* yang paling dekat dan mempercepat proses pengunduhan dengan memanfaatkan koneksi *peer-to-peer*.

Keuntungan dari *IPFS* termasuk keandalan dan ketahanan terhadap kehilangan data. Karena setiap file mendapatkan alamat berdasarkan kontennya, jika ada duplikat file yang identik di jaringan, maka file tersebut hanya akan disimpan satu kali. Selain itu, *IPFS* juga mendukung mekanisme verifikasi integritas data menggunakan teknologi hash. (batiz2018mastering)

2.7 *Solidity*

Solidity adalah bahasa pemrograman yang digunakan untuk menulis *smart contract* di platform *Ethereum*. *Solidity* dirancang untuk menggabungkan fitur-fitur dari bahasa pemrograman seperti *JavaScript* dan *C++* serta memperluas kemampuan mereka untuk memenuhi kebutuhan pengembangan aplikasi terdesentralisasi.

Solidity mendukung pengembangan aplikasi yang berjalan di atas platform *Ethereum* dengan menggunakan *smart contract*. Dalam *Solidity*, pengembang dapat mendefinisikan struktur data, fungsi, dan logika bisnis yang akan dieksekusi oleh *smart contract*. Pengembang juga dapat menetapkan aturan untuk penggunaan aset digital, seperti token ERC-20 atau ERC-721, serta mengatur interaksi antara *smart contract* dan pengguna atau *smart contract* lainnya. (“Solidity Documentation”, n.d.)

Kelebihan *Solidity* adalah kemampuannya untuk mengelola aset digital dan melaksanakan perjanjian bisnis secara aman dan andal. *Solidity* memastikan bahwa *smart contract* berjalan sesuai dengan yang diharapkan dan mencegah terjadinya manipulasi atau kegagalan sistem. Selain itu, *Solidity* juga menyediakan fasilitas pengujian dan pemecahan masalah yang memungkinkan pengembang untuk mengidentifikasi dan memperbaiki kesalahan dalam kode *smart contract*. *Solidity* memiliki sintaks yang mirip dengan bahasa pemrograman lainnya seperti *JavaScript*, sehingga pengembang dengan pengetahuan pemrograman umum dapat dengan mu-

dah mempelajari dan menggunakan bahasa ini.

Solidity mendukung berbagai fitur yang penting dalam pengembangan smart contract. Beberapa fitur tersebut antara lain:

1. **Tipe Data:** Solidity mendukung berbagai jenis tipe data seperti bilangan bulat, string, boolean, array, dan struktur data yang memungkinkan pengembang untuk mengelola dan memanipulasi data dengan lebih efisien.
2. **Contract:** Solidity memungkinkan pengembang untuk mendefinisikan *smart contract* yang berfungsi sebagai entitas utama dalam aplikasi terdesentralisasi. *Smart contract* ini dapat mengatur logika bisnis, menyimpan data, mengelola aset digital, dan berinteraksi dengan *smart contract* lainnya.
3. **Fungsi dan Modifikator:** Solidity memungkinkan pengembang untuk mendefinisikan fungsi dan modifikator yang memungkinkan pengontrolan akses, verifikasi parameter, dan menambahkan logika tambahan dalam eksekusi *smart contract*.

Solidity adalah bahasa pemrograman yang matang dan terus berkembang dengan komunitas pengembang yang aktif. Dukungan yang kuat dari komunitas Ethereum dan dokumentasi yang kaya menjadikan Solidity sebagai pilihan yang populer dalam pengembangan aplikasi terdesentralisasi.

2.8 *Crypto Wallet*

Crypto wallet, atau dompet kripto, adalah sebuah perangkat lunak atau layanan yang digunakan untuk menyimpan, mengelola, dan berinteraksi dengan aset kripto. Dalam dunia kriptografi, aset kripto seperti Bitcoin, Ethereum, atau altcoin lainnya tidak benar-benar disimpan dalam bentuk fisik seperti uang tunai konvensional. Sebagai gantinya, kepemilikan aset kripto ini dicatat dalam bentuk transaksi digital yang tercatat di dalam blockchain.

Crypto wallet berfungsi sebagai alat untuk mengakses, mengelola, dan mengendalikan aset kripto pengguna. Dengan menggunakan crypto wallet, pengguna dapat melakukan transaksi seperti mengirim dan menerima aset kripto, melacak saldo aset, dan memonitor riwayat transaksi. Crypto wallet juga dapat memberikan fitur keamanan seperti enkripsi data dan tanda tangan digital untuk memastikan keamanan dan keotentikan transaksi. (Noauthor, 2017)

Selain itu, crypto wallet juga menyediakan alamat publik yang dapat digunakan oleh orang lain untuk mengirimkan aset kripto ke wallet tersebut. Alamat publik ini bersifat terbuka dan dapat dibagikan kepada siapa pun tanpa mengungkapkan informasi rahasia seperti kunci pribadi.

Seiring dengan berkembangnya industri kripto, crypto wallet juga telah mengalami evolusi. Saat ini, ada banyak jenis wallet yang muncul dengan fitur-fitur yang berbeda. Misalnya, beberapa wallet memiliki fitur pertukaran terintegrasi yang memungkinkan pengguna menukar satu jenis aset kripto dengan yang lain. Ada juga wallet yang mendukung staking, yaitu mengunci aset kripto untuk mendapatkan imbalan.

Keamanan crypto wallet sangat penting, karena jika kunci pribadi dicuri atau hilang, akses ke aset kripto tidak dapat dipulihkan. Oleh karena itu, pengguna crypto wallet perlu mengamati langkah-langkah keamanan yang tepat, seperti menggunakan wallet resmi yang terpercaya,

membuat cadangan kunci pribadi (backup), dan mengaktifkan fitur keamanan tambahan seperti otentikasi dua faktor (2FA). (Antonopoulos, 2014)

Pemilihan jenis crypto wallet tergantung pada preferensi pengguna, kebutuhan keamanan, dan kenyamanan akses. Penting untuk memilih wallet yang andal, aman, dan kompatibel dengan aset kripto yang ingin Anda simpan.

2.9 Unreal Engine 5

Unreal Engine 5 adalah sebuah mesin permainan (game engine) yang dikembangkan oleh Epic Games. Ini adalah generasi terbaru dari Unreal Engine, yang dirancang untuk memberikan pengalaman pengembangan dan visual yang luar biasa. Unreal Engine 5 memiliki sejumlah fitur baru yang memungkinkan pengembang untuk menciptakan pengalaman permainan yang lebih realistis dan imersif.

Salah satu fitur unggulan dari Unreal Engine 5 adalah "Nanite", teknologi rendering yang memungkinkan penggunaan geometri film-quality secara real-time. Nanite memungkinkan pengembang untuk menggunakan model 3D yang sangat detail dengan jutaan poligon tanpa perlu khawatir tentang kinerja permainan. Ini memberikan kebebasan yang lebih besar dalam menciptakan lingkungan yang kaya dan mendetail.

Selain itu, Unreal Engine 5 juga menghadirkan "Lumen", sebuah sistem pencahayaan global yang dinamis. Lumen memungkinkan pencahayaan yang realistis dan interaksi cahaya yang kompleks dalam permainan. Dengan Lumen, pengembang dapat menciptakan efek pencahayaan yang realistis seperti bayangan dinamis, refleksi, dan pencahayaan global yang real-time. (Games, 2022b)

Unreal Engine 5 juga menyediakan alat pengembangan yang lebih mudah digunakan, termasuk alat visual scripting yang kuat yang disebut "Blueprints", yang memungkinkan pengembang untuk membuat logika permainan tanpa harus menulis kode. Ini membuat pengembangan permainan menjadi lebih cepat dan lebih mudah, terutama bagi pengembang yang tidak memiliki latar belakang pemrograman yang mendalam.

Dengan kombinasi fitur-fitur ini, Unreal Engine 5 memberikan platform yang kuat bagi pengembang permainan untuk menciptakan pengalaman permainan yang mengesankan dengan visual yang spektakuler dan gameplay yang mendalam. (Games, 2022a)

Unreal Engine 5 adalah salah satu mesin permainan yang berperan penting dalam pembangunan dan pengembangan metaverse. Metaverse adalah sebuah konsep yang merujuk pada dunia virtual yang terhubung secara global, di mana pengguna dapat berinteraksi dengan lingkungan digital yang luas, bertemu dengan orang lain, dan menjalankan berbagai aktivitas secara virtual.

Unreal Engine 5 menyediakan sejumlah fitur yang mendukung pembangunan metaverse. Salah satu fitur utama adalah "World Partition", yang memungkinkan pengembangan lingkungan digital yang sangat luas tanpa mengorbankan kinerja permainan. Dengan fitur ini, dunia virtual yang luas dapat dibagi menjadi beberapa bagian yang dapat dimuat secara terpisah, sehingga hanya bagian yang relevan yang dimuat ke memori saat diperlukan. Hal ini memungkinkan lingkungan metaverse yang lebih besar dan lebih padat dengan detail tanpa mengorbankan kinerja permainan.

Selain itu, Unreal Engine 5 juga mendukung teknologi streaming yang canggih, yang

memungkinkan pengguna untuk mengalami lingkungan metaverse yang terhubung secara mulus tanpa adanya waktu unduh yang lama. Dengan menggunakan teknologi streaming ini, konten dapat dimuat secara dinamis saat pengguna menjelajahi metaverse, memungkinkan akses instan ke lingkungan baru dan interaksi yang lancar.

Fitur-fitur visual Unreal Engine 5 juga sangat relevan dalam menciptakan pengalaman metaverse yang menarik. Misalnya, Nanite yang telah disebutkan sebelumnya memungkinkan penggunaan model 3D yang sangat detail, memperkaya lingkungan metaverse dengan objek-objek yang realistis. Selain itu, Lumen juga membantu menciptakan efek pencahayaan yang realistis, memberikan atmosfer yang mendalam dan nuansa yang kaya pada lingkungan metaverse.

Dengan kombinasi dari semua fitur ini, Unreal Engine 5 memberikan alat yang kuat bagi pengembang untuk membangun metaverse yang menarik, interaktif, dan memikat. Dalam metaverse, pengguna dapat menjelajahi dunia virtual yang luas, berinteraksi dengan objek dan orang lain, serta melakukan berbagai aktivitas, seperti bermain permainan, menghadiri acara, dan bahkan melakukan transaksi ekonomi digital.

2.10 *Ethereum Virtual Machine*

Proses dibalik berjalannya *Smart Contract* pada *Ethereum* diatur dalam suatu mesin komputasi yang diberi nama *Ethereum Virtual Machine*. Semua penyebaran serta eksekusi dari *Smart Contract* berlangsung dengan melewati mesin virtual ini. Transaksi transfer nilai sederhana dari satu EOA ke EOA lainnya tidak perlu melibatkannya, tetapi yang lainnya akan melibatkan pembaruan status yang dihitung oleh *EVM*. Pada tingkat tinggi, *EVM* yang berjalan di *Blockchain Ethereum* dapat dianggap sebagai komputer terdesentralisasi global yang berisi jutaan objek yang dapat dieksekusi, masing-masing dengan penyimpanan data permanennya sendiri.

2.11 *ERC-721*

ERC-721, yang juga dikenal sebagai Non-Fungible Token (NFT) Standard, adalah sebuah standar kontrak pintar (smart contract) yang dikembangkan di jaringan Ethereum. Standar ini memungkinkan pembuatan dan pengelolaan token non-fungible, yang merupakan jenis token digital yang unik dan tidak dapat saling dipertukarkan satu sama lain. ERC-721 memainkan peran penting dalam memfasilitasi ekonomi digital dan pasar NFT yang sedang berkembang.

Token non-fungible adalah token yang mewakili kepemilikan unik atas suatu aset digital atau fisik. Berbeda dengan token kripto fungible seperti Bitcoin atau Ethereum, yang dapat dipertukarkan satu sama lain dengan nilai yang sama, setiap token non-fungible memiliki karakteristik, nilai, dan identitas yang berbeda. Misalnya, token non-fungible dapat mewakili seni digital, koleksi digital, barang-barang virtual dalam permainan, sertifikat kepemilikan, atau bahkan aset fisik yang diwakili secara digital.

Salah satu fitur utama dari ERC-721 adalah kemampuan untuk menciptakan dan melacak kepemilikan aset digital unik. Setiap token ERC-721 memiliki nomor identifikasi unik yang disebut token ID. Token ID ini membedakan setiap token dan memastikan bahwa tidak ada token lain dalam kontrak ERC-721 yang memiliki token ID yang sama. Dengan menggunakan token ID, pengguna dapat dengan mudah mengidentifikasi dan membuktikan kepemilikan mereka atas aset digital yang direpresentasikan oleh token tersebut.

Selain itu, token ERC-721 memungkinkan transfer kepemilikan antara pengguna. Pemilik token dapat mentransfer token ERC-721 kepada orang lain, baik melalui proses penjualan, pertukaran, atau hadiah. Dalam kontrak ERC-721, terdapat fungsi-fungsi yang mendukung transfer kepemilikan, seperti fungsi `transferFrom`, `approve`, dan `safeTransferFrom`. Hal ini memungkinkan terjadinya perdagangan dan pertukaran aset digital unik antara pengguna, menciptakan pasar yang dinamis dan ekonomi yang berkembang di dalam ekosistem NFT.

Selain itu, ERC-721 menyediakan fungsi-fungsi tambahan untuk mengelola dan mengakses informasi terkait dengan token non-fungible. Dalam kontrak ERC-721, pengembang dapat menyertakan metadata yang menggambarkan atribut-atribut unik dari aset yang direpresentasikan oleh token. Metadata ini dapat berisi informasi seperti nama aset, deskripsi, gambar, URL, atau atribut khusus lainnya. Dengan adanya metadata, pengguna dapat dengan mudah mengeksplorasi dan memahami karakteristik serta keaslian aset digital yang diwakili oleh token ERC-721.

Standar ERC-721 telah digunakan dalam berbagai aplikasi dan platform NFT yang populer. Misalnya, aplikasi pasar NFT seperti OpenSea, Rarible, dan SuperRare menggunakan standar ini untuk memfasilitasi perdagangan dan pertukaran aset digital. Selain itu, permainan blockchain seperti CryptoKitties dan Decentraland juga menggunakan ERC-721 untuk mewakili barang-barang unik dalam permainan. Standar ini memberikan kerangka kerja yang jelas dan terstandarisasi bagi pengembang untuk menciptakan dan mengelola token NFT secara efisien di jaringan Ethereum. (Shirley, 2018)

2.12 Minting Token

Dalam konteks smart contract, "minting token" merujuk pada proses penciptaan dan penerbitan token baru di jaringan blockchain. Proses ini penting dalam menciptakan dan memperluas ekosistem token yang digunakan dalam aplikasi dan platform blockchain.

Proses minting token biasanya dilakukan menggunakan smart contract yang mengikuti standar token seperti ERC-20 atau ERC-721 di jaringan Ethereum. Kontrak pintar ini memuat fungsi khusus yang memungkinkan pemanggilan untuk menciptakan token baru dan menetapkan atribut-atributnya. Proses minting ini biasanya dilakukan oleh pemilik smart contract atau oleh pihak lain yang memiliki hak akses dan wewenang yang sesuai.

Dalam smart contract berstandar ERC-20, fungsi mint atau fungsi serupa digunakan untuk menciptakan token baru. Fungsi ini menerima parameter seperti jumlah token yang akan dicetak dan alamat pemilik awal token. Setelah fungsi tersebut dipanggil, smart contract akan menciptakan token baru dan menetapkan atribut-atributnya, seperti simbol, nama, jumlah total pasokan, dan pemilik awal.

Dalam smart contract berstandar ERC-721, proses minting token juga melibatkan fungsi mint atau fungsi serupa. Namun, dalam konteks token non-fungible (NFT), setiap token memiliki identitas dan karakteristik yang unik. Oleh karena itu, proses minting dalam smart contract ERC-721 melibatkan penetapan atribut khusus untuk setiap token yang diciptakan, seperti metadata yang menggambarkan aset yang direpresentasikan oleh token tersebut.

Selama proses minting token, catatan transaksi yang mencatat penciptaan dan penerbitan token baru juga dicatat secara permanen dalam blockchain. Ini memastikan keaslian dan jejak kepemilikan token tersebut. Informasi ini dapat diakses dan diverifikasi oleh semua peserta jaringan, memberikan transparansi dan kepercayaan dalam ekosistem token.

Proses minting token memiliki implikasi yang luas dalam ekosistem blockchain. Ini memungkinkan penciptaan token baru untuk digunakan dalam berbagai aplikasi, seperti aplikasi keuangan, pasar NFT, game blockchain, identitas digital, dan banyak lagi. Dengan minting token, pengembang dapat menciptakan ekonomi digital yang dinamis dan inovatif di atas teknologi blockchain. (Shirley, 2018)

2.13 Metaverse

Metaverse adalah istilah yang digunakan untuk menggambarkan dunia virtual yang terhubung secara digital, yang dihuni oleh pengguna dari berbagai lokasi di seluruh dunia. Konsep Metaverse mirip dengan realitas virtual, tetapi dengan tambahan elemen interaktif yang memungkinkan pengguna untuk berinteraksi dengan lingkungan virtual dan antara satu sama lain.

Metaverse bertujuan untuk menciptakan pengalaman yang imersif dan menyatu dengan menggunakan teknologi seperti realitas virtual (VR), augmented reality (AR), dan mixed reality (MR). Di dalam Metaverse, pengguna dapat mengontrol avatar mereka, menjelajahi lingkungan virtual, berinteraksi dengan objek dan orang lain, serta terlibat dalam berbagai aktivitas, seperti bermain game, berkomunikasi, berbelanja, atau bahkan bekerja. (Kietzmann et al., 2011)

Konsep Metaverse telah mendapatkan perhatian yang signifikan dalam beberapa tahun terakhir, terutama dengan perkembangan teknologi seperti blockchain, digital assets, dan NFT (Non-Fungible Tokens). Teknologi-teknologi ini memungkinkan pembangunan dan pertukaran aset digital di dalam Metaverse, termasuk properti virtual, koleksi seni digital, karakter game, dan banyak lagi. Pengguna dapat memiliki, memperdagangkan, dan menggunakannya di dalam lingkungan Metaverse.

Selain itu, Metaverse juga mencakup elemen sosial yang kuat. Pengguna dapat berinteraksi dengan pengguna lainnya melalui avatar mereka, berkomunikasi melalui suara atau teks, membentuk komunitas, dan bahkan melakukan kegiatan sosial seperti menghadiri konser, pameran seni, atau acara virtual lainnya. Konsep Metaverse mendukung kolaborasi, eksplorasi, dan kreasi bersama di dalam dunia virtual.

Namun, perlu dicatat bahwa saat ini, Metaverse masih dalam tahap perkembangan dan implementasi yang terbatas. Ada berbagai platform dan proyek yang berusaha membangun dan mewujudkan visi Metaverse, seperti Decentraland, Cryptovoxels, Somnium Space, dan lainnya. Perkembangan teknologi dan adopsi yang lebih luas akan menjadi kunci untuk mewujudkan potensi penuh Metaverse di masa depan. (Castronova, 2005)

2.13.1 Hukum Newton

Newton (Newton, 1687) pernah merumuskan bahwa Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Ut purus elit, vestibulum ut, placerat ac, adipiscing vitae, felis. Curabitur dictum gravida mauris. Nam arcu libero, nonummy eget, consectetur id, vulputate a, magna. Donec vehicula augue eu neque. Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Mauris ut leo. Cras viverra metus rhoncus sem. Nulla et lectus vestibulum urna fringilla ultrices. Phasellus eu tellus sit amet tortor gravida placerat. Integer sapien est, iaculis in, pretium quis, viverra ac, nunc. Praesent eget sem vel leo ultrices bibendum. Aenean faucibus. Morbi dolor nulla, malesuada eu, pulvinar at, mollis ac, nulla. Curabitur auctor semper nulla. Donec varius orci eget risus. Duis nibh mi, congue eu, accumsan eleifend, sagittis quis, diam. Duis eget orci sit amet orci dignissim rutrum. Kemudian menjadi persamaan seperti pada persamaan 2.1.

$$\sum \mathbf{F} = 0 \Leftrightarrow \frac{d\mathbf{v}}{dt} = 0. \quad (2.1)$$

2.13.2 Anti Gravitasi

Anti gravitasi merupakan Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Ut purus elit, vestibulum ut, placerat ac, adipiscing vitae, felis. Curabitur dictum gravida mauris. Nam arcu libero, nonummy eget, consectetur id, vulputate a, magna. Donec vehicula augue eu neque. Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Mauris ut leo. Cras viverra metus rhoncus sem. Nulla et lectus vestibulum urna fringilla ultrices. Phasellus eu tellus sit amet tortor gravida placerat. Integer sapien est, iaculis in, pretium quis, viverra ac, nunc. Praesent eget sem vel leo ultrices bibendum. Aenean faucibus. Morbi dolor nulla, malesuada eu, pulvinar at, mollis ac, nulla. Curabitur auctor semper nulla. Donec varius orci eget risus. Duis nibh mi, congue eu, accumsan eleifend, sagittis quis, diam. Duis eget orci sit amet orci dignissim rutrum.

BAB III

METODOLOGI

Penelitian ini dilaksanakan sesuai desain sistem berikut beserta implementasinya. Desain sistem merupakan konsep dari pembuatan dan perancangan infrastruktur dan kemudian diwujudkan dalam bentuk blok-blok alur yang harus dikerjakan. Pada bagian implementasi merupakan pelaksanaan teknis untuk setiap blok pada desain sistem.

3.1 Deskripsi Sistem

Sistem akan dibuat dengan Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Ut purus elit, vestibulum ut, placerat ac, adipiscing vitae, felis. Curabitur dictum gravida mauris. Nam arcu libero, nonummy eget, consectetur id, vulputate a, magna. Donec vehicula augue eu neque. Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Mauris ut leo. Cras viverra metus rhoncus sem. Nulla et lectus vestibulum urna fringilla ultrices. Phasellus eu tellus sit amet tortor gravida placerat. Integer sapien est, iaculis in, pretium quis, viverra ac, nunc. Praesent eget sem vel leo ultrices bibendum. Aenean faucibus. Morbi dolor nulla, malesuada eu, pulvinar at, mollis ac, nulla. Curabitur auctor semper nulla. Donec varius orci eget risus. Duis nibh mi, congue eu, accumsan eleifend, sagittis quis, diam. Duis eget orci sit amet orci dignissim rutrum.

Nam dui ligula, fringilla a, euismod sodales, sollicitudin vel, wisi. Morbi auctor lorem non justo. Nam lacus libero, pretium at, lobortis vitae, ultricies et, tellus. Donec aliquet, tortor sed accumsan bibendum, erat ligula aliquet magna, vitae ornare odio metus a mi. Morbi ac orci et nisl hendrerit mollis. Suspendisse ut massa. Cras nec ante. Pellentesque a nulla. Cum sociis natoque penatibus et magnis dis parturient montes, nascetur ridiculus mus. Aliquam tincidunt urna. Nulla ullamcorper vestibulum turpis. Pellentesque cursus luctus mauris.

3.2 Implementasi Alat

Alat diimplementasikan dengan Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Ut purus elit, vestibulum ut, placerat ac, adipiscing vitae, felis. Curabitur dictum gravida mauris. Nam arcu libero, nonummy eget, consectetur id, vulputate a, magna. Donec vehicula augue eu neque. Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Mauris ut leo. Cras viverra metus rhoncus sem. Nulla et lectus vestibulum urna fringilla ultrices. Phasellus eu tellus sit amet tortor gravida placerat. Integer sapien est, iaculis in, pretium quis, viverra ac, nunc. Praesent eget sem vel leo ultrices bibendum. Aenean faucibus. Morbi dolor nulla, malesuada eu, pulvinar at, mollis ac, nulla. Curabitur auctor semper nulla. Donec varius orci eget risus. Duis nibh mi, congue eu, accumsan eleifend, sagittis quis, diam. Duis eget orci sit amet orci dignissim rutrum.

Listing 3.1: Program halo dunia.

```
1 #include <iostream>
2
3 int main() {
4     std::cout << "Halo Dunia!";
```



```
5     return 0;
6 }
```

Nam dui ligula, fringilla a, euismod sodales, sollicitudin vel, wisi. Morbi auctor lorem non justo. Nam lacus libero, pretium at, lobortis vitae, ultricies et, tellus. Donec aliquet, tortor sed accumsan bibendum, erat ligula aliquet magna, vitae ornare odio metus a mi. Morbi ac orci et nisl hendrerit mollis. Suspendisse ut massa. Cras nec ante. Pellentesque a nulla. Cum sociis natoque penatibus et magnis dis parturient montes, nascetur ridiculus mus. Aliquam tincidunt urna. Nulla ullamcorper vestibulum turpis. Pellentesque cursus luctus mauris.

Nulla malesuada porttitor diam. Donec felis erat, congue non, volutpat at, tincidunt tristique, libero. Vivamus viverra fermentum felis. Donec nonummy pellentesque ante. Phasellus adipiscing semper elit. Proin fermentum massa ac quam. Sed diam turpis, molestie vitae, placerat a, molestie nec, leo. Maecenas lacinia. Nam ipsum ligula, eleifend at, accumsan nec, suscipit a, ipsum. Morbi blandit ligula feugiat magna. Nunc eleifend consequat lorem. Sed lacinia nulla vitae enim. Pellentesque tincidunt purus vel magna. Integer non enim. Praesent euismod nunc eu purus. Donec bibendum quam in tellus. Nullam cursus pulvinar lectus. Donec et mi. Nam vulputate metus eu enim. Vestibulum pellentesque felis eu massa.

Listing 3.2: Program perhitungan bilangan prima.

```
1 def apakahBilanganPrima(nilai):
2     if nilai > 1:
3         for i in range(2, nilai):
4             if (nilai % i) == 0:
5                 return False
6         else:
7             return True
8     else:
9         return False
```

Quisque ullamcorper placerat ipsum. Cras nibh. Morbi vel justo vitae lacus tincidunt ultrices. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. In hac habitasse platea dictumst. Integer tempus convallis augue. Etiam facilisis. Nunc elementum fermentum wisi. Aenean placerat. Ut imperdiet, enim sed gravida sollicitudin, felis odio placerat quam, ac pulvinar elit purus eget enim. Nunc vitae tortor. Proin tempus nibh sit amet nisl. Vivamus quis tortor vitae risus porta vehicula.

BAB IV

PENGUJIAN DAN ANALISIS

Pada penelitian ini dipaparkan Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Ut purus elit, vestibulum ut, placerat ac, adipiscing vitae, felis. Curabitur dictum gravida mauris. Nam arcu libero, nonummy eget, consectetur id, vulputate a, magna. Donec vehicula augue eu neque.

4.1 Skenario Pengujian

Pengujian dilakukan dengan Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Ut purus elit, vestibulum ut, placerat ac, adipiscing vitae, felis. Curabitur dictum gravida mauris. Nam arcu libero, nonummy eget, consectetur id, vulputate a, magna. Donec vehicula augue eu neque. Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Mauris ut leo. Cras viverra metus rhoncus sem. Nulla et lectus vestibulum urna fringilla ultrices. Phasellus eu tellus sit amet tortor gravida placerat. Integer sapien est, iaculis in, pretium quis, viverra ac, nunc. Praesent eget sem vel leo ultrices bibendum. Aenean faucibus. Morbi dolor nulla, malesuada eu, pulvinar at, mollis ac, nulla. Curabitur auctor semper nulla. Donec varius orci eget risus. Duis nibh mi, congue eu, accumsan eleifend, sagittis quis, diam. Duis eget orci sit amet orci dignissim rutrum.

Nam dui ligula, fringilla a, euismod sodales, sollicitudin vel, wisi. Morbi auctor lorem non justo. Nam lacus libero, pretium at, lobortis vitae, ultricies et, tellus. Donec aliquet, tortor sed accumsan bibendum, erat ligula aliquet magna, vitae ornare odio metus a mi. Morbi ac orci et nisl hendrerit mollis. Suspendisse ut massa. Cras nec ante. Pellentesque a nulla. Cum sociis natoque penatibus et magnis dis parturient montes, nascetur ridiculus mus. Aliquam tincidunt urna. Nulla ullamcorper vestibulum turpis. Pellentesque cursus luctus mauris.

4.2 Evaluasi Pengujian

Dari pengujian yang Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Ut purus elit, vestibulum ut, placerat ac, adipiscing vitae, felis. Curabitur dictum gravida mauris. Nam arcu libero, nonummy eget, consectetur id, vulputate a, magna. Donec vehicula augue eu neque. Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Mauris ut leo. Cras viverra metus rhoncus sem. Nulla et lectus vestibulum urna fringilla ultrices. Phasellus eu tellus sit amet tortor gravida placerat. Integer sapien est, iaculis in, pretium quis, viverra ac, nunc. Praesent eget sem vel leo ultrices bibendum. Aenean faucibus. Morbi dolor nulla, malesuada eu, pulvinar at, mollis ac, nulla. Curabitur auctor semper nulla. Donec varius orci eget risus. Duis nibh mi, congue eu, accumsan eleifend, sagittis quis, diam. Duis eget orci sit amet orci dignissim rutrum.

Table 4.1: Hasil Pengukuran Energi dan Kecepatan

Energi	Jarak Tempuh	Kecepatan
10 J	1000 M	200 M/s

20 J	2000 M	400 M/s
30 J	4000 M	800 M/s
40 J	8000 M	1600 M/s

Nam dui ligula, fringilla a, euismod sodales, sollicitudin vel, wisi. Morbi auctor lorem non justo. Nam lacus libero, pretium at, lobortis vitae, ultricies et, tellus. Donec aliquet, tortor sed accumsan bibendum, erat ligula aliquet magna, vitae ornare odio metus a mi. Morbi ac orci et nisl hendrerit mollis. Suspendisse ut massa. Cras nec ante. Pellentesque a nulla. Cum sociis natoque penatibus et magnis dis parturient montes, nascetur ridiculus mus. Aliquam tincidunt urna. Nulla ullamcorper vestibulum turpis. Pellentesque cursus luctus mauris.

Nulla malesuada porttitor diam. Donec felis erat, congue non, volutpat at, tincidunt tristique, libero. Vivamus viverra fermentum felis. Donec nonummy pellentesque ante. Phasellus adipiscing semper elit. Proin fermentum massa ac quam. Sed diam turpis, molestie vitae, placerat a, molestie nec, leo. Maecenas lacinia. Nam ipsum ligula, eleifend at, accumsan nec, suscipit a, ipsum. Morbi blandit ligula feugiat magna. Nunc eleifend consequat lorem. Sed lacinia nulla vitae enim. Pellentesque tincidunt purus vel magna. Integer non enim. Praesent euismod nunc eu purus. Donec bibendum quam in tellus. Nullam cursus pulvinar lectus. Donec et mi. Nam vulputate metus eu enim. Vestibulum pellentesque felis eu massa.

Quisque ullamcorper placerat ipsum. Cras nibh. Morbi vel justo vitae lacus tincidunt ultrices. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. In hac habitasse platea dictumst. Integer tempus convallis augue. Etiam facilisis. Nunc elementum fermentum wisi. Aenean placerat. Ut imperdiet, enim sed gravida sollicitudin, felis odio placerat quam, ac pulvinar elit purus eget enim. Nunc vitae tortor. Proin tempus nibh sit amet nisl. Vivamus quis tortor vitae risus porta vehicula.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian yang Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Ut purus elit, vestibulum ut, placerat ac, adipiscing vitae, felis. Curabitur dictum gravida mauris. sebagai berikut:

1. Pembuatan Nam dui ligula, fringilla a, euismod sodales, sollicitudin vel, wisi. Morbi auctor lorem non justo. Nam lacus libero, pretium at, lobortis vitae, ultricies et, tellus.
2. Donec aliquet, tortor sed accumsan bibendum, erat ligula aliquet magna, vitae ornare odio metus a mi. Morbi ac orci et nisl hendrerit mollis. Suspendisse ut massa.
3. Cras nec ante. Pellentesque a nulla. Cum sociis natoque penatibus et magnis dis parturient montes, nascetur ridiculus mus. Aliquam tincidunt urna.

5.2 Saran

Untuk pengembangan lebih lanjut pada Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Ut purus elit, vestibulum ut, placerat ac, adipiscing vitae, felis. Curabitur dictum gravida mauris. antara lain:

1. Memperbaiki Nam dui ligula, fringilla a, euismod sodales, sollicitudin vel, wisi. Morbi auctor lorem non justo. Nam lacus libero, pretium at, lobortis vitae, ultricies et, tellus.
2. Donec aliquet, tortor sed accumsan bibendum, erat ligula aliquet magna, vitae ornare odio metus a mi. Morbi ac orci et nisl hendrerit mollis. Suspendisse ut massa.
3. Cras nec ante. Pellentesque a nulla. Cum sociis natoque penatibus et magnis dis parturient montes, nascetur ridiculus mus. Aliquam tincidunt urna.

[Halaman ini sengaja dikosongkan]

DAFTAR PUSTAKA

- Antonopoulos, A. M. (2014). *Mastering bitcoin: Unlocking digital cryptocurrencies*. O'Reilly Media.
- Antonopoulos, A. M., & Wood, G. (2018). *Mastering ethereum: Building smart contracts and dapps*. O'Reilly Media.
- Benet, J. (2014). Ipfs - content addressed, versioned, p2p file system. *arXiv preprint arXiv:1407.3561*.
- Burniske, C., & Davis, V. (2019). *Ethereum for dummies*. For Dummies.
- Castronova, E. (2005). *Synthetic worlds: The business and culture of online games*. University of Chicago Press.
- Diedrich, H. (2017). *Ethereum: Blockchains, digital assets, smart contracts, decentralized autonomous organizations*. Apress.
- Dwivedi, Y. K., Hughes, L., Baabdullah, A. M., Ribeiro-Navarrete, S., Giannakis, M., Al-Debei, M. M., Dennehy, D., Metri, B., Buhalis, D., Cheung, C. M., Conboy, K., Doyle, R., Dubey, R., Dutot, V., Felix, R., Goyal, D., Gustafsson, A., Hinsch, C., Jebabli, I., ... Wamba, S. F. (2022). Metaverse beyond the hype: Multidisciplinary perspectives on emerging challenges, opportunities, and agenda for research, practice and policy. *International Journal of Information Management*, 66, 102542. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2022.102542>
- Games, E. (2022a). *Unreal engine*. <https://www.unrealengine.com/en-US/>
- Games, E. (2022b). *Unreal engine architecture*. <https://docs.unrealengine.com/en-US/Architecture/index.html>
- Kietzmann, J., Hermkens, K., McCarthy, I. P., & Silvestre, B. S. (2011). Social media? get serious! understanding the functional building blocks of social media. *Business horizons*, 54(3), 241–251.
- Nakamoto, S. (2008). Bitcoin: A peer-to-peer electronic cash system.
- Naz, M., Al-zahrani, F. A., Khalid, R., Javaid, N., Qamar, A. M., Afzal, M. K., & Shafiq, M. (2019). Facebook buying oculus virtual-reality company for \$2 billion. *Sustainability*, 11(24), 7054.
- Newton, I. (1687). Axioms or laws of motion. *Philosophiæ Naturalis Principia Mathematica*.
- Noauthor. (2017). Introduction to cryptocurrency wallet security. *IACR Cryptology ePrint Archive*, 2017.
- Ozer, R. (2018). *Ethereum: The insider guide to blockchain technology, cryptocurrency and mining ethereum*. CreateSpace Independent Publishing Platform.
- Shirley, D. (2018). Erc-721 non-fungible token standard.
- Solidity documentation. (n.d.).
- Swan, M. (2015). *Blockchain: Blueprint for a new economy*. O'Reilly Media.
- Tapscott, D., & Tapscott, A. (2016). *Blockchain revolution: How the technology behind bitcoin is changing money, business, and the world*. Penguin.
- Wood, G. (2014). Ethereum: A secure decentralised generalised transaction ledger.

[Halaman ini sengaja dikosongkan]

BIOGRAFI PENULIS



Aaron Christopher Tanhar, lahir pada Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Ut purus elit, vestibulum ut, placerat ac, adipiscing vitae, felis. Curabitur dictum gravida mauris. Nam arcu libero, nonummy eget, consectetur id, vulputate a, magna. Donec vehicula augue eu neque. Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Mauris ut leo. Cras viverra metus rhoncus sem. Nulla et lectus vestibulum urna fringilla ultrices. Phasellus eu tellus sit amet tortor gravida placerat. Integer sapien est, iaculis in, pretium quis, viverra ac, nunc. Praesent eget sem vel leo ultrices bibendum. Aenean faucibus. Morbi dolor nulla, malesuada eu, pulvinar at, mollis ac, nulla. Curabitur auctor semper nulla. Donec varius orci eget risus. Duis nibh mi, congue eu, accumsan eleifend, sagittis quis, diam. Duis eget orci sit amet orci dignissim rutrum.

Nam dui ligula, fringilla a, euismod sodales, sollicitudin vel, wisi. Morbi auctor lorem non justo. Nam lacus libero, pretium at, lobortis vitae, ultricies et, tellus. Donec aliquet, tortor sed accumsan bibendum, erat ligula aliquet magna, vitae ornare odio metus a mi. Morbi ac orci et nisl hendrerit mollis. Suspendisse ut massa. Cras nec ante. Pellentesque a nulla. Cum sociis natoque penatibus et magnis dis parturient montes, nascetur ridiculus mus. Aliquam tincidunt urna. Nulla ullamcorper vestibulum turpis. Pellentesque cursus luctus mauris.

[Halaman ini sengaja dikosongkan]