

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan teknologi informasi dan komunikasi telah memberikan dampak signifikan terhadap berbagai aspek kehidupan manusia, termasuk dalam bidang pemerintahan, ekonomi, pendidikan, serta sistem sosial [1]. Transformasi digital yang terjadi secara masif mendorong berbagai lembaga dan organisasi untuk mengadopsi sistem berbasis teknologi guna meningkatkan efisiensi, transparansi, dan akuntabilitas [1]. Dalam konteks tata kelola organisasi, digitalisasi juga telah memengaruhi cara pengambilan keputusan dan penyelenggaraan proses demokrasi, salah satunya melalui penerapan sistem pemungutan suara elektronik atau *electronic voting* (e-voting).

E-voting merupakan inovasi yang muncul sebagai alternatif dari metode pemungutan suara konvensional berbasis kertas. Sistem ini memungkinkan proses pemilihan dilakukan secara daring dengan memanfaatkan perangkat komputer, ponsel, atau sistem berbasis web. E-voting dinilai mampu mempercepat proses perhitungan suara, menghemat biaya penyelenggaraan, serta mengurangi potensi kesalahan manusia dalam pengolahan data [1]. Meskipun demikian, penerapan e-voting tradisional masih menyimpan sejumlah kelemahan mendasar, seperti risiko manipulasi data, peretasan sistem, hingga rendahnya tingkat kepercayaan pemilih terhadap hasil akhir pemilihan [1].

Permasalahan tersebut muncul karena sebagian besar sistem e-voting yang ada masih bergantung pada basis data terpusat (*centralized database*) yang dikelola oleh satu pihak penyelenggara. Hal ini menyebabkan sistem menjadi rentan terhadap serangan siber maupun manipulasi internal [2]. Selain itu, proses rekapitulasi dan publikasi hasil pemilihan yang tidak dilakukan secara terbuka sering kali menimbulkan keraguan terhadap transparansi dan keabsahan hasil. Penggunaan sistem e-voting berbasis server tunggal dapat menyebabkan ketergantungan tinggi terhadap administrator sistem dan membuka peluang bagi pihak yang tidak berwenang untuk memodifikasi data suara [3].

Seiring dengan meningkatnya kebutuhan akan sistem pemilihan yang lebih aman dan transparan, teknologi *blockchain* hadir sebagai solusi yang menjanjikan. *Blockchain* merupakan teknologi pencatatan digital terdistribusi yang menyimpan data dalam blok-blok yang saling terhubung dan diamankan menggunakan kriptografi [2]. Setiap blok berisi informasi transaksi yang diverifikasi oleh jaringan node sebelum disetujui dan ditambahkan ke rantai data [2]. Karena bersifat *decentralized, transparent, dan immutable*, *blockchain* dianggap mampu mengatasi permasalahan utama yang dihadapi sistem e-voting, yaitu keamanan dan kepercayaan.

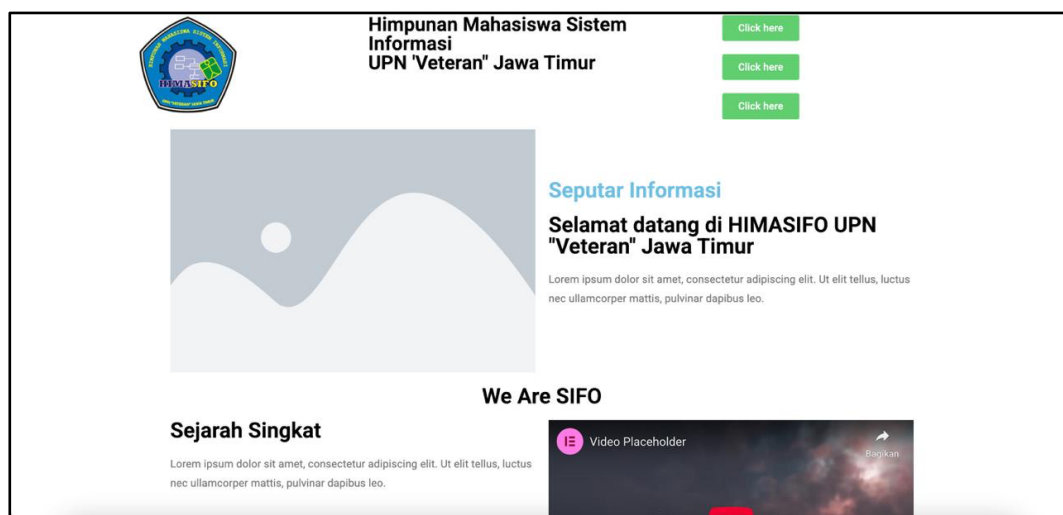
Dalam penelitian Ilahi dkk, dijelaskan bahwa integrasi *blockchain* dalam sistem e-voting memungkinkan setiap suara yang masuk terekam secara permanen di dalam blok dan tidak dapat diubah, sehingga meningkatkan integritas hasil pemilihan [1]. Hal ini juga sejalan dengan pendapat Wahyudi dkk, yang menyatakan bahwa *penerapan smart contract* dalam sistem voting dapat memastikan setiap pemilih hanya dapat memberikan satu suara, dan suara tersebut langsung diverifikasi serta disimpan secara otomatis tanpa intervensi pihak ketiga. Dengan cara ini, transparansi dan efisiensi sistem dapat meningkat secara signifikan [2].

Penelitian terbaru oleh Potalangi dkk, juga menegaskan bahwa penerapan *permissioned blockchain* dengan mekanisme *ledger* terpisah dapat menjamin autentikasi pemilih dan integritas data suara dalam sistem pemilihan mahasiswa [3]. Dengan pendekatan ini, setiap node dalam jaringan memiliki identitas yang jelas dan saling memverifikasi blok baru yang ditambahkan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem *blockchain* mampu mencegah duplikasi suara, manipulasi akses pemilih, dan perubahan data hasil pemilihan [3].

Di lingkungan perguruan tinggi, pemilihan ketua himpunan mahasiswa merupakan salah satu agenda penting yang mencerminkan nilai-nilai demokrasi kampus [2]. Pemilihan ini menjadi wadah pembelajaran bagi mahasiswa untuk mengenal proses demokrasi secara langsung, mulai dari pencalonan, kampanye, hingga pemungutan suara. Namun, pelaksanaannya sering kali menghadapi kendala klasik seperti keterlambatan penghitungan suara, kurangnya transparansi dalam rekapitulasi, serta minimnya bukti validasi terhadap suara yang diberikan. Oleh

karena itu, penerapan teknologi *blockchain* dalam sistem e-voting di tingkat kampus dapat menjadi langkah strategis untuk mewujudkan proses pemilihan yang lebih transparan, aman, dan efisien.

Dalam konteks penelitian ini, studi kasus dilakukan pada proses pemilihan Ketua Himpunan Mahasiswa Program Studi Sistem Informasi Fakultas Ilmu Komputer Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur. Pada proses pemilihan yang berjalan, pemungutan suara masih dilaksanakan secara daring menggunakan Google Form. Di sisi lain, Himpunan Mahasiswa Sistem Informasi telah memiliki atau merancang website Himasifo, namun website tersebut belum sepenuhnya selesai dan belum digunakan sebagai sistem voting resmi dalam proses pemilihan. Tampilan website Himasifo yang telah tersedia namun belum digunakan sebagai sistem voting ditunjukkan pada Gambar 1.1.



Gambar 1. 1 Tampilan Website Himasifo yang Belum Digunakan

Berdasarkan hasil studi pendahuluan dan wawancara dengan staf himpunan mahasiswa, proses pemilihan yang masih menggunakan Google Form belum memiliki fitur khusus untuk menampilkan rekapitulasi hasil secara real-time kepada pemilih. Jawaban pemilih tersimpan pada respons formulir dan rekapitulasi dikelola oleh panitia. Kondisi tersebut membuat keterbukaan proses perhitungan suara masih bergantung pada mekanisme internal panitia.

Selain itu, penggunaan Google Form sebagai media voting belum menyediakan voting receipt atau bukti transaksi berbasis sistem yang dapat diberikan kepada pemilih setelah memberikan suara. Dengan demikian, meskipun

proses pemilihan telah dilakukan secara digital, pencatatan dan publikasi hasil belum didukung oleh mekanisme audit yang dapat diakses pemilih secara langsung. Kondisi ini menjadi dasar untuk mengembangkan sistem yang dapat membantu meningkatkan transparansi pencatatan dan penyajian hasil.

Oleh karena itu, diperlukan sebuah sistem pemilihan ketua himpunan mahasiswa yang tidak hanya berbasis digital, tetapi juga dapat mendukung transparansi, keamanan dasar, dan integritas data suara. Implementasi teknologi blockchain pada sistem e-voting pemilihan Ketua Himpunan Mahasiswa Program Studi Sistem Informasi Fakultas Ilmu Komputer Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur diharapkan dapat menjadi alternatif pengembangan untuk mengurangi keterbatasan proses pemilihan yang masih menggunakan Google Form, sekaligus menjadi contoh penerapan teknologi demokrasi digital di lingkungan perguruan tinggi.

Dalam penelitian ini, teknologi *blockchain* akan diimplementasikan menggunakan CometBFT (*Comet Byzantine Fault Tolerance*) sebagai mekanisme konsensus utama. Framework ini memungkinkan setiap node validator mencapai kesepakatan secara cepat dan aman tanpa memerlukan proses penambangan seperti pada *blockchain* berbasis Proof-of-Work. CometBFT mengandalkan sistem validator terdistribusi yang dapat memverifikasi setiap transaksi suara dan menjamin bahwa tidak ada satu pihak pun yang dapat memanipulasi hasil secara sepihak.

Sistem yang dirancang juga akan mengintegrasikan proses autentikasi berbasis email kampus untuk memastikan keabsahan pemilih, serta menyediakan *dashboard* publik *real-time* yang memungkinkan hasil pemilihan dapat dipantau secara terbuka oleh seluruh mahasiswa. Melalui pendekatan ini, diharapkan sistem e-voting yang dibangun tidak hanya menjadi inovasi teknis, tetapi juga dapat memperkuat kepercayaan civitas akademika terhadap proses demokrasi kampus.

Dengan demikian, penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi nyata terhadap pengembangan sistem pemilihan digital yang aman, transparan, dan akuntabel. Penerapan *blockchain* melalui framework CometBFT diharapkan menjadi contoh penerapan teknologi mutakhir dalam meningkatkan integritas proses pemilihan di lingkungan perguruan tinggi, sekaligus membuka peluang

penerapan lebih luas pada sistem tata kelola organisasi berbasis digital di masa mendatang.

Sejumlah penelitian sebelumnya telah mengkaji penerapan teknologi blockchain pada sistem e-voting di Indonesia. Ilahi dkk, mengembangkan sistem e-voting berbasis web yang terintegrasi dengan blockchain dan menunjukkan bahwa setiap suara dapat tercatat secara permanen sehingga meningkatkan integritas hasil pemilihan [1]. Namun, penelitian tersebut belum mengimplementasikan distribusi node validator dan masih bergantung pada proses pencatatan terpusat.

Penelitian lain oleh Potalangi dkk, Menggunakan permissioned blockchain berbasis Hyperledger Fabric untuk memastikan autentikasi pemilih dan integritas data suara [3]. Meskipun sistem mampu mencegah duplikasi suara, penelitian tersebut masih berjalan pada jaringan tertutup sehingga transparansi publik terhadap proses validasi blok belum optimal.

Sementara itu, Wahyudi dkk, Menerapkan *smart contract* pada sistem e-voting dan berhasil mengotomatisasi proses pencatatan suara secara *real-time* [2]. Namun, penelitian tersebut belum mengevaluasi performa dan efisiensi mekanisme konsensus dalam lingkungan multi-node, sehingga skalabilitasnya masih terbatas.

Berdasarkan penelitian-penelitian tersebut, terdapat beberapa kekurangan (research gap) yang belum terjawab, yaitu penerapan konsensus validator terdistribusi secara penuh pada sistem e-voting skala kampus masih belum banyak dilakukan, sehingga proses verifikasi transaksi suara belum benar-benar berlangsung secara kolektif oleh beberapa node. Selain itu, penelitian sebelumnya cenderung lebih berfokus pada pencatatan suara dan penerapan smart contract, namun belum mengoptimalkan lapisan konsensus untuk meningkatkan keandalan dan transparansi validasi blok. Di sisi lain, penerapan blockchain yang secara spesifik diarahkan untuk konteks pemilihan ketua himpunan mahasiswa masih terbatas, padahal lingkungan kampus merupakan skenario implementasi nyata yang relevan untuk menguji keamanan, transparansi, dan efisiensi sistem. Selanjutnya, sebagian penelitian masih menggunakan blockchain yang bersifat private atau single-node, sehingga distribusi proses verifikasi dan ketahanan sistem terhadap kegagalan atau perilaku tidak jujur dari node belum sepenuhnya teruji.

Untuk menjawab gap tersebut, penelitian ini mengimplementasikan sistem e-voting berbasis blockchain dengan memanfaatkan framework CometBFT sebagai mekanisme konsensus utama. Sistem yang dikembangkan dirancang menggunakan pendekatan validator terdistribusi, di mana setiap transaksi suara diverifikasi secara kolektif oleh beberapa node sehingga tidak bergantung pada satu pihak pengelola. Penerapan konsensus Byzantine Fault Tolerance (BFT) pada CometBFT memungkinkan proses validasi blok berlangsung secara cepat, aman, dan efisien tanpa memerlukan mekanisme penambangan, sehingga sesuai untuk kebutuhan pemilihan skala kampus. Selain itu, penelitian ini secara spesifik diterapkan pada pemilihan Ketua Himpunan Mahasiswa Program Studi Sistem Informasi sebagai studi kasus nyata, dengan integrasi autentikasi pemilih berbasis email kampus serta penyajian hasil pemilihan secara real-time melalui dashboard publik. Dengan pendekatan tersebut, sistem e-voting yang dikembangkan diharapkan mampu meningkatkan transparansi, keamanan, dan kepercayaan pemilih terhadap proses pemilihan di lingkungan perguruan tinggi.

Dengan keunggulan tersebut, CometBFT menjadi pilihan yang tepat untuk penelitian ini karena mampu mengatasi keterbatasan penelitian sebelumnya sekaligus memberikan solusi yang aman, transparan, efisien, dan mudah diimplementasikan untuk skala pemilihan kampus.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah, bagaimana merancang dan membangun sistem e-voting berbasis blockchain untuk meningkatkan transparansi dan keamanan pada proses pemilihan ketua himpunan mahasiswa?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk merancang dan membangun prototype sistem e-voting berbasis blockchain yang mampu meningkatkan transparansi dan keamanan dasar pada proses pemilihan Ketua Himpunan Mahasiswa.

1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut:

1. Bagi Mahasiswa Memberikan pengalaman pemilihan yang lebih transparan, aman, dan dapat dipercaya, sehingga meningkatkan partisipasi dan kepercayaan terhadap hasil pemilihan.
2. Bagi Himpunan Mahasiswa Menyediakan sistem pemilihan yang akuntabel dan meminimalisasi potensi konflik pasca pemilu akibat keraguan terhadap hasil.
3. Bagi Akademisi dan Peneliti Menjadi referensi serta bahan kajian dalam pengembangan penelitian terkait implementasi teknologi *blockchain*, khususnya dalam bidang e-voting.
4. Bagi Pengembang Sistem Memberikan contoh nyata implementasi *blockchain* pada skala kecil yang dapat dikembangkan lebih lanjut pada lingkup organisasi atau institusi yang lebih besar.

1.5 Batasan Masalah

Agar penelitian lebih fokus dan terarah, maka ditetapkan beberapa batasan masalah sebagai berikut:

1. Sistem e-voting yang dikembangkan berbasis *web application*.
2. *Blockchain* yang digunakan dibangun menggunakan CometBFT sebagai mesin konsensus dan jaringan peer-to-peer, dengan logika aplikasi diimplementasikan melalui *Application Blockchain Interface (ABCI)*.
3. *Role* pengguna dibatasi hanya dua, yaitu admin dan pemilih.
4. Autentikasi pemilih menggunakan email kampus khususnya program studi sistem informasi.
5. Dashboard publik hanya menampilkan jumlah suara dan hasil akhir, tanpa menampilkan identitas pemilih.
6. Iterasi pada metode RAD ditempatkan pada tahap desain sistem melalui siklus Prototype–Test–Refine dan digunakan untuk melakukan penyempurnaan serta penyesuaian sistem berdasarkan hasil evaluasi prototype, meliputi perbaikan mekanisme satu suara per event, penyempurnaan antarmuka pengguna, dukungan multi-event, dan perbaikan mekanisme pembuatan akun tanpa adanya penambahan fitur baru selama proses pengembangan sistem.

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan dalam skripsi ini disusun agar memudahkan pembaca dalam memahami alur penelitian yang dilakukan. Adapun susunan penulisan skripsi ini adalah sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini berisi latar belakang masalah, penelitian terdahulu, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, serta sistematika penulisan. Bagian ini memberikan gambaran umum mengenai topik yang diteliti dan alasan dilakukannya penelitian.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini membahas teori-teori yang menjadi dasar penelitian, meliputi konsep e-voting, teknologi blockchain, mekanisme konsensus, CometBFT, smart contract, algoritma SHA-256, MySQL, serta metode Rapid Application Development (RAD) yang digunakan dalam pengembangan sistem.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini menjelaskan metode penelitian yang digunakan, termasuk pendekatan penelitian, tahapan pengembangan menggunakan metode RAD, desain sistem, arsitektur blockchain, mekanisme konsensus CometBFT, integrasi aplikasi dengan ABCI, serta pengujian pada node validator. Bab ini menggambarkan bagaimana sistem dikembangkan dan diuji.

BAB IV IMPLEMENTASI DAN PENGUJIAN SISTEM

Bab ini memaparkan hasil implementasi sistem e-voting berbasis blockchain, konfigurasi node validator, hasil uji fungsionalitas, hasil uji performa blockchain, serta evaluasi sistem berdasarkan hasil pengujian.

BAB V PENUTUP

Bab terakhir berisi kesimpulan dari penelitian yang telah dilakukan serta saran untuk pengembangan sistem di masa mendatang.