

Perancangan Aplikasi Terdesentralisasi *Electronic Voting* Berbasis Smart Contract Pada Flare Blockchain di GKPS Cililitan

Ratih Wahyuningrum¹, Arson P Tomanta²

Jurusan Komputer IBN

Jl. Pulomas Timur 3A Blok A No. 2 Pulo Gadung Jaktim INDONESIA

¹ratihfath33@gmail.com, ²arsontomanta@gmail.com

Intisari— Teknologi informasi dan komunikasi kini sebagai media yang memfasilitasi berbagai kegiatan di GKPS Cililitan. Salah satunya adalah untuk proses pemilihan personel pada masa periodisasi Gereja. Pada saat ini proses pemilihan personel di GKPS Cililitan masih dilakukan secara manual, dimana masih menggunakan kertas untuk menulis nama kandidat pilihan dan papan untuk proses penghitungan yang juga secara manual di saksikan oleh seluruh anggota rapat yang hadir. Tujuan penelitian ini adalah untuk mempermudah proses periodisasi di GKPS Cililitan, baik secara proses pemilihan dan proses penghitungannya yang dapat di pantau secara *realtime* sehingga proses pemilihan bisa diselesaikan lebih cepat. Metode penelitian yang digunakan yaitu metode penelitian *action research* dengan pendekatan kualitatif serta pengembangan sistem yang digunakan yaitu metode *prototyping*. Dalam pembuatan sistem ini menggunakan bahasa pemrograman *Typescript, Javascript, Solidity, CSS* serta menggunakan *framework* Next.JS 14 dan *Hardhat* yang dikemas dalam 1 *bundle development kit Scaffold.eth*. Hasil penelitian ini adalah sebuah sistem pemilihan elektronik berbasis web3 dan teknologi *blockchain* yang diharapkan dapat membantu mengelola proses pemilihan serta penghitungan suara secara *realtime* di GKPS Cililitan.

Kata Kunci— Electronic Voting, Blockchain, Smart Contract, Decentralized Application

Abstract— Information and communication technology now serves as a medium that facilitates various activities at the GKPS Cililitan. One such tool is the personnel selection process during the Church's terminology period. Currently, the personnel selection process at the GKPS Cililitan is still carried out manually, using paper to write the names of the selected candidates and a board for the counting process, which is also manually witnessed by all meeting members present. The purpose of this research is to simplify the terminology process at the GKPS Cililitan, both in terms of the selection process and the counting process, which can be monitored in real time, allowing for faster completion. The research method used is action research with a qualitative approach, and the system development method used is prototyping. The system was created using the programming languages *Typescript, JavaScript, Solidity, CSS*, and the *Next.JS 14 and Hardhat* frameworks, packaged in a single *Scaffold.eth* development kit bundle. The result of this research is a web3-based electronic voting system and blockchain technology that is expected to help manage the election process and vote counting in real time at the GKPS Cililitan.

Keywords— Electronic Voting, Blockchain, Smart Contract, Decentralized Application

I. PENDAHULUAN

Pemilihan umum dalam organisasi gereja merupakan proses penting untuk memastikan keberlanjutan tata kelola yang transparan. Namun, proses pemilihan konvensional seringkali dihadapkan pada risiko kurangnya transparansi dan efisiensi. Teknologi blockchain, khususnya jaringan Flare, muncul sebagai solusi potensial untuk mengatasi tantangan ini, menawarkan keamanan, transparansi, dan efisiensi dalam pengelolaan suara. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis penerapan sistem pemilihan berbasis blockchain di GKPS Cililitan, sebuah upaya inovatif untuk meningkatkan kepercayaan jemaat dan mempercepat proses pemilihan. Lebih lanjut, penelitian ini akan menentukan batasan-batasan tertentu, termasuk fokus pada implementasi tahap pemilihan umum menggunakan jaringan Flare, penggunaan Flare Test Network, token Coston2 Flare (C2FLR), dan aplikasi yang dirancang untuk GKPS. Tujuan utama penelitian ini adalah merancang aplikasi terdesentralisasi *Electronic Voting* dengan menggunakan Flare Blockchain di jaringan Test Network Coston2, sehingga GKPS Cililitan dapat menjalankan proses

pemilihan yang lebih aman, transparan, dan terpercaya. Hasil penelitian ini diharapkan memberikan manfaat bagi penulis dalam mengimplementasikan pengetahuan dan kemampuannya, serta bagi pengguna, termasuk jemaat yang dapat melakukan pemilihan dan memantau hasil secara real-time, dan panitia pemilihan yang dapat mengelola proses pemilihan dengan lebih mudah dan efisien.

II. LATAR BELAKANG

A. Sistem Informasi

Secara garis besar sistem merupakan suatu kumpulan komponen dan elemen yang saling terintegrasi, komponen yang terorganisir dan bekerja sama dalam mewujudkan suatu tujuan tertentu. sistem bisa diartikan kombinasi elemen yang berinteraksi yang diorganisasikan untuk mencapai satu atau lebih tujuan yang ditentukan [1]

B. Blockchain

Blockchain adalah DBMS. Namun tidak hanya sekedar DBMS, Blockchain memberi perlindungan ekstra terhadap informasi yang ada di dalamnya dengan menambahkan beberapa bagian.

Pertama adalah struktur data yang dikelompokkan ke dalam blok-blok dan mendapatkan pengamanan dengan menggunakan Merkle Tree.

Melalui susunan Merkle Tree, informasi yang ada tidak mudah diubah. Selain itu data header ditambahkan ke dalam sistem Blockchain, dimana header yang satu terkoneksi dengan 2 header lain yang berasal dari blok sebelum dan setelahnya. Manfaat dari koneksi antar header ini adalah untuk mempersulit pihak manapun melakukan modifikasi atas informasi header maupun informasi transaksi yang ada di dalam blok.[2]

C. Blockchain Ethereum

Ethereum Protokol Ethereum pada awalnya dirancang sebagai versi terbaru dari mata uang kripto, yang menyediakan fitur-fitur canggih seperti escrow pada blockchain, batasan penarikan dan kontrak keuangan dan sejenisnya melalui bahasa pemrograman yang sangat umum.[3]

D. Decentralized Application

Decentralized Application atau dApps, adalah program perangkat lunak yang berjalan pada jaringan komputer blockchain atau peer-to-peer (P2P), bukan pada satu komputer. Daripada beroperasi di bawah kendali satu otoritas, dApps tersebar di seluruh jaringan untuk dikontrol secara kolektif oleh para penggunanya.[4]

E. Pemilihan Umum

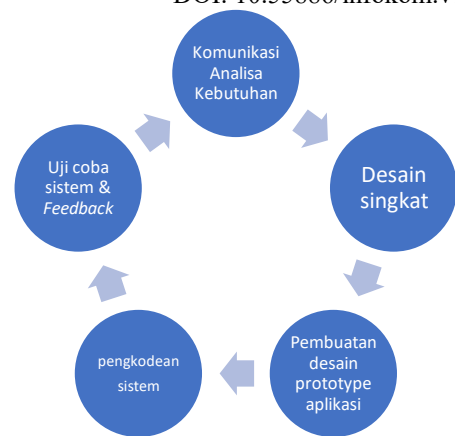
Pemilihan umum merupakan sarana kedaulatan rakyat yang dilaksanakan secara langsung, umum, bebas, rahasia, jujur, dan adil [5]

F. Electronic Voting

E-voting atau electronic voting adalah sistem pemungutan suara yang memanfaatkan perangkat elektronik dan mengolah informasi digital untuk membuat surat suara dan memberikan suara. E-voting dapat menggunakan standalone electronic voting machines atau komputer yang terhubung ke internet.[6]

G. Metode Pengembangan Sistem

Metode pengembangan yang di gunakan pada penelitian ini adalah model pengembangan *Prototyping* dari Roger S. Pressman, mendefinisikan *prototyping* adalah proses pengembangan model awal tersebut untuk digunakan terlebih dahulu dan ditingkatkan terus-menerus sampai didapatkan sistem yang utuh, artinya sistem akan dikembangkan lebih cepat dari pada metode tradisional dan biayanya menjadi lebih rendah. Prosesnya bisa mengikuti alur dari komunikasi analisa kebutuhan, desain singkat, pembuatan desain prototype aplikasi, pengkodean sistem, ujicoba system & feedback.[7] Dapat dilihat dari gambar berikut.



Gambar 1. Metode *Prototyping*

1. Komunikasi Analisa Kebutuhan

Pengembang bertemu dengan pemangku kepentingan lain untuk menentukan tujuan keseluruhan perangkat lunak, mengidentifikasi persyaratan apa saja yang diketahui, analisa sistem berjalan, analisa kebutuhan fungsional, dan analisa kebutuhan non-fungsional.

2. Desain Singkat

Tahap berikutnya adalah melakukan perancangan kerangka pemikiran sistem sebagai perkiraan sebelum dibuatnya kode, serta membuat desain UML seperti use case diagram, activity diagram, dan class diagram. Tujuannya adalah untuk memastikan bahwa penulis memiliki gambaran yang jelas mengenai struktur dan fungsionalitas aplikasi yang akan dibuat.

3. Pembuatan Desain Prototype Aplikasi

Desain cepat mengarah pada pembangunan prototipe. Prototipe desain pada tahap ini menggunakan aplikasi Figma. Prototipe disebarkan dan dievaluasi oleh para pemangku kepentingan, yang memberikan umpan balik yang digunakan untuk menyempurnakan persyaratan lebih lanjut. Pada tahap ini desain tampilan aplikasi masih jauh berbeda dari versi paling akhir.

4. Pengkodean Sistem

Setelah desain prototype dilanjutkan dengan pengembang mulai membangun sistem, Bahasa pemrograman yang dipakai disini di dominasi oleh Typescript dan Solidity, ditambah dengan Javascript.

5. Uji Coba Sistem dan *Feedback*

Tahap ini penulis menguji sistem Setelah sistem sudah menjadi suatu perangkat lunak yang siap pakai, diuji terlebih dahulu sebelum digunakan. Pengujian ini dilakukan dengan *White Box*, *Black Box*, pengujian arsitektur dan lain-lain. Jika masih tidak sesuai dengan kebutuhan organisasi, maka *prototyping* diperbaiki dengan mengulang langkah 1, 2, dan 3.

H. UML (Unified Modelling Language)

UML adalah Bahasa standar untuk membuat rancangan software. UML biasanya digunakan untuk menggambarkan dan membangun, dokumen artefak dari *software-intensive system*. [8] UML hanya berfungsi untuk melakukan pemodelan. Jadi penggunaan UML tidak terbatas pada metodologi tertentu, meskipun pada kenyataannya UML paling banyak digunakan pada metodologi berorientasi objek. Model UML yang dipakai dalam pembuatan aplikasi terdesentralisasi electronic voting Votrex ini antara lain *Use Case Diagram, Activity Diagram dan Class Diagram*.

1. Usecase Diagram

Use Case atau diagram Use Case merupakan pemodelan untuk kelakuan (behavior) sistem informasi yang akan dibuat. Use case mendeskripsikan sebuah interaksi antara satu atau lebih aktor dengan sistem informasi yang akan dibuat. [9]

2. Activity Diagram

Diagram aktivitas atau activity diagram menggambarkan workflow (aliran kerja) atau aktivitas dari sebuah sistem atau proses bisnis atau menu yang ada pada perangkat lunak. [10].

3. Class Diagram

Diagram kelas atau class diagram menggambarkan struktur sistem dari segi pendefinisian kelas-kelas yang akan dibuat untuk membangun sistem. [11]

Multiplisitas suatu atribut menunjukkan berapa banyak nilai yang dapat ditampung oleh suatu atribut Multiplisitas.[12]

4. Sequence Diagram

Diagram urutan atau Sequence Diagram merupakan interaksi menentukan bagaimana pesan dan data dipertukarkan antara mitra interaksi. Mitra interaksi tersebut dapat berupa manusia, seperti dosen atau mahasiswa, atau non-manusia, seperti server, printer, atau perangkat lunak yang dapat dieksekusi. [11]

I. Penelitian Sejenis

Adapun penelitian terdahulu yang sejenis dengan penelitian penulis dapat dilihat pada tabel berikut:

TABEL I
 PENELITIAN SEJENIS

No	Judul Penelitian	Ringkasan Studi	Hasil
----	------------------	-----------------	-------

1	Satria Damai Kurnia Hu, Henry Novianus Palit, Andreas Handojo (Fakultas Teknologi Industri, Universitas Kristen Petra)	Judul: Implementasi Blockchain: Studi Kasus e-Voting [31]	Teknologi Blockchain dapat membantu dalam proses pemilihan umum, baik dari proses penyimpanan data, verifikasi validasi <i>vote</i> , dan data <i>vote</i> yang sifat nya permanen.	Sistem belum dibuat dengan node public online seperti bitcoin atau Ethereum. Mekanisme sistem masih bergantung dengan datang ke tempat pemilihan.
2	Fiqar Arpialim, et.all (Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin Makassar)	Judul : Penerapan Blockchain Dengan Integrasi Smart Contract Pada Sistem Crowdfunding [32]	Penelitian ini berisi penjelasan seputar blockchain, seperti jenis blockchain, arsitektur blockchain	Banyak jenis blockchain, seperti <i>Public Blockchain, Consortium Blockchain, Private Blockchain, Private Blockchain,dll</i>
3	Dwi Fitra Hidayat, Satria Wibowo (Program Studi Magister Teknik Elektro, Institut Teknologi Bandung)	Judul : Peancangan dan Implementasi Teknologi Blockchain Pada Sistem Pencatatan Hasil Rekapitulasi Pemilu Berdasarkan Formulir C1 Pindaian KPU [33]	Proses Implementasi nya menggunakan platform Hyperledger sebagai platform yang mendukung <i>permissioned blockchain</i>	<i>Blockchain</i> mampu menunjang sistem pencatatan hasil rekapitulasi pemilu berdasarkan pindaian formulir C1. Memiliki kelebihan pada sisi keamanan ketersediaan data dan integritas data.

industri, seperti Supply Chain dan jasa keuangan. Blockchain memungkinkan proses transaksi berjalan secara Peer-to-Peer tanpa mengandalkan satu Server.

III. METODOLOGI PENELITIAN

A. Metodologi Penelitian

Penelitian ini menggunakan metodologi penelitian *Action Research* atau Penelitian tindakan, untuk membantu penulis atau peneliti dalam proses pengumpulan data, sesuai dengan latar belakang penelitian dimana data utama yang dibutuhkan adalah data yang harus diambil secara langsung ke lapangan dengan menggunakan metode pengumpulan data Observasi, sehingga dapat berinteraksi secara langsung dengan pihak gereja.

B. Metode Pengumpulan Data

1) Observasi

Pada tahap observasi yang dilakukan dengan melakukan pengamatan proses pemilihan secara manual di GKPS Cililitan. Pada tahap ini juga penulis mendapati aturan yang berlaku saat pemilihan di tata aturan Gereja. Yaitu ada nya aturan Quorum dan Kisquosient.

2) Studi Pustaka

Metode ini dilakukan dengan cara mengumpulkan informasi dari beberapa sumber, diantaranya jurnal yang berkaitan dengan perancangan dan pembuatan sistem berbasis teknologi blockchain, yang digunakan sebagai pedoman dalam pengembangan sistem.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Komunikasi Analisa Kebutuhan

1) Analisa Sistem Berjalan

Dari peraturan tata gereja GKPS Cililitan, penulis mendapatkan rumusan Quorum dan Kisquosient yang wajib digunakan dalam penghitungan suara hasil pemilihan yakni sebagai berikut:

4	Untung Rahardja, Qurotul Aini, M. Yusup, Aulia Edliyanti (Universitas Raharja) Judul : Penerapan Teknologi <i>Blockchain</i> Sebagai Media Pengamanan Proses Transaksi <i>E-Commerce</i> [34]	Terdapat analisis SWOT (<i>Strength, Weaknesses, Opportunities</i> , dan <i>threats</i>) dalam penelitian. Sistem E-Commerce ini menggunakan prose transaksi pembelian OJS (<i>Open Journal System</i>)	Pemanfaatan teknologi Blockchain pada proses transaksi pembelian OJS (<i>Open Journal System</i>) di Pandawan dapat membantu perusahaan terhindar dari kecurangan yang dilakukan oleh pihak ketiga karena data dapat disimpan oleh semua pengguna
5	Fauzan N I, Ahmad(Divisi BJB University) Judul : Teknologi <i>Blockchain</i> dan Peranannya Dalam Era <i>Digital</i> [35]	Penelitian ini berisi dasar-dasar Blockchain, seperti sejarah Blockchain, cara bekerja, dan manfaat Blockchain	Teknologi Blockchain unggul dibandingkan teknologi konvensional lainnya karena dapat diimplementasikan di berbagai jenis sektor

a. Rumus Quorum

$$Q = \left(\sum v \times \frac{50}{100} + 1 \right)$$

Q = Kuorum (*Quorum*)

v = jumlah suara kandidat (*vote count*)

b. Rumus Kisquosient

$$Kq = \frac{\sum v}{c}$$

Kq = Koefisien pembagi perolehan suara (*Kisquosient*)

v = jumlah suara kandidat (*vote count*)

c = jumlah kandidat yang ada (*candidate count*)

2) Analisa Sistem Usulan

Sistem rancangan penulis berbasis web, sehingga pengguna dapat berjalan di *browser* perangkat apapun. Selain itu juga karena sistem ini berbasis merupakan *dApps* yang menggunakan jaringan *blockchain*, maka diperlukan juga *metamask* sebagai dompet *web3* untuk berinteraksi di sistem *VotreX* ini.

3) Analisa Kebutuhan Fungsional

Berikut analisa kebutuhan fungsional untuk admin:

TABEL II
ANALISA KEBUTUHAN FUNGSIONAL ADMIN

Nama Fungsi	Deskripsi
Sambungkan <i>Crypto Wallet</i>	Digunakan untuk menghubungkan dompet crypto pemgguna, baik admin dan anggota untuk berinteraksi dengan sistem <i>on-chain</i> .
Putuskan Koneksi <i>Crypto Wallet</i>	Digunakan untuk memutuskan dompet crypto pengguna, sehingga dapat langsung memutus koneksi dengan sistem.
Login	Digunakan untuk masuk ke halaman dashboard sistem.

Registrasi	Digunakan untuk meregistrasi instansi, admin, dan juga anggota instansi/pemilih.
Lihat Dashboard	Digunakan untuk halaman utama sistem baik untuk sisi admin dan anggota dengan ada sedikit perbedaan dari kedua sisi.
Kelola Pemilihan	Digunakan untuk melihat daftar sesi dan hasil pemilihan yang ada di instansi.
Buat Pemilihan	Digunakan untuk membuat sesi pemilihan baru oleh admin.
Tambah Kandidat	Digunakan untuk menambah kandidat pada mode pemilihan “Kandidat Diketahui”
Memilih Kandidat	Digunakan untuk melakukan pemilihan calon kandidat oleh admin dan anggota
Memulai Pemilihan	Digunakan untuk memulai sesi pemilihan setelah persiapan selesai
Selesaikan Pemilihan	Digunakan untuk menyelesaikan sesi pemilihan yang juga sekaligus menentukan hasil Quorum dari voting atau tidak.
Cetak Hasil Pemilihan	Digunakan untuk mencetak hasil pemilihan yang sudah di selesaikan ke dalam file *.PDF

Berikut analisa kebutuhan fungsional untuk sisi pemilih:

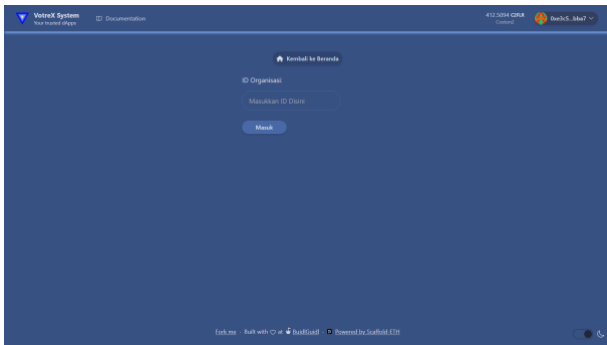
TABEL III
ANALISA KEBUTUHAN FUNGSIONAL PEMILIH

Nama Fungsi	Deskripsi
Sambungkan <i>Crypto Wallet</i>	Digunakan untuk menghubungkan dompet crypto pemgguna, baik admin dan anggota untuk berinteraksi dengan sistem <i>on-chain</i> .
Putuskan Koneksi <i>Crypto Wallet</i>	Digunakan untuk memutuskan dompet crypto pengguna,

C. Pengkodean Sistem

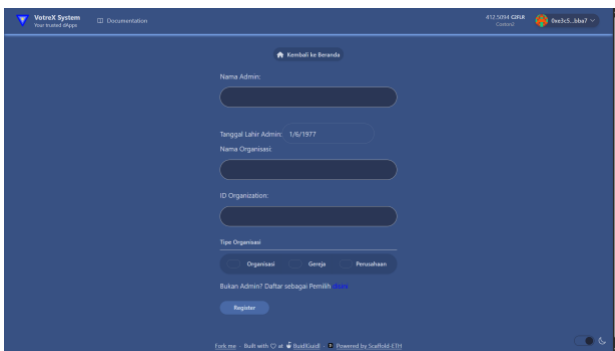
Berikut tampilan halaman pada sistem pemilihan ini :

5) Login



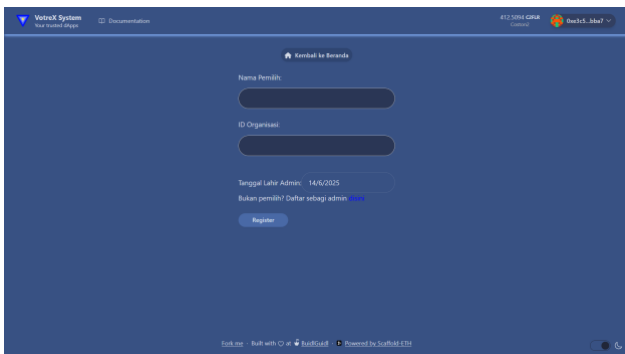
Gambar 8. Tampilan halaman login

6) Register Admin



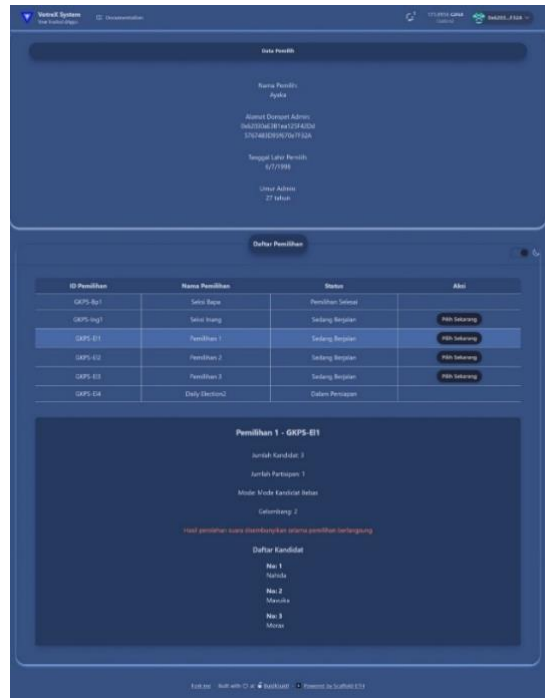
Gambar 9. Tampilan Halaman Register Admin

7) Register Pemilih



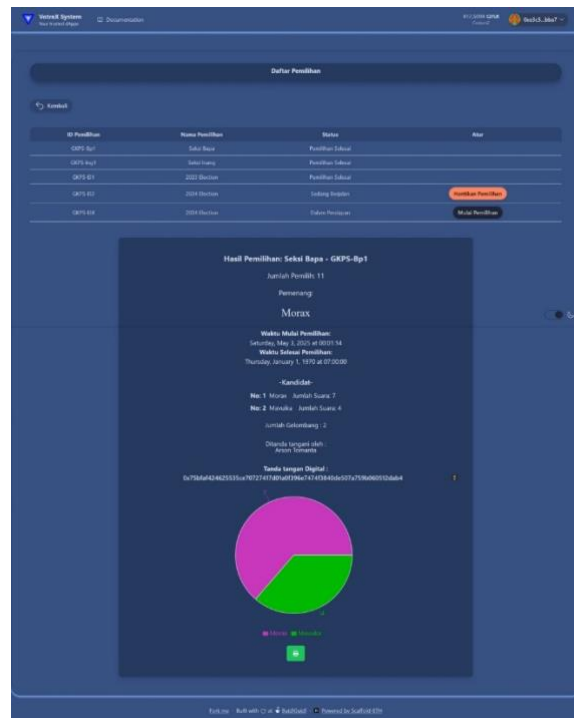
Gambar 10. Tampilan Halaman Register Pemilih

8) Dashboard Pemilih



Gambar 11. Tampilan Halaman Dashboard Pemilih

9) Halaman Kelola Pemilihan



Gambar 12. Tampilan Halaman Kelola Pemilihan

D. *Ujicoba Sistem & Feedback*

Pengujian pada sistem inventori ini menggunakan metode pengujian Black-box, pengujian ini fokus pada fungsional sistem, dan tujuan menemukan kesalahan dan kekurangan (bug) pada aplikasi yang akan diuji. Berikut proses Black-box testing pada tabel dibawah:

TABEL IV
TABEL PENGUJIAN DENGAN BLACKBOX TESTING

No.	Test Case	Expected	Hasil
1.	Pengujian fungsi login	User dapat masuk ke halaman dashboard setelah menghubungkan wallet dan mengisi form ORGID	Berhasil
2.	Pengujian fungsi registrasi	User dapat melakukan pendaftaran akun dan Kembali ke menu landing page setelah pendaftaran berhasil.	Berhasil
3.	Pengujian muat data organisasi & jumlah sesi pemilihan pada dashboard admin	User dapat melihat informasi organisasi pada halaman admin setelah login	Berhasil
4.	Pengujian fungsi muat data daftar sesi pemilihan	User dapat melihat daftar pemilihan pada tabel.	Berhasil
5.	Pengujian fungsi muat data detail sesi pemilihan	User dapat melihat secara detail data dari sesi pemilihan yang dipilih melalui klik tabel	Berhasil
6.	Pengujian fungsi tambah sesi pemilihan	User dapat menambahkan sesi pemilihan baru	Berhasil
7.	Pengujian fungsi tambah kandidat pada mode Kandidat Diketahui	User dapat menambahkan kandidat pada mode pemilihan Kandidat Diketahui	Berhasil
8.	Pengujian fungsi mulai pemilihan	User dapat memulai sesi pemilihan yang dipilih dan merubah status pemilihan	Berhasil

		menjadi “Sedang Berjalan”	
9.	Pengujian fungsi vote dengan memasukkan nama kandidat pada form yang tersedia	User dapat melakukan vote pada kandidat yang diinginkan dengan cara memasukkan nama kandidat yang ingin dipilih pada form yang tersedia	Berhasil
10.	Pengujian fungsi Determinasi Quorum pada saat menyelesaikan sesi pemilihan	Sistem menentukan dari hasil penghitungan suara apakah mencapai nilai Quorum jika ya langsung selesaikan sesi pemilihan, jika tidak, langsung gunakan <i>kisquosient</i>	Berhasil
11.	Pengujian fungsi Determinasi kisquosient pada saat menyelesaikan sesi pemilihan	Sistem menentukan dari hasil penghitungan suara setelah tidak <i>quorum</i> . Dilakukan penghitungan dengan rumus $Kq = \frac{\sum v}{c}$	Berhasil
12.	Fungsi sambungkan wallet	User terhubung dengan <i>metamask</i> dan sistem dapat mengambil data <i>wallet address</i>	Berhasil
13.	Fungsi putusan wallet	User dapat memutuskan koneksi dari <i>metamask</i> terhadap sistem	Berhasil
14.	Fungsi simpan hasil pemilihan setelah sesi pemilihan selesai	User dapat menyelesaikan sesi pemilihan dan hasil pemilihan disimpan secara permanen, di tandatangani oleh admin dan tidak dapat dirubah lagi	Berhasil

15.	Fungsi cetak hasil pemilihan	User dapat menyimpan hasil pemilihan ke dalam file PDF dan dapat di unduh.	Berhasil
-----	------------------------------	--	----------

V. KESIMPULAN

Dari perancangan sistem pemilihan elektronik berbasis blockchain yang di lakukan oleh penulis, di dapatkan sistem pemilihan elektronik ini dapat dibangun menggunakan framework Next.JS untuk front-end dan untuk backend secara teori di sistem ini digantikan sepenuhnya oleh smart contract untuk bisa berkomunikasi dengan jaringan Blockchain Flare Network.

Untuk databasanya, semua data disimpan di dalam *state* di *smart contract*. Dimana secara teori artinya data di simpan di *blockchain*, dan *smart contract* yang digunakan pada sistem *VotreX* ini menggunakan sifat *composable smart contract*, yang datanya dapat dirubah sesuai set aturan yang di tetapkan di *smart contract*.

Smart Contract disini bisa dikatakan sebagai *database*, dan/atau sebagai aturan set aliran data transaksi dari dan ke jaringan blockchain.

UCAPAN TERIMA KASIH

Segala puji bagi Allah SWT yang telah memberikan rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan paper ini tepat waktu. Sholawat dan salam selalu tercurah untuk baginda Nabi Muhammad SAW beserta keluarga dan para sahabatnya.

Paper ini tidak akan selesai tanpa adanya kesempatan yang diberikan kepada penulis. Oleh sebab itu ucapan terima kasih yang sebesar-besar penulis berikan kepada Ibu Evy Roslita S.E., M.M dan Bapak Novan Yurindera, S.Kom., M.M yang sudah memberikan kesempatan kepada penulis untuk menyelesaikan paper ini, ucapan terima kasih juga untuk Arson Tomanta selaku penulis kedua, dan terutama untuk suami tersayang yang selalu mendukung dalam segala hal sehingga paper ini dapat selesai.

Akhir kata dengan segala kerendahan hati penulis mempersembahkan paper ini kepada semua pihak yang berkepentingan dengan harapan semoga paper ini dapat berguna dalam bidang teknologi informasi.

- [1] F.S. Hardwick, et.all, E-Voting with Blockchain: An E-Voting Protocol with Decentralisation and Voter Privacy, 2018. <https://ieeexplore.ieee.org/document/8726645>. Diakses 19 Juni 2019.
- [2] Ron S. Kenett, *Systems Engineering in the Fourth Industrial Revolution: Big Data, Novel Technologies, and Modern Systems Engineering*. New Jersey: John Wiley & Sons Inc, 2020.
- [3] R. Kelly Rainer dan Brad Prince, *Introduction to Information Systems, Ninth Edition*. New Jersey: John Wiley & Sons Inc, 2021.
- [4] Wijaya D.A., *Blockchain : Dari Bitcoin untuk Dunia*. Jakarta: Jasakom, 2017.
- [5] Rifa Hanifatunnisa, Muhammad Ismail, Desain dan Implementasi Sistem Pencatatan Pemungutan Suara dengan Teknologi Blockchain pada Jaringan Peer-to-Peer, *Jurnal Nasional Teknik Elektro dan Teknologi Informasi Vol. 9, No. 4*, November 2020.
- [6] Gao, et.all, The Disruptive Blockchain: Types, Platforms and Applications. *Texila International Journal of Academic Research. Special Edition Apr* 2019.
- [7] Arpialim Fiqar, Penerapan Blockchain Dengan Integrasi Smart Contract pada Sistem Crowdfunding. Tugas Akhir S1, Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin. Makassar, 2020.
- [8] Lin and Liao, A Survey of Blockchain Security Issues and Challenges". *International Journal of Network Security Vol.19, No.5*, Sept. 2017.
- [9] Rennock, et.all, Blockchain Technology and Regulatory Investigations 2018. *The Journal – Litigation Vol. 34, No. 3*, Maret 2018.
- [10] Hileman, G. & Rauchs, M., *Global Blockchain Benchmarking Study*. Laporan Penelitian, Cambridge Centre for Alternative Finance, University of Cambridge. United Kingdom 2017.
- [11] Vitalik Buterin 2014 Ethereum: A Next-Generation Smart Contract and Decentralized Application Platform. <https://ethereum.org/en/whitepaper/>. Diakses 27 Juni 2025.
- [12] Investopedia Team, <https://www.investopedia.com/terms/d/decentralized-applications-dapps.asp> diakses tgl. 10 Desember 2024.