

Purwarupa Sistem Pemilihan Umum Elektronik dengan Pemanfaatan Protokol Ethereum pada Teknologi Blockchain

Eko Arianto¹, Chaerul Umam², L. Budi Handoko³

¹Program Studi Sistem Informasi, Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Dian Nuswantoro
Jl. Imam Bonjol No.207, Pendrikan Kidul, Semarang Tengah, Kota Semarang, Jawa Tengah
50131, e-mail: 112201605579@mhs.dinus.ac.id

²Program Studi Teknik Informatika, Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Dian Nuswantoro
Jl. Imam Bonjol No.207, Pendrikan Kidul, Semarang Tengah, Kota Semarang, Jawa Tengah
50131, e-mail: chaerul.umam@dsn.dinus.ac.id

³Program Studi Teknik Informatika, Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Dian Nuswantoro
Jl. Imam Bonjol No.207, Pendrikan Kidul, Semarang Tengah, Kota Semarang, Jawa Tengah
50131, e-mail: handoko@dsn.dinus.ac.id

ARTICLE INFO

Article history:

Received 29 March 2021
Received in revised form 30 April 2021
Accepted 29 May 2021
Available online 28 July 2021

ABSTRAK

The development of information technology has penetrated various areas. This is driven by improved service, rapid increase in information needs and decision making. General elections that are held every time always leave problems about securities and speed of recapitulation. This is because the process is done in the traditional way. This research tries to apply blockchain technology to the e-Voting system security engineering process so that it creates a votes recapitulation process that is fast, accurate and accompanied by transparency values to maintain the reliability of the existing vote and maintain the confidentiality of the vote data being transacted. Transparency and confidentiality of voter data is a fundamental value in general elections or voting that must exist. Seeing this, blockchain technology deserves to be applied because the principles that needed can be met by applying this technology to the e-Voting system.

Keywords: Blockchain, E-Voting, Smart-Contract, Distributed System

1.Pendahuluan

Penyelenggaraan Pemilu setiap periode tidak luput dari berbagai permasalahan utama yang dihadapi, dalam Pemilu konvensional yaitu faktor transparansi, perhitungan suara, instrument pengontrol, keterbatasan saksi, dan keterbatasan anggota panwas pengontrol kejahatan yang menyebabkan terjadinya manipulasi suara. Berdasarkan hasil pengawasan Bawaslu Provinsi Jawa Tengah terdapat sejumlah permasalahan dalam pelaksanaan rekapitulasi hasil penghitungan suara Pemilu Anggota DPR, DPD dan DPRD Tahun 2014 terdapat 50 dugaan pelanggaran yang bersumber dari 5 temuan dan 45 laporan yang tersebar di 14 Kabupaten/Kota. Dugaan tersebut meliputi dugaan pelanggaran dalam bentuk kekeliruan jajaran KPU dalam memasukkan data pada sertifikat penghitungan perolehan suara (sebanyak 36 dugaan) dan dugaan manipulasi data (sebanyak 14 dugaan). Berdasarkan hasil penanganan yang dilakukan oleh jajaran Pengawas Pemilu terhadap dugaan tersebut, 36 kekeliruan dalam memasukkan data dinyatakan sebagai pelanggaran administrasi dan oleh jajaran Pengawas Pemilu telah diteruskan/direkomendasikan kepada jajaran KPU untuk dilakukan perubahan/perbaikan. Sementara terhadap 14 dugaan manipulasi data, dinyatakan gugur dan dihentikan oleh Pengawas Pemilu, baik oleh Pengawas

Pemilu sendiri maupun setelah dilakukan pembahasan melalui Sentra Penegakan Hukum Terpadu yang melibatkan pihak Kepolisian dan Kejaksaan [1].

Praktik ini dilakukan oleh beberapa pihak yang berkepentingan untuk memenangkan salah satu calon atau kandidat atau partai politik. Tentu praktik ini merugikan banyak pihak terlebih rakyat, tingkat kepercayaan rakyat akan menurun. Pada akhirnya rakyat akan melakukan aksi golput dan jika terjadi berdampak pada legitimasi kekuasaan [2].

Rekapitulasi menjadi salah satu indikator yang mendukung peningkatan kualitas pemilu di Indonesia. Pada setiap periode pemilu pemerintah melalui KPU memerlukan waktu yang cukup lama dalam melakukan perhitungan suara yang menerapkan sistem perhitungan berjenjang [3]. Selain itu, biaya Pemilu di tahun 2014 mencapai 14,4 triliun Rupiah menjadi beban dalam penyelenggaraan Pemilu, dimana biaya terbesar ada pada penganggaran panitia dan penyelenggara Pemilu [4].

Hadirnya pemilihan suara elektronik memberi solusi mengenai proteksi suara yang dimana merupakan hak privasi seseorang yang tidak boleh diberitahukan oleh orang lain secara sengaja ataupun dengan praktik yang tidak dicontohkan. Disisi lain, hal ini dipermasalahkan oleh beberapa pihak karena keraguan akan teknologi dalam melakukan proteksi. Hal tersebut tidak dapat dijadikan alasan utama untuk menjatuhkan pemilihan suara elektronik untuk tidak gunakan karena pada akhirnya tidak ada sistem yang dapat memenuhi seluruh kebutuhan dari semua pengguna sistem k dan kecurangan pada pemilihan elektronik juga sangat mungkin terjadi di pemilihan suara non-elektronik [5].

E-Voting akan menjadi pilihan dalam pemilu di masa mendatang terkait dengan keputusan Mahkamah Konsitusi yang menetapkan bahwa pasal 88 UU No. 32/2004 tentang Pemerintahan Daerah adalah konstitusional sepanjang diartikan dapat menggunakan e-Voting yang disertai dengan catatan syarat kumulatif yaitu asas pemilu yang LUBERJURDIL dapat dilakukan [6].

Blockchain merupakan teknologi yang digunakan pada cryptocurrency dengan mengedepankan sistem terdistribusi untuk setiap transaksi yang terjadi. Sistem terdistribusi yang dimaksud adalah setiap komputer yang ada di jaringan ini melakukan verifikasi setiap suara yang masuk. Pada perkembangannya, bitcoin lebih banyak dibicarakan sebagai cikal bakal dari teknologi blockchain tetapi hal ini tidak sepenuhnya benar karena mata uang kripto tersebut merupakan salah satu implementasi dari teknologi blockchain. Penggunaan teknologi ini digunakan untuk mencatat setiap transaksi terjadi dan mendistribusikan ke seluruh komputer server yang tergabung [7].

Oleh karena itu, pada penelitian ini mencoba untuk membangun sistem pemilihan umum berbasis web dengan pendekatan teknologi blockchain sebagai inti pengamanan data untuk menjawab tantangan pada sistem e-Voting yang telah ada. Dengan Blockchain, sistem dijalankan secara online serta data yang memiliki kecenderungan untuk tereksploitasi akan dienkripsi dan dilakukan perantaraan historik. Sehingga hasil dari pemilihan ini memiliki kebenaran dan keakuratan data. Serta pengembangan dalam bentuk web akan mempermudah aksi pemilihan berlangsung.

2. Metode Penelitian

Pada penelitian ini dilakukan metode pengumpulan data, dikarenakan sifat penelitian yang kualitatif terbuka yaitu pengumpulan data disesuaikan dengan permasalahan, tujuan dan objek yang diteliti. Pengumpulan data menggunakan metode observasi dan studi pustaka literatur. Karena tujuan akhir dari penelitian ini adalah tercipta sistem Blockchain e-Voting maka metode pengembangan aplikasi yang digunakan adalah metode Prototyping.

3. Hasil Dan Pembahasan

3.1 Kondisi Umum

Proses rekapitulasi suara di Indonesia termasuk paling lambat. KPU sebagai lembaga penyelenggara pemilihan di Indonesia merancang mekanisme rekapitulasi suara yang ditujukan untuk menjaga integritas suara masuk. Meskipun begitu hal tersebut dirasa kurang memuaskan. Mengingat masih banyak aktifitas bisnis yang dilakukan dengan cara tradisional [8]. Karena proses rekapitulasi yang lambat timbul masalah lain yaitu banyaknya gugatan dari parpol terhadap hasil rekapitulasi pemilu tak bisa dihindari. Bila itu terjadi, bola panas sengketa pemilu ada di genggaman Mahkamah Konstitusi [9].

"Manipulasi lazim terjadi terutama saat proses perhitungan suara mulai dari jumlah Daftar Pemilih Tetap yang tidak ada kejelasan yang tegas, surat suara dicetak dengan adanya kelebihan apakah sudah dimusnahkan atau belum, kotak suara terbuat dari kardus yang mudah sekali dirusak, dan indikasi lainnya modus semakin berkembang sesuai situasi yang dihadapi dan menunjukkan bahwa proses pemilu belum berjalan lancar. Pelanggaran atau manipulasi bisa mengganggu tahapan pemilu sehingga pemilu dianggap tidak sah," papar Pengamat politik dari Lingkar Madani Indonesia (LIMA) Ray Rangkut [10].

Blockchain merupakan awalnya teknologi inti yang terdapat pada Bitcoin. Sistem terdistribusi pertama yang sukses, mengusung transaksi peer-to-peer pada cryptocurrency dalam sejarah. Sebagai platform finansial, Bitcoin mencatat semua transaksi yang terjadi pada distributed ledger. Blockchain merupakan teknologi yang berfungsi sebagai sebuah ledger dan mencatat seluruh transaksi pada jaringan Bitcoin. Pada saat ini Blockchain memiliki kesempatan untuk dapat digunakan pada sektor selain finansial [11].

Kriptografi berasal dari bahasa Yunani, yang terdiri dari dua kata yaitu kriptos dan graphia. Kriptos berarti secret (rahasia) dan graphia berarti writing (tulisan). Menurut terminologinya, kriptografi adalah ilmu dan seni untuk menjaga keamanan pesan ketika pesan dikirim dari suatu tempat ke tempat yang lain. Algoritma kriptografi terdapat dua jenis yaitu simetrik (menggunakan satu kunci rahasia) dan asimetrik (menggunakan sepasang kunci yang terdiri dari kunci publik dan kunci privat.) [12].

Hash function merupakan fungsi komputasi yang efisien karena dapat menyerdehanakan inputan yang panjang dan keluaran yang dihasilkan pendek, serta keluarannya memiliki sifat: pre-image resistance, collision resistance dan second pre-image resistance [13].

Perancangan desain tampilan antarmuka yang interaktif menggunakan platform web mempermudah proses interpersasi pengguna sistem. Dan fleksibilitas dari web yang kompatibel dengan perangkat keras seperti ponsel pintar dan komputer. Pemilihan penggunaan web based application dalam perancangan sistem didasarkan tren penggunaannya yang terus meningkat oleh berbagai kalangan.

3.2 Solusi Terkait

Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi (BPPT) telah membuat sistem e-Voting yang dijalankan pada Maret 2018 pengaplikasian e-Voting pada tingkat kecamatan dan desa [12].

Moscow merupakan kota pertama yang telah mengumumkan pengembangan electronic voting berbasis pada Ethereum Smart Contract sebagai platform. Pihak pemerintahan kota Moscow mengklaim menjadi kota pertama di dunia yang akan menerapkan teknologi Blockchain pada sistem pemilihan elektronik. Tujuan dari ini tidak lain untuk meningkatkan kepercayaan warga dan negara [14].

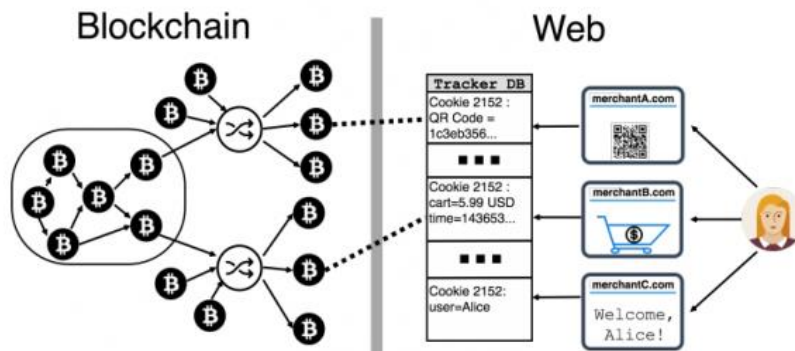
Beberapa platform blockchain seperti Ethereum memiliki spesialisasi untuk membuat smart contract yang mengeksekusi secara otomatis perjanjian/kesepakatan yang terjadi diantara beberapa pihak secara real-time tanpa melibatkan pihak ketiga. Perluasan fungsionalitas dari blockchain untuk smart contract dimanfaatkan oleh akademisi, peneliti dan pengembang perangkat lunak untuk membuka kemungkinan teknologi blockchain di sektor-sektor lain seperti

pemerintahan dan ekonomi [15].

Blockchain memungkinkan transaksi secara langsung tanpa perlu melalui perantara atau dikenal sebagai jaringan peer-to-peer. Melalui ini, memungkinkan file sharing dilakukan secara cepat daripada jenis client-server, karena pada peer-to-peer tidak terdapat server pusat meskipun ada salah satu peers yang down, hal tersebut tidak dapat mempengaruhi kinerja sistem secara keseluruhan karena masih ada peers yang lain dapat digunakan.

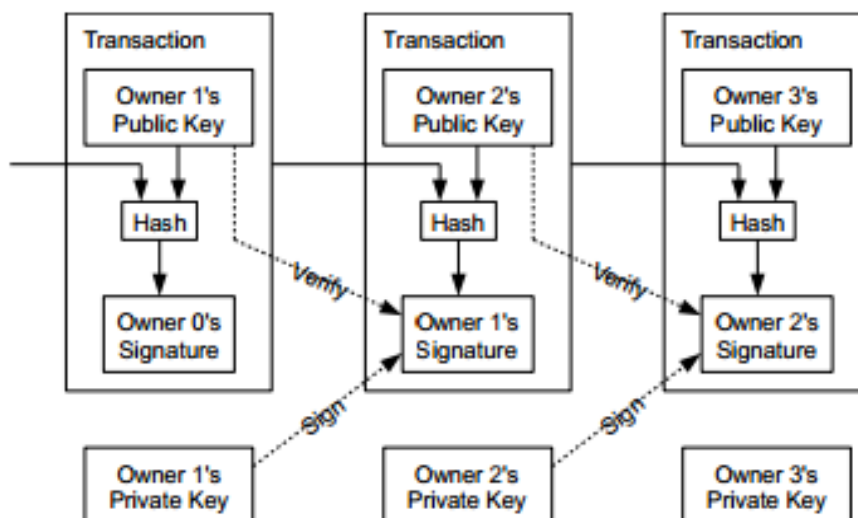
Blockchain sebagai sistem yang memungkinkan pertukaran data secara peer-to-peer, teknologi ini menawarkan anonimitas dan transparansi kepada pengguna sistem. Pada e-Voting sistem menggenerasi address sesuai NIK yang disebut sebagai private key dan mengenerate public key melalui enkripsi smart contract yang dipublikasikan.

Pembahasan terhadap hasil penelitian dan pengujian yang diperoleh disajikan dalam bentuk uraian teoritik, baik secara kualitatif maupun kuantitatif. Hasil percobaan sebaiknya ditampilkan dalam berupa grafik atau pun tabel. Untuk grafik dapat mengikuti format untuk diagram dan gambar. Grafik dan gambar harus ada penjelasannya dalam teks atau harus diacu dalam teks.



Gambar 1. Anonimitas dan Transparansi Blockchain

Pembahasan terhadap hasil penelitian dan pengujian yang diperoleh disajikan dalam bentuk uraian teoritik, baik secara kualitatif maupun kuantitatif. Hasil percobaan sebaiknya ditampilkan dalam berupa grafik atau pun tabel. Untuk grafik dapat mengikuti format untuk diagram dan gambar. Grafik dan gambar harus ada penjelasannya dalam teks atau harus diacu dalam teks.



Gambar 2. Struktur Blok Transaksi

Konsistensi data merupakan nilai utama dari blockchain. Setiap node yang tergabung pada network memiliki semua salinan transaksi dari keseluruhan network. antar blok transaksi saling terkait, sebuah blok transaksi terbentuk dari blok transaksi sebelumnya. Antar node blockchain melakukan sinkronisasi data secara berkelanjutan, agar tercipta *trustworth* sistem.

Penelitian ini menggunakan Ethereum sebagai protokol blockchain. Platform ini dapat dijadikan opsi karena dapat dibangun diluar dari jaringan utama ethereum. Nodes pada sistem voting yang didesain merupakan semua yang memiliki NIK pemilih. Setiap pemilih menjadi node yang merekam dan memiliki seluruh salinan data transaksi.

Konsep DApp sebagai instrumen pemilihan digital

Decentralized Application (DApp) sebuah aplikasi yang dijalankan pada jaringan blockchain yang terdesentralisasi (terdistribusi). Pada penelitian DApp yang dimaksud adalah e-Voting, yang akan berinteraksi langsung dengan *end-user*.

Smart Contract

Pada Ethereum, *smart contract* dibangun menggunakan bahasa pemrograman Solidity. Sebuah lembar kontrak digitasi berisi perjanjian diantara dua pihak dalam format komputasi yang dieksekusi dan diverifikasi pada jaringan Blockchain. Dalam perkembangannya, teknologi ini telah dapat diterapkan pada sistem pemilihan elektronik atau *electronic voting* karena kode program *smart contract* menjaga aset berharga dari kehilangan maupun peretasan.

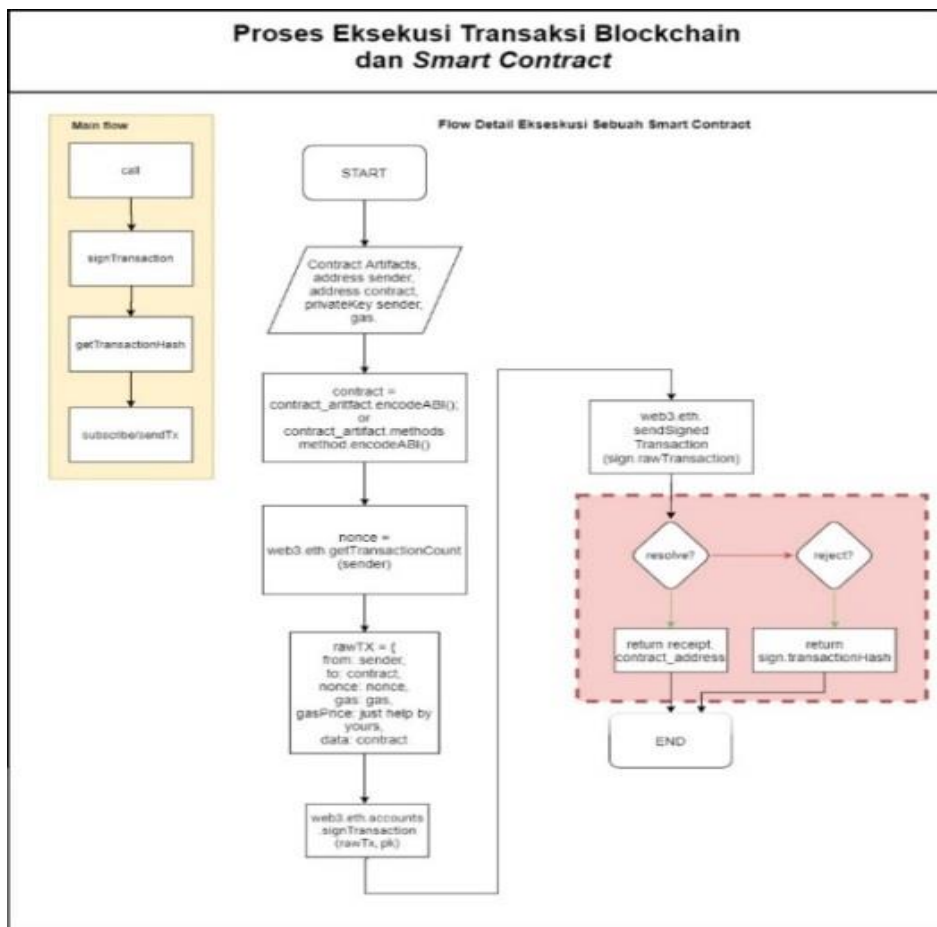
Enkripsi

Proses enkripsi dilakukan pada suara yang diinputkan oleh pemilih. Dalam pembangunan *smart contract* digunakan metode “*Commit and Reveal Vote*”. Pertama, pemilih menginputkan suara mereka dan membuat *public key* dengan format “1-<publickey>” *public key* ini ditentukan melalui inputan kode unik. Kedua menyimpan suara pemilih pada blockchain dan menunggu sampai proses voting selesai. Pada tahapan *reveal*, pemilih membagikan *public key* ke *network* untuk selanjutnya diverifikasi oleh seluruh entitas yang ada pada jaringan Blockchain.

Dengan menggunakan fungsi keccak256 format suara yang diinputkan oleh pemilih akan terkonversi menjadi bentuk *address* bertipe bytes32. Semua pihak yang terkait pada sistem memiliki hak akses yang sama untuk melihat dan ikut terlibat saat proses perhitungan [16].

Pada e-Voting *smart contract* berfungsi sebagai kertas suara yang menjadi mediator antara regulator e-Voting dengan pemilih. *Smart contract* e-Voting berisikan susunan parameter-parameter yang perlu dimiliki oleh pemilih. Rancangan desain diatas diharuskan pemilih untuk terotorisasi terlebih dahulu oleh sistem, selanjutnya pemilih mendapatkan sejumlah token sebagai alat transaksi suara. Setelah serangkaian tahapan dilaksanakan pemilih dapat melakukan proses voting dan membayar sejumlah token yang telah ditentukan. Sistem ini tidak memungkinkan pemilih melakukan *voting* jika tidak terdapat token pada akun pemilih.

Proses Eksekusi Transaksi dan Deploy Smart Contract



Gambar 3. Desain Kerja Sistem yang Diusulkan

Gambar 3 merupakan flowchart yang menjelaskan eksekusi sebuah transaksi perlu dilakukan proses *sign* dan selanjutnya transaksi tersebut dikirim ke jaringan blockchain untuk dapat dipecahkan dan distribusikan ke seluruh komputer yang tergabung. Pada proses inilah proses kritis dari eksekusi karena tidak jarang memerlukan waktu setidaknya 30 detik atau lebih tergantung dengan kondisi jaringan blockchain tersebut.

Token

Token sebuah properti digital, nilai dari token ditentukan oleh permintaan dan penawaran. Token memberikan hak equitas dan akses kepada pemiliknya dengan penggunaan *decentralized application*. Pengaplikasian pada voting, token diterapkan untuk menerima dan mengirim transaksi suara saat periode voting.

Jumlah token yang diterima pemilih dinyatakan dalam notasi (α) yang dinyatakan dengan rumus:

$$\alpha = \frac{\text{Total Supply token}}{\text{number of voters}} \quad (1)$$

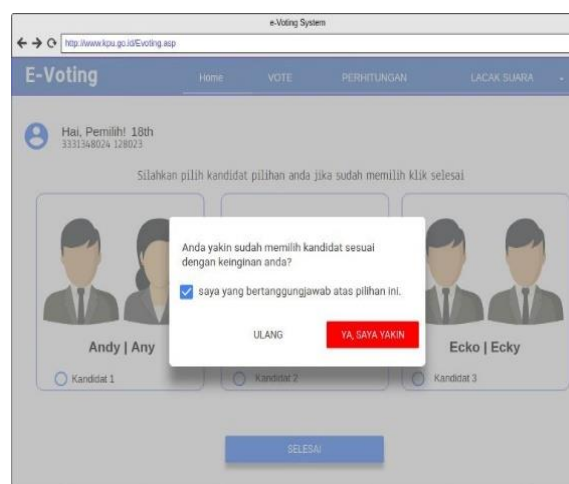
Skema ini akan mencegah pemilih yang tidak terotorisasi untuk dapat memilih karena pemilih tersebut tidak mempunyai token.

Antarmuka

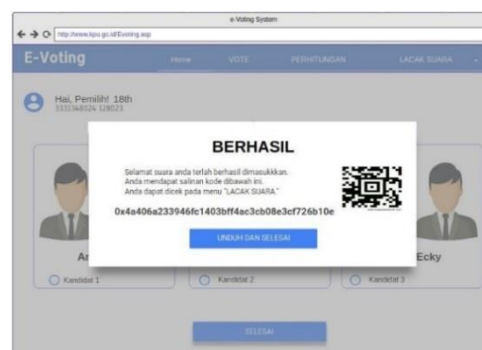
Desain antarmuka dari sistem e-Voting menggunakan web, karena penggunaan web lebih dinamis dapat diakses oleh perangkat *smartphone* maupun desktop. Pengaksesan situs e-Voting diharapkan dapat dilakukan dimana saja dan dibuat semudah mungkin bagi pengguna.



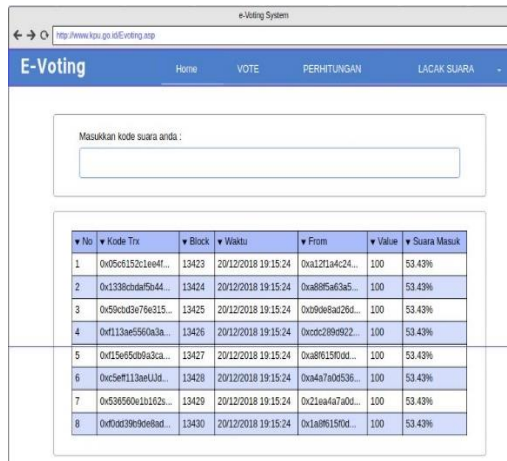
Gambar 4. Desain Mockup Halaman Pemilihan Sistem e-Voting



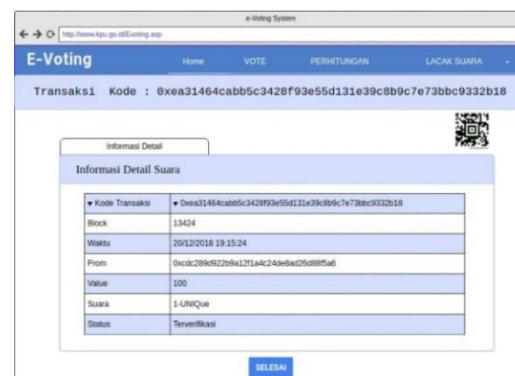
Gambar 5. Desain Mockup Halaman Konfirmasi Sistem e-Voting



Gambar 6. Desain Mockup Halaman Verifikasi Sistem e-Voting



Gambar 7. Desain Mockup Halaman Catatan Pemilihan Sistem e-Voting



Gambar 8. Desain Mockup Halaman Informasi Detil Suara Sistem e-Voting



Gambar 9. Desain Mockup Halaman Hasil Perhitungan Suara Sistem e-Voting

Rekapitulasi Sistem

Pembeda sistem e-Voting yang dirancang di sini adalah skema rekapitulasi. Penggunaan teknologi blockchain membuat proses rekapitulasi dapat berlangsung dengan cepat dan dapat dilakukan validasi oleh siapapun secara aman. Perhitungan suara kandidat hanya perlu memanggil nilai yang tersimpan pada *smart contract* pemilihan.

Pengujian Sistem

Table 1 Hasil Kuisisioner UAT terhadap pengguna yang berperan sebagai Pemilih

No	Pertanyaan	Persentase
1.	Apakah Sistem e-voting yang dibuat mudah digunakan?	67%
2.	Apakah sistem e-voting dapat mengamankan suara yang telah diinputkan?	67%
3.	Apakah anda dapat melakukan validasi atas transaksi suara lainnya tanpa mengetahui isi transaksi suara tersebut?	83%
4.	Apakah sistem dapat menampilkan kelengkapan informasi hasil pemungutan suara?	63%

Dari kuisisioner UAT yang dibagikan ke pengguna yang berperan sebagai pemilih untuk menilai sejauh mana penerimaan dari sistem pemilihan suara berbasis blockchain ini dapat diterima. Pertanyaan nomor 1 mengukur kemudahan dari sistem mendapatkan persentase 67%, pertanyaan nomor 2 dan 3 mengukur keamanan sistem mendapatkan rata-rata persentase sebesar 75% dan pertanyaan terakhir mengukur kelengkapan informasi yang ditampilkan ke pengguna mendapatkan 63%.

Table 2 Hasil Kuisisioner UAT terhadap pengguna yang berperan sebagai Administrator

No	Pertanyaan	Persentase
1.	Apakah sistem <i>e-voting</i> yang dibuat membantu pengelolaan informasi pemilihan suara lebih mudah?	72%
2.	Apakah sistem <i>e-voting</i> dapat membantu pengelolaan data pemilih dengan baik?	60%
3.	Apakah sistem <i>e-voting</i> dapat membantu pengelolaan data kandidat dengan baik?	44%
4.	Apakah sistem <i>e-voting</i> yang dibuat telah menampilkan kelengkapan informasi yang dibutuhkan oleh Administrator?	76%
5.	Apakah sistem <i>e-voting</i> berbasis blockchain telah dapat mengamankan informasi pemilihan suara dengan baik?	72%

Dari kuisisioner UAT yang dibagikan ke pengguna yang berperan sebagai pemilih untuk menilai sejauh mana penerimaan dari sistem pemilihan suara berbasis blockchain ini dapat diterima. Pertanyaan nomor 1 mengukur kemudahan sistem mendapatkan persentase sebesar 72%, pertanyaan nomor 2 dan 3 mengukur manajemen sistem mendapatkan rata-rata persentase 52%, pertanyaan nomor 4 mengukur kelengkapan informasi dari sistem mendapatkan persentase 76% dan pertanyaan nomor 5 mengukur keamanan dari sistem mendapatkan persentase sebesar 72%.

4. Kesimpulan dan Saran

Penelitian yang dilakukan telah berhasil membangun prototype sistem pemilihan suara berbasis teknologi blockchain. Prototipe sistem yang dibangun dilakukan pengujian sistem menggunakan teknik UAT (User Acceptance Testing) didapatkan hasil yang cukup memuaskan. Peneliti menarik kesimpulan bahwa prototipe sistem telah cukup memudahkan pengguna untuk dioperasikan, pengguna cukup percaya perihal keamanan sistem dan memiliki performa yang baik dalam hal kelengkapan informasi yang disajikan. Namun sistem yang dibangun juga memiliki kelemahan. Berdasarkan uji sistem yang dilakukan prototipe sistem ini mendapatkan persentase yang rendah sebesar 52% manajemen data. Hal ini disebabkan oleh proses eksekusi transaksi yang memerlukan waktu 30 detik untuk dapat diproses dan dikirim ke jaringan blockchain. Pengambilan data dari smartcontract blockchain juga tidak dapat secepat pengambilan data seperti sistem tersentralisasi. Kelemahan sistem mungkin dapat ditemukan solusinya dipenelitian selanjutnya.

Daftar Pustaka

- [1] Electoral Research Institute, *Evaluasi Pemilu Legislative 2014*. Jakarta, p. 336.
- [2] B. Sirait, “‘GOLPUT: Perilaku Pemilih Rasional’ Studi Kasus: Pemilihan Kepala Daerah Sumatera Utara Tahun 2013 di Kecamatan Medan Baru,” Universitas Gadjah Mada, 2015.
- [3] L. P. Delmana, A. Zetra, and A. Miko, “Konstruksi Indikator dan Formula Penilaian Kualitas Pemilu di Indonesia,” *JPPUMA J. Ilmu Pemerintah. Dan Sos. Polit. Univ. Medan Area*, vol. 7, no. 1, pp. 60–70, Jun. 2019, doi: 10.31289/jppuma.v7i1.2000.
- [4] R. Sjafri, “Pajak dan Pemilu 2014,” Kemenkeu.
- [5] M. Lubis, M. Kartiwi, and Y. Durachman, “Assessing privacy and readiness of electronic voting system in Indonesia,” in *2017 5th International Conference on Cyber and IT Service Management (CITSM)*, 2017, pp. 1–7, doi: 10.1109/CITSM.2017.8089242.
- [6] E. Priyono and F. N. Dihan, “E-VOTING: URGENSI TRANSPARANSI DAN AKUNTABILITAS,” *Semin. Nas. Inform. SEMNASIF*, vol. 1, no. 5, Jul. 2015.
- [7] S. Ølnes, “Beyond Bitcoin Enabling Smart Government Using Blockchain Technology,” in *Electronic Government*, Cham, 2016, pp. 253–264, doi: 10.1007/978-3-319-44421-5_20.
- [8] Beritasatu.com, “Kualitas Penyelenggara Rendah,” *Suara Pembaruan*, 11-May-2014. [Online]. Available: <http://sp.beritasatu.com/home/kualitas-penyelenggara-rendah-pemilu-pun-lelet/55004>. [Accessed: 19-Jul-2018].
- [9] mediaindonesia.com, “Simalakama Rekapitulasi Suara,” 05-May-2014. [Online]. Available: http://mediaindonesia.com/editorials/detail_editorials/104-simalakama-rekapitulasi-suara. [Accessed: 19-Jul-2018].
- [10] republik.co.id, “Perhitungan Suara Pemilu Rawan Manipulasi,” *Republika Online*. [Online]. Available: <https://republika.co.id/berita/pemilu/berita-pemilu/14/03/31/n3b7oo-perhitungan-suara-pemilu-rawan-manipulasi>. [Accessed: 19-Jul-2018].
- [11] R. Zambrano, R. K. Seward, and P. Sayo, “Unpacking the disruptive potential of blockchain technology for human development,” Aug. 2017.
- [12] A. Ginting, R. R. Isnanto, and I. P. Windasari, “Implementasi Algoritma Kriptografi RSA untuk Enkripsi dan Dekripsi Email,” *J. Teknol. Dan Sist. Komput.*, vol. 3, no. 2, pp. 253–258, Apr. 2015, doi: 10.14710/jtsiskom.3.2.2015.253-258.

-
- [13] B. Applebaum, N. Haramaty-Krasne, Y. Ishai, E. Kushilevitz, and V. Vaikuntanathan, “Low-Complexity Cryptographic Hash Functions,” 2017, doi: 10.4230/lipics.itcs.2017.7.
- [14] N. Kshetri and J. Voas, “Blockchain-Enabled E-Voting,” *IEEE Softw.*, vol. 35, no. 4, pp. 95–99, Jul. 2018, doi: 10.1109/MS.2018.2801546.
- [15] S. Protocol, “Blockchain ‘Smart Contracts’ Will Revolutionize Voting in Elections,” *Medium*, 11-Jan-2018. [Online]. Available: <https://medium.com/@spireProtocol/blockchain-smart-contracts-will-revolutionize-voting-in-elections-acb5abc7beb6>. [Accessed: 19-Jul-2018].
- [16] P. McCorry, S. F. Shahandashti, and F. Hao, “A Smart Contract for Boardroom Voting with Maximum Voter Privacy,” in *Financial Cryptography and Data Security*, Cham, 2017, pp. 357–375, doi: 10.1007/978-3-319-70972-7_20.