

Design and Development of an E-Voting Application Using Blockchain on the Solana Platform

Dzikri Arraiyan¹, Salahuddin^{*}, M. Khadafi²

^{1,2,3} Jurusan Teknologi Informasi dan Komputer Politeknik Negeri Lhokseumawe
Jln. B.Aceh Medan Km.280 Buketrata 24301 INDONESIA

^{*}Penulis Korespondensi : salahuddintik@pnl.ac.id

INFORMASI ARTIKEL

Riwayat artikel:

Diajukan pada 00 Maret 00

Direvisi pada 00 April 00

Publikasi pada 00 Juni 00

Kata kunci:

Pemilihan

E-voting

Blockchain

Smart Contract

Solana

Keywords:

Election

E-voting

Blockchain

Smart Contract

Solana

ABSTRAK

Pemilihan umum adalah kegiatan penentuan pemimpin dari organisasi melalui musyawarah dalam kelompok organisasi tersebut. Proses pemilihan yang efisien dengan menerapkan teknologi *Internet* dan *web* yang disebut *e-voting* menjadi solusi bagi efisiensi dan kecepatan pada pemilihan, tetapi kerentanan seperti perubahan data dan keamanan menjadi masalah bagi sistem *e-voting* saat ini. Beberapa penelitian penerapan *blockchain* pada aplikasi *e-voting* telah dilaksanakan menggunakan Ethereum, tetapi kekurangan yang ada yaitu lamanya waktu transaksi menjadikan Ethereum kurang responsif dan sulit untuk transaksi yang lebih besar. Karena itu, demi meningkatkan efisiensi dan transparansi dari proses pemilihan tradisional dan demi meningkatkan waktu transaksi dari penerapan *blockchain* pada aplikasi yang ingin dirancang, maka peneliti akan mencoba untuk mengembangkan aplikasi pada *platform* yang menggunakan *platform* yang berbeda dari Ethereum yaitu *platform* Solana. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa aplikasi dapat digunakan dengan baik dengan hasil *black box testing* yaitu 100%. Penggunaan *smart contract* Solana pada aplikasi *e-voting* ini memiliki biaya *gas* untuk menginisialisasi aplikasi pada 0.0009 SOL, di mana biaya ini termasuk tinggi, dan biaya *gas* untuk *update* data 0.00001 SOL. Waktu transaksi rata-rata 1929 ms untuk inisialisasi akun dan 1704 ms untuk *update* data akun yang terhitung cepat jika dibandingkan dengan Ethereum yang dapat memakan waktu hingga 20 detik.

ABSTRACT

Elections are activities to determine the leader of an organization through deliberation within the organization's group. An efficient election process by implementing Internet and web technology called e-voting is a solution for efficiency and speed in elections, but vulnerabilities such as data changes and security are a problem for the current e-voting system. Several studies on the application of blockchain to e-voting applications have been carried out using Ethereum, but the drawbacks are that the length of transaction time makes Ethereum less responsive and difficult for larger transactions. Therefore, in order to increase efficiency and transparency from the traditional election process and also to increase the transaction time of the application of blockchain to the application to be designed, researchers will try to develop an application on a platform that uses a different platform from Ethereum, namely the Solana platform. The results of this study indicate that the application can be used well with black box testing results of 100%. The use of the Solana smart contract in this e-voting application has a gas cost to initialize the application at 0.0009 SOL, which is quite high and a gas cost to update data of 0.00001 SOL. The

average transaction time is 1929 ms for account initialization and 1704 ms for account data updates which is relatively fast when compared to Ethereum which can take up to 20 seconds.

1. Pendahuluan

Pemilihan umum adalah proses pengambilan suara dari kelompok orang untuk mencapai kesepakatan atas orang yang berhak mengemban pangkat pada suatu komunitas. Proses pemilihan umum dapat terjadi pada skala pemilihan kepala desa, walikota, bupati, walikota maupun presiden dan DPR, Tetapi secara umum proses pemilihan umum juga dapat digunakan pada proses pemilihan ketua organisasi pada perusahaan maupun kampus [1], seperti pemilihan CEO dalam rapat RUPS maupun pemilihan ketua BEM.

Dalam konteks demokrasi, sistem pemungutan suara elektronik (*e-voting*) juga harus memperhatikan serta menjamin atribut dan sifat dari pemilihan langsung tersebut, termasuk transparansi, kepastian, keamanan, akuntabilitas, dan akurasi [2]. Proses Pemilihan seperti yang dilakukan pada pemilihan ketua organisasi pada BEM menerapkan proses yang umum digunakan yaitu menggunakan surat suara untuk melakukan pemilihan, hal ini memiliki kelemahan yaitu memungkinkan perubahan data suara dan lamanya waktu perhitungan suara. Masalah lain seperti kecurangan dan tidak puasnya satu pihak atas hasil suara juga dapat menimbulkan pertikaian.

Peningkatan kualitas pemilihan umum dan integrasinya dengan perkembangan teknologi menarik perhatian beberapa peneliti. *E-voting* merupakan sebuah sistem yang memanfaatkan perangkat elektronik dan mengolah informasi digital untuk membuat surat suara, memberikan suara, menghitung perolehan suara, menayangkan perolehan suara, serta memelihara dan menghasilkan jejak audit [3]. Sistem *e-voting* dikembangkan sebagai solusi potensial karena penerapan dengan teknologi, memungkinkan pengelolaan pemilihan yang lebih fleksibel dan penghitungan otomatis untuk menghindari kesalahan galat manusia (*human error*) [4]. Meskipun *e-voting* dapat meningkatkan efisiensi dan rekapitulasi data, keamanan integritas data masih menjadi perhatian. *E-voting* cenderung memiliki kerentanan terhadap manipulasi data karena hanya dapat diakses oleh badan pengawas pemilihan, dan terdapat potensi kerentanan pada *server* terpusat dan data *mutable* [5]. Untuk mengatasi kelemahan ini, sistem *e-voting* yang terintegrasi dengan *blockchain*, yang menyimpan data secara terdesentralisasi dan *immutable* menjadi opsi yang dapat dipertimbangkan. *Blockchain* adalah *distributed ledger* atau catatan transaksi digital yang ditandatangani secara kriptografi dan dikumpulkan dalam blok [6]. Blok ini kan didistribusikan kepada seluruh *validator* dalam jaringan melalui proses konsensus. Setelah blok dinyatakan valid, setiap *validator* akan menyimpan blok tersebut dengan cara menghubungkannya dengan blok sebelumnya. Proses inilah yang menyebabkan blok sebelumnya terdistribusi ke semua *validator* dan tidak dapat diubah kembali karena rantai *hash*-nya dengan blok sebelumnya [7]. Teknologi *blockchain* sendiri menggunakan kriptografi yaitu teknik yang dilakukan untuk menyembunyikan informasi rahasia oleh pihak ketiga atau juga menjamin data dari suatu sumber benar adanya telah dikirimkan oleh sumber tersebut [8]. *Platform blockchain* yang digunakan pada penelitian ini adalah Solana yaitu *platform* yang dikembangkan oleh Solana Foundation yang mengadopsi algoritma konsensus *Proof of History*, yang telah dikembangkan untuk bekerja bersama dengan algoritma *Proof of Stake*. *Proof of History* menggunakan *verifiable delay function* dan *transaction slot* untuk memungkinkan

validasi oleh banyak *validator* secara bersamaan, mengurutkan transaksi secara efisien berdasarkan waktu tanpa menunggu transaksi sebelumnya selesai didistribusikan [9].

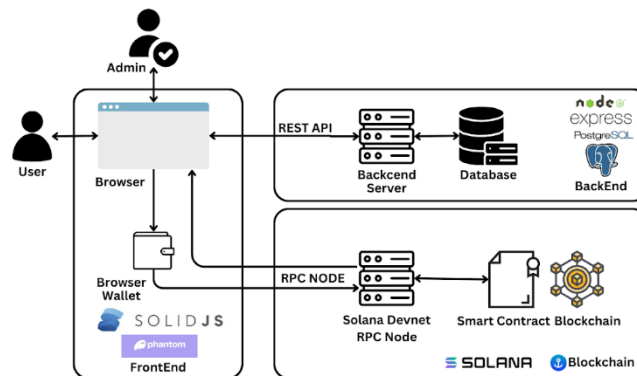
Penerapan teknologi *blockchain* dalam aplikasi *e-voting* dengan memanfaatkan *smart contract* pada *platform* Solana yang memanfaatkan algoritma konsensus *Proof of History* diharapkan akan memberikan efisiensi waktu dan biaya transaksi yang dapat akan memberikan keuntungan bagi sistem pemilihan dengan *blockchain*. Antara lain, kecepatan proses pemilihan yang lebih tinggi, transparansi transaksi pemilihan yang mudah diakses, dan kekekalan (imutabilitas) data, memastikan bahwa data tidak dapat diubah setelah jadwal pemilihan.

2. Metode

2.1 Rancangan Sistem

Rancangan sistem merupakan langkah yang memberikan gambaran umum yang jelas tentang bagaimana aplikasi akan dikembangkan. Pada rancangan sistem ini akan disajikan diagram yang menggambarkan mengenai struktur dan alur sistem secara menyeluruh.

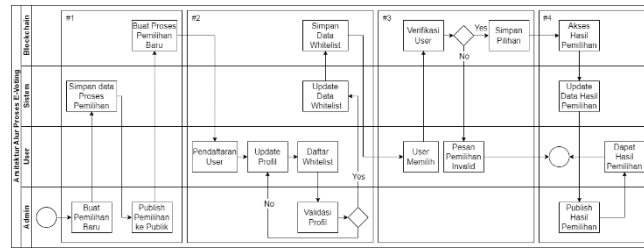
1. Penerapan *Tech Stack*: *Tech stack* adalah *library* dan teknologi apa saja yang diterapkan pada aplikasi yang sedang dikembangkan [10]. Memberikan gambaran jelas teknologi apa saja yang digunakan.



Gambar 1. Tech stack

Tech stack gambar 1 menunjukkan penggunaan 2 sistem *backend*/penyimpanan data pada aplikasi yang dikembangkan pada penelitian ini (*Hybrid*). *REST API* merupakan *backend* utama aplikasi menggunakan *express js* sebagai *library backend* dan *postgres* sebagai basis data yang digunakan untuk menyimpan data pemilihan. *Blockchain* yang digunakan ditunjukkan pada bagian *RPC Node* menggunakan Solana dengan *Anchor* sebagai *framework*. *Wallet* yang digunakan adalah *phantom* yang digambarkan pada bagian sisi *client*.

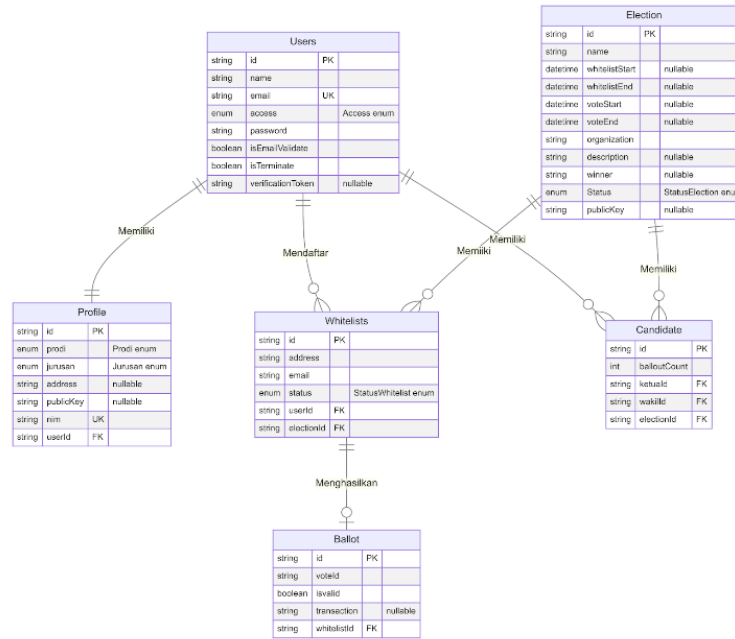
2. *Arsitektur Proses*: *Arsitektur proses* adalah diagram alur yang digunakan untuk menjelaskan proses pemilihan yang terjadi pada aplikasi. Penggunaan *arsitektur proses* diperuntukkan agar aplikasi yang dikembangkan sesuai dengan logika yang telah ditetapkan.



Gambar 2. Arsitektur Proses Pemilihan

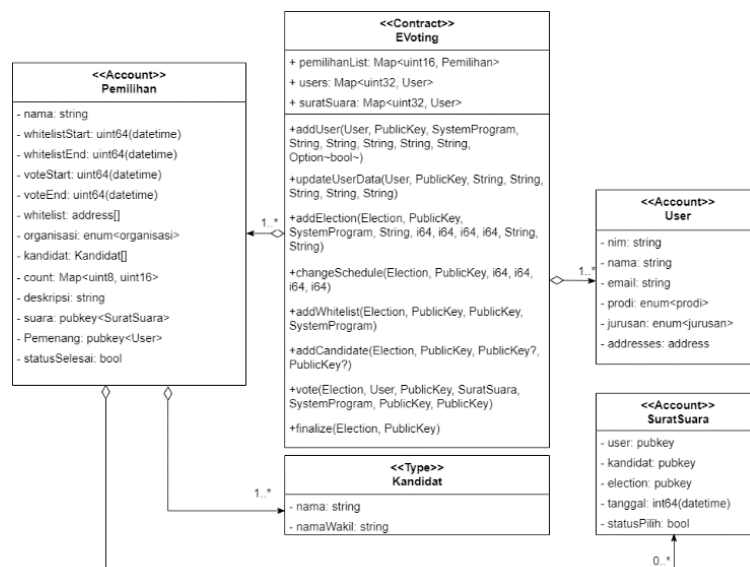
Arsitektur Proses gambar 2 menunjukkan 4 proses yang terjadi dalam aplikasi yang dijalankan oleh 4 Entitas yaitu *Admin*, *User*, *Server*, *Blockchain*. Proses tersebut berupa Proses *create* pemilihan baru, Proses ini dimulai dari *admin* memasukkan data pemilihan baru yang disimpan pada basis data sistem, kemudian setelah data pemilihan telah sesuai maka *admin* akan mempublikasikan pemilihan baru tersebut dan proses pemilihan baru akan dimasukkan pada *blockchain*. Proses pendaftaran pemilih/*user* dan *whitelist*, Proses ini dimulai dari pemilih mendaftarkan dan memasukkan data profil pribadi kemudian mendaftarkan diri pada *whitelist* pemilihan tertentu yang kemudian *whitelist* ini akan divalidasi oleh *admin* apakah pemilih berhak atas hak suara, jika berhak maka *admin* akan memasukkan *public key* dalam *whitelist* pemilihan dan jika tidak maka *user* tidak akan memiliki hak suara atau harus melakukan *update* ulang data profilnya. Proses Pemilihan, *User* yang telah masuk dalam daftar *whitelist* akan memiliki hak suara dan saat waktu pemilihan maka *user* akan memilih calon pemimpin. Saat *user* memilih maka *smart contract* akan memvalidasi *user* berdasarkan *public key* yang ada pada *whitelist*, jika *user* masuk dalam *whitelist* maka nilai suara pada calon terpilih akan ditambahkan dan transaksi pemilihan dicatat dan jika *user* tidak masuk dalam *whitelist* maka *smart contract* akan menolak permintaan. Hasil pemilihan, Hasil pemilihan tersedia saat pemilihan berakhir dan *admin* mengakses data hasil pemilihan ke *blockchain* yang selanjutnya akan dipublikasikan oleh *admin* dan sekaligus mengirim *email* hasil pemilihan ke seluruh *user* yang masuk dalam daftar *whitelist*.

3. ERD: *Entity Relationship Diagram* (ERD) akan diuraikan untuk menggambarkan struktur data dan hubungan antar entitas dalam basis data, yang merupakan fondasi penting bagi sistem. *Entity relationship diagram* menggambarkan keterkaitan tabel data dengan tabel data lainnya dengan memberikan gambaran hubungan data seperti *one-to-one* dan *one-to-many*. *Entity Relationship Diagram* gambar 3 menunjukkan desain basis data dari sistem yang dikembangkan. ERD yang disusun ini mengidentifikasi beberapa entitas utama, yaitu *User*, *Profile*, *Whitelists*, *Ballot*, *Election*, *Candidate*. Masing-masing entitas ini memiliki atribut-atribut yang relevan. Entitas *User* memiliki hubungan *one-to-one* dengan *profile* dimana *profile user* disimpan, *User* juga dapat memiliki data *whitelists* saat mendaftarkan pada pemilihan/*election* yang sedang berlangsung dan pemilihan/*election* memiliki *candidate* dari data terkait diambil dari tabel *user*. serta *whitelist* dapat menghasilkan data *ballot* saat *user* memilih.



Gambar 3. Entity Relationship Diagram

4. **Class Diagram Smart Contract:** Class diagram adalah diagram yang digunakan untuk menjelaskan variabel dan *method* yang terdapat pada *class* program aplikasi. *Smart contract* pada Solana ditulis dalam bentuk kelas-kelas dan data yang disimpan ditulis dalam bentuk variabel yang berkaitan dengan kelas tersebut.



Gambar 4. Class Diagram Smart Contract

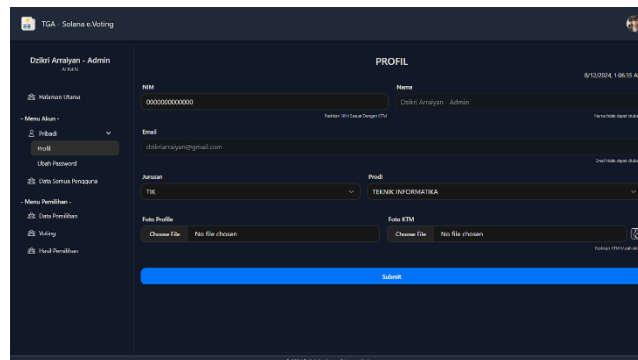
Class diagram smart contract gambar 4 menjabarkan kelas yang dikembangkan pada *smart contract* aplikasi *e-voting* berupa *E-Voting Contract* yaitu kelas dimana data pemilihan dan proses pemilihan dilaksanakan, *User Account* adalah kelas yang menyimpan data *user* dan *public key* yang digunakan, *Kandidat Type* adalah *type* yang digunakan sebagai tipe data yang menyimpan data kandidat, *SuratSuara Account* adalah kelas yang menyimpan data surat suara, *Pemilihan Account* adalah bentuk akun yang menyimpan detail pemilihan termasuk kandidat dan daftar *whitelists*.

3. Hasil Dan Pembahasan

3.1 Antarmuka Pengguna (*User Interface*)

Antarmuka Pengguna menjelaskan dan menjabarkan aplikasi yang telah dikembangkan dari sisi pengguna untuk memberikan gambaran bagaimana produk akhir terlihat.

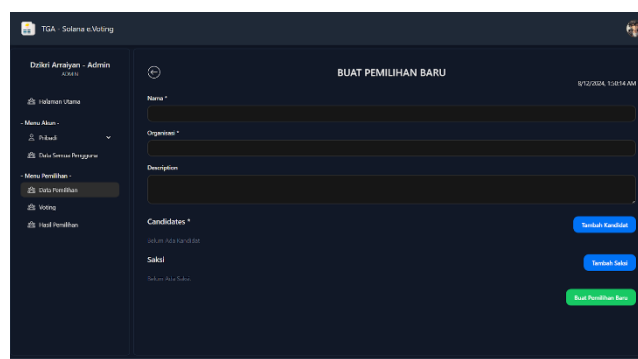
1. Halaman Profil: Halaman Profil pada aplikasi Solana *E-Voting* adalah halaman yang dapat diakses oleh *user* maupun *admin* untuk menambahkan maupun memperbarui data profil akun, data pada profil yang dapat diubah yaitu nim, prodi, jurusan, foto profil, dan foto KTM sebagai data validasi untuk *whitelist*.



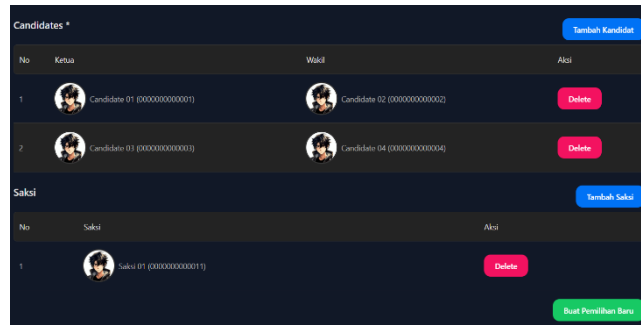
Gambar 5. Profil Pengguna

Halaman profil digunakan untuk menyimpan data *user* pada basis data untuk dapat digunakan sebagai data validasi oleh *admin* dalam memberikan hak akses pemilihan kepada pengguna.

2. Halaman Pemilihan Baru: Halaman Pemilihan baru pada aplikasi Solana *E-Voting* yang dikembangkan adalah halaman yang dapat diakses oleh *admin* melalui halaman daftar pemilihan untuk membuat *draft* pemilihan baru. Halaman ini berisi *form* berupa nama, organisasi dan deskripsi pemilihan serta *modal* untuk memilih kandidat dan saksi sebagai bagian dari pemilihan tersebut. Halaman ini akan menyimpan data pemilihan baru sebagai *draft* yang dapat dipublikasikan pada waktu yang telah ditentukan sebagai pemilihan yang dapat diakses publik.

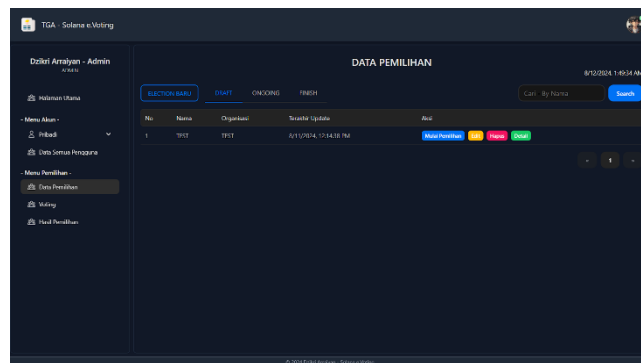


Gambar 6. Halaman Pemilihan Baru



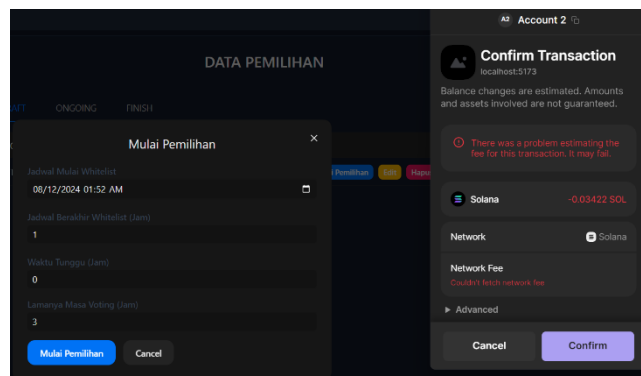
Gambar 7. Konfirmasi Pemilihan Baru

3. Halaman *List* Pemilihan: Halaman Data Pemilihan pada aplikasi Solana *E-Voting* adalah halaman yang dapat diakses oleh *admin* untuk melihat seluruh data pemilihan yang terbagi menjadi 3 *tab* yaitu *draft*, *ongoing* dan *finish* serta terdapat tombol tambah data dan beberapa aksi pada setiap pemilihan seperti memulai, mengedit, menghapus pemilihan serta melihat detail pemilihan.



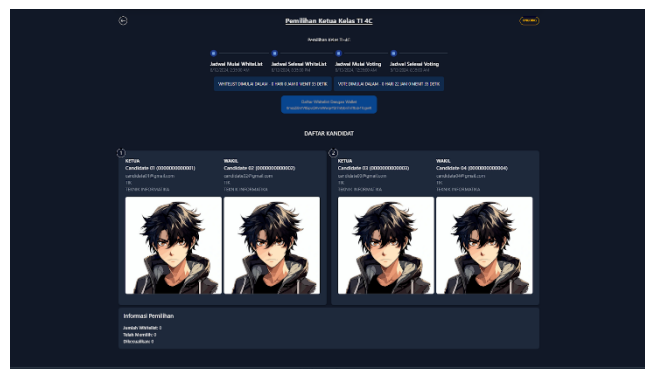
Gambar 8. *List* Pemilihan

Pada halaman ini terdapat opsi untuk memulai pemilihan dari *draft* menjadi *ongoing*/berlangsung dengan mengisi jadwal mulai dan selesai *whitelist*, lamanya masa tunggu dan lamanya masa *voting*. Saat tombol mulai pemilihan ditekan maka *admin* harus mengkonfirmasi transaksi pada *wallet* untuk juga akan diinisialisasi pemilihan tersebut pada *smart contract* dimana transaksi ini akan menyimpan data pemilihan selain pada sisi *server* juga pada sisi *smart contract* dan biaya transaksi juga dapat dilihat pada pesan konfirmasi transaksi.



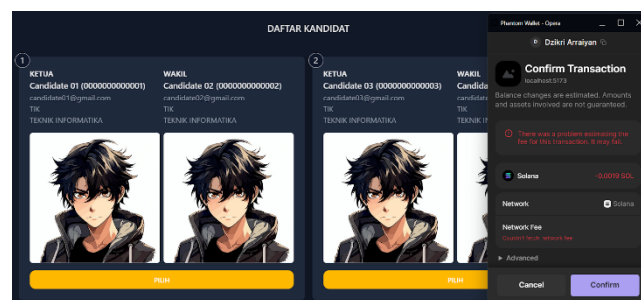
Gambar 9. Konfirmasi Mulai Pemilihan Oleh Admin

- Halaman Detail Pemilihan: Halaman Detail Pemilihan pada aplikasi Solana *E-Voting* adalah halaman yang dapat diakses *admin* dan *user* untuk melihat detail pemilihan baik sudah selesai maupun sedang berlangsung. Halaman ini berisi data nama, deskripsi jadwal *whitelist* dan *voting* pemilihan, tombol daftar *whitelist* dan tombol untuk *vote* pada kandidat tertentu. Pada halaman ini terdapat 3 kondisi yang akan terjadi yaitu saat jadwal *whitelist* berlangsung maka *user* akan dapat mendaftar pada *whitelist* dengan masuk kedalam *wallet* terlebih dahulu setelah itu sistem akan mengirimkan *address* wallet terkait untuk disimpan pada sistem dan akan digunakan oleh *admin* sebagai *address* yang diperbolehkan mengakses *smart contract* dan kedua adalah kondisi saat jadwal pemilihan/*vote* berlangsung maka akan ada tombol kuning dengan kata 'vote' pada kandidat yang dapat diklik oleh *user* yang telah berhasil dan diterima pendaftarannya dan yang ketiga ketika *vote* telah selesai maka halaman ini tidak dapat lagi diganggu gugat.

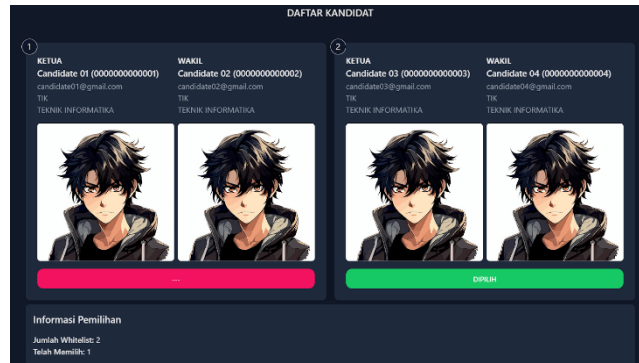


Gambar 10. Detail Pemilihan

Jika Jadwal Pemilihan telah masuk waktunya maka pada kandidat akan ada tombol 'pilih' yang dapat dipilih oleh *user* yang masuk ke dalam daftar *whitelist* data pemilihan selain pada sisi *server* juga pada sisi *smart contract* dan biaya transaksi juga dapat dilihat pada pesan konfirmasi transaksi. *User* yang terkualifikasi dapat memilih setelah *login* ke *wallet* dengan menekan tombol 'pilih' lalu akan muncul konfirmasi transaksi dan melakukan konfirmasi transaksi.

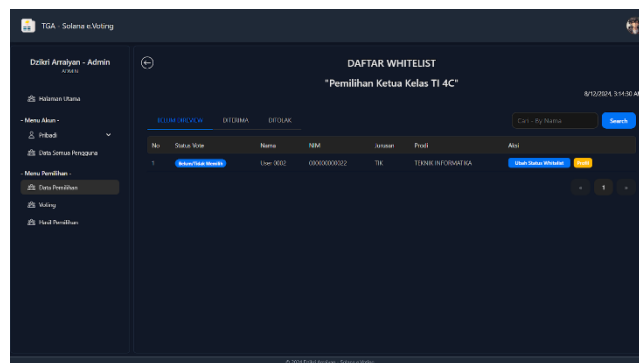


Gambar 11. Konfirmasi Memilih Oleh User



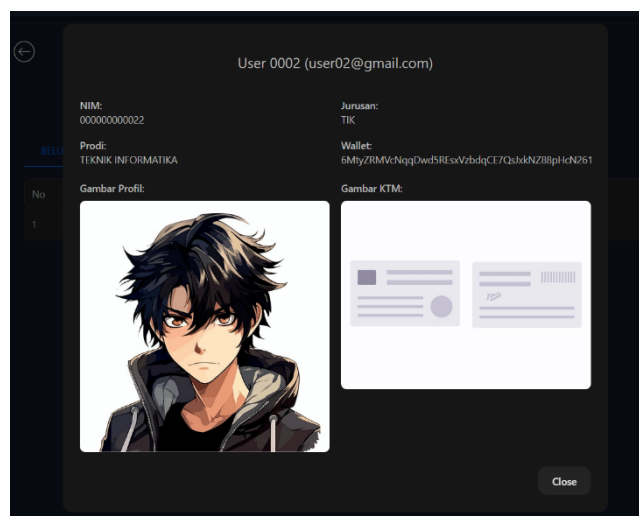
Gambar 12. Pemilihan Berhasil

5. Halaman *List Whitelist*: Halaman *List Whitelist* pada aplikasi Solana *E-Voting* adalah halaman yang dapat diakses oleh *admin* atau saksi dengan keterbatasan hanya untuk melihat dan tidak melakukan aksi. Pada Halaman ini *admin* dapat merubah status *whitelist user* untuk suatu pemilihan menjadi diterima maupun ditolak untuk melakukan *voting* pada pemilihan tertentu saat waktu *vote* dimulai.



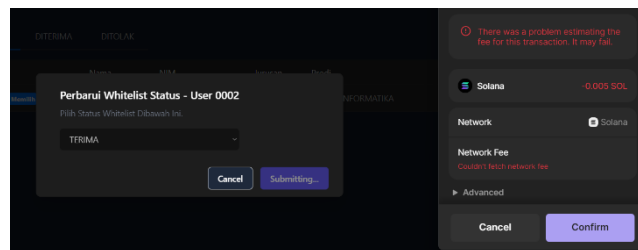
Gambar 13. List Whitelist

Sebelum menyetujui apakah suatu *user* berhak untuk mendapatkan akses *voting* pada pemilihan *admin* akan mengecek profil *user* untuk mengetahui apakah *user* layak atau tidak untuk melakukan *vote*.



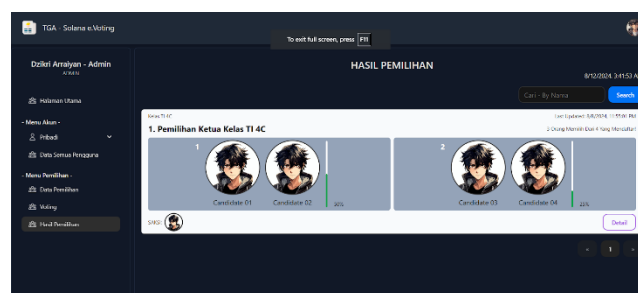
Gambar 14. Profil Pengguna Pada Whitelist

Jika *user* dirasa berhak untuk melakukan *vote* maka *admin* dapat menerima *whitelist* tersebut dengan menekan tombol 'ubah status *whitelist*'. Saat melakukan *submit* maka *admin* juga akan dimintai untuk mengkonfirmasi transaksi untuk memasukkan *wallet* terdaftar ke dalam *smart contract*.



Gambar 15. Konfirmasi *Whitelist* Oleh Admin

6. Halaman Hasil Pemilihan: Halaman Hasil Pemilihan pada aplikasi Solana *E-Voting* adalah halaman yang dapat diakses oleh *user* dan *admin* untuk melihat hasil pemilihan. Halaman ini berisi daftar hasil pemilihan dan menampilkan data nama pemilihan, organisasi pemilihan, waktu terakhir di-*update*, kandidat yang masuk pada pemilihan tersebut, persentase suara dan saksi pada pemilihan tersebut serta tombol untuk melihat detail lebih lanjut tentang pemilihan tersebut.



Gambar 16. List Hasil Pemilihan

3.2 Pengujian Performa

Pengujian ini dilakukan untuk mencari tahu bagaimana performa dan efisiensi *smart contract* Solana untuk diterapkan pada aplikasi seperti *e-voting*. Hasil dari pengujian ini berupa besaran biaya *gas fee*, *Transaction per second* per IP dan waktu transaksi. Pengujian performa dilakukan pada fungsi *add_user* dan *change_data_user* dikarenakan hanya kedua fungsi ini yang dapat diakses dengan mudah juga karena *add_user* merepresentasikan inisialisasi akun dan *change_data_user* merepresentasikan perubahan pada akun.

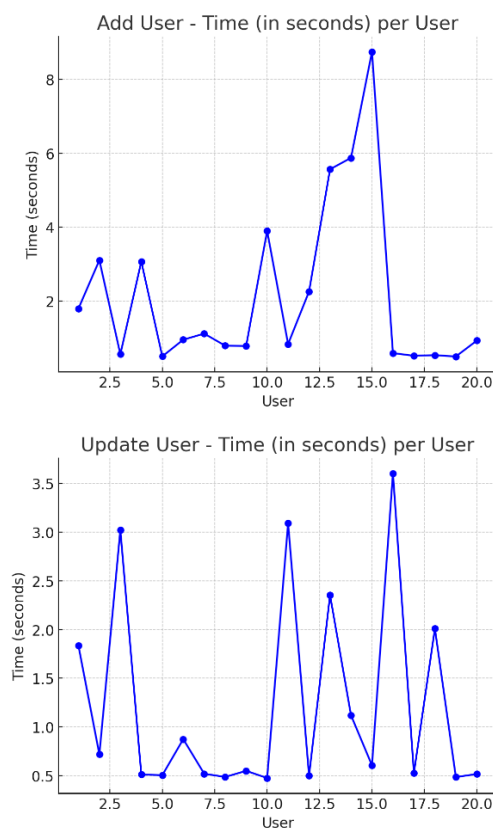
```

--- Add User Transactions ---
Add User 1: Gas Fee = 0.00942991999999998 SOL, Waktu = 1254 ms
Add User 2: Gas Fee = 0.00942991999999998 SOL, Waktu = 798 ms
Add User 3: Gas Fee = 0.00942992000000036 SOL, Waktu = 924 ms
Add User 4: Gas Fee = 0.00942991999999998 SOL, Waktu = 1803 ms
Add User 5: Gas Fee = 0.00942992000000036 SOL, Waktu = 2969 ms
Add User 6: Gas Fee = 0.00942991999999998 SOL, Waktu = 717 ms
Add User 7: Gas Fee = 0.00942992000000036 SOL, Waktu = 3428 ms
Add User 8: Gas Fee = 0.00942991999999998 SOL, Waktu = 10039 ms
Add User 9: Gas Fee = 0.00942992000000036 SOL, Waktu = 1100 ms
Add User 10: Gas Fee = 0.00942991999999998 SOL, Waktu = 761 ms
...
Gas Fee Rata-rata = 0.009430
Waktu Transaksi = 1929 ms

--- Update User Transactions ---
Update User 1: Gas Fee = 0.0000999999999999593 SOL, Waktu = 557 ms
Update User 2: Gas Fee = 0.00001000000000003062 SOL, Waktu = 3089 ms
Update User 3: Gas Fee = 0.0000999999999999593 SOL, Waktu = 612 ms
Update User 4: Gas Fee = 0.00001000000000003062 SOL, Waktu = 1876 ms
Update User 5: Gas Fee = 0.0000999999999999593 SOL, Waktu = 709 ms
Update User 6: Gas Fee = 0.00001000000000003062 SOL, Waktu = 8761 ms
Update User 7: Gas Fee = 0.0000999999999999593 SOL, Waktu = 763 ms
Update User 8: Gas Fee = 0.00001000000000003062 SOL, Waktu = 2002 ms
Update User 9: Gas Fee = 0.00001000000000003062 SOL, Waktu = 1064 ms
Update User 10: Gas Fee = 0.0000999999999999593 SOL, Waktu = 769 ms
...
Gas Fee Rata-rata = 0.00001
Waktu Transaksi = 1704 ms

```

Gambar 17. Pengujian Performa Solana



Gambar 18. Grafik Waktu Pengujian Solana

Dari hasil pengujian pada gambar 17, *smart contract* Solana yang telah dikembangkan dapat berjalan dengan cukup baik dengan proses pembuatan akun pada *blockchain* membutuhkan *gas fee* rata-rata sebesar 0.00943 SOL. Hal ini berarti jika pengembang aplikasi ingin menggunakan *network mainnet* biaya yang perlu dikeluarkan untuk setiap pembuatan akun *user* adalah Rp 21.262 dengan kurs Solana Rp 2.254.977 per tanggal 15 Agustus 2024 dengan biaya perubahan data pada akun hanya 0.00001 SOL. Hasil selanjutnya yaitu waktu transaksi rata-rata untuk pembuatan akun 1929 ms dan perubahan data akun 1704 ms. Hasil dari pengujian performa ini menunjukkan waktu dan biaya transaksi yang cepat dan murah jika dibandingkan dengan *network* seperti Ethereum dengan logika program *smart contract* yang sama.

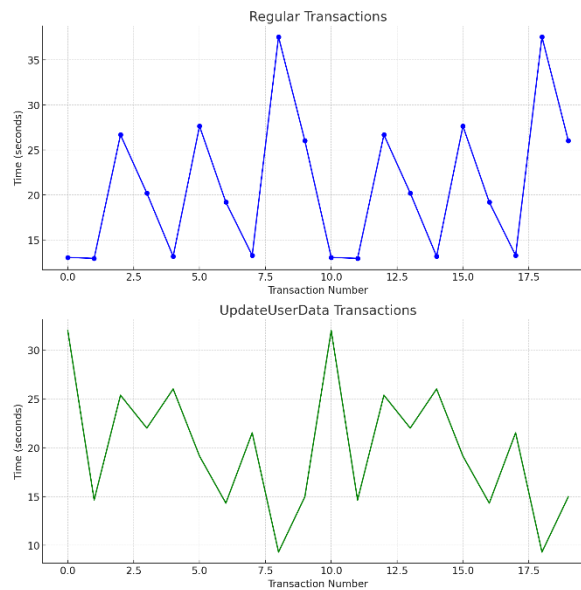
```

ElectionProgram
AddUser transactions:
Transaction 1: Time = 13056ms, Gas Used = 188888, Gas Price = 3.429828001 gwei, Fee = 0.000647853351452888 ETH
Transaction 2: Time = 12941ms, Gas Used = 86288, Gas Price = 3.668166422 gwei, Fee = 0.000316518744221536 ETH
Transaction 3: Time = 26662ms, Gas Used = 86288, Gas Price = 3.468715714 gwei, Fee = 0.000299308541529632 ETH
Transaction 4: Time = 20195ms, Gas Used = 86288, Gas Price = 3.267267539 gwei, Fee = 0.000281925981405232 ETH
Transaction 5: Time = 13169ms, Gas Used = 86288, Gas Price = 3.265108881 gwei, Fee = 0.000281739715123728 ETH
Transaction 6: Time = 27630ms, Gas Used = 86288, Gas Price = 3.124166164 gwei, Fee = 0.000269578049959232 ETH
Transaction 7: Time = 19181ms, Gas Used = 86288, Gas Price = 2.974327791 gwei, Fee = 0.000256648796429808 ETH
Transaction 8: Time = 13279ms, Gas Used = 86288, Gas Price = 3.074629959 gwei, Fee = 0.000265303669902192 ETH
Transaction 9: Time = 37538ms, Gas Used = 86288, Gas Price = 3.062401088 gwei, Fee = 0.000264248458178304 ETH
Transaction 10: Time = 26005ms, Gas Used = 86288, Gas Price = 3.330966137 gwei, Fee = 0.000287422406029456 ETH
...

UpdateUserData transactions:
Transaction 1: Time = 31988ms, Gas Used = 60601, Gas Price = 4.006050092 gwei, Fee = 0.000242770641625292 ETH
Transaction 2: Time = 14636ms, Gas Used = 60601, Gas Price = 4.064198577 gwei, Fee = 0.000246294497964777 ETH
Transaction 3: Time = 25366ms, Gas Used = 60601, Gas Price = 3.905279732 gwei, Fee = 0.000236663857038932 ETH
Transaction 4: Time = 22000ms, Gas Used = 60601, Gas Price = 3.65550764 gwei, Fee = 0.00022136041849164 ETH
Transaction 5: Time = 26007ms, Gas Used = 60601, Gas Price = 3.560682615 gwei, Fee = 0.000215780927151615 ETH
Transaction 6: Time = 19136ms, Gas Used = 60601, Gas Price = 3.994969283 gwei, Fee = 0.000242099133519083 ETH
Transaction 7: Time = 14319ms, Gas Used = 60601, Gas Price = 3.781179669 gwei, Fee = 0.000229143209121069 ETH
Transaction 8: Time = 21522ms, Gas Used = 60601, Gas Price = 3.700209787 gwei, Fee = 0.000224236413301987 ETH
Transaction 9: Time = 9313ms, Gas Used = 60601, Gas Price = 3.963406985 gwei, Fee = 0.000240186426697985 ETH
Transaction 10: Time = 14978ms, Gas Used = 60601, Gas Price = 4.202953648 gwei, Fee = 0.000254703194022448 ETH
...

```

Gambar 19. Pengujian Performa Ethereum



Gambar 20. Grafik Waktu Pengujian Ethereum

Hasil pengujian yang ditunjukkan pada gambar 19 menunjukkan keterlambatan pada waktu transaksi sebesar 10x dibandingkan *smart contract* Solana yang digunakan pada aplikasi Solana *E-Voting* dimana rata-rata waktu `addUser` pada 20682ms dan waktu `updateUserData` pada 20070ms. Ini menjadikan penggunaan Ethereum kurang intuitif dan lebih sulit untuk diterapkan pada aplikasi dengan transaksi skala besar pada waktu singkat. *Gas fee* pada Ethereum untuk proses `addUser` berada pada 0.0003279 ETH atau Rp 12.768 dan untuk proses `updateDataUser` pada 0.00024280 ETH Rp 9.454 dengan kurs Ethereum pada Rp 38.939.629 per tanggal 25 Agustus 2024. Total `addUser` dan `updateDataUser` untuk setiap pemilihan senilai Rp 22.223 sedikit lebih mahal dari penerapan Solana dikarenakan perubahan data pada Solana hampir tidak ada biaya *fee*. Perbedaan ini dikarenakan Solana dan Ethereum menyimpan data dengan cara yang berbeda dimana pada Solana pembuatan akun disimpan ada basis data di luar *ledger* dan *user* dihitung sebagai *rent*/menyewa dari setiap data yang dialokasikan sedangkan Ethereum akan menyimpan data pada *ledger* secara keseluruhan.

Dalam skenario pemilihan yang padat, Keunggulan dalam waktu menjadi penting dikarenakan keterbatasan waktu pemilihan bagi pengguna dan kecepatan *feedback* pada aplikasi.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil, pembahasan, dan pengujian *performance* yang telah dilaksanakan pada aplikasi Solana *E-Voting*, dapat disimpulkan penggunaan *blockchain* untuk proses pemilihan masih perlu dipertimbangkan. Hal ini dikarenakan biaya *gas* pada Solana untuk inisialisasi akun pada *blockchain*-nya masih mahal yaitu sebesar 0.00943 SOL. Tetapi waktu transaksi pada Solana dapat dikatakan cepat dengan rata-rata 2 detik jika dibandingkan dengan Ethereum yang dapat mencapai 20 detik dengan biaya sama. Penerapan *blockchain* Solana pada aplikasi *e-voting* sebagaimana yang telah dilaksanakan memberikan keamanan tambahan pada data aplikasi dikarenakan data disimpan pada sisi *server* juga pada sisi *blockchain* dimana susah untuk diubah keduanya secara koheren. Keamanan pada aplikasi juga telah memenuhi capaian penggunaan *blockchain* dimana pemilihan dan pendaftaran *whitelist* hanya dapat dilakukan oleh *admin* serta *user* yang telah mendaftar pada *whitelist* hanya dapat memilih dengan akun dan *wallet* terdaftar. Tetapi masih terdapat celah pada pendekatan *hybrid* yang terlalu dinamis dimana jika peretas mendapatkan info akses akun *user*, peretas masih dapat mendaftar dengan *wallet* lainnya.

Referensi

- [1] Gibbins, R., Webb, P. D., Eulau, H. (1999, July 26). Election. Encyclopedia Britanica. <https://www.britannica.com/topic/election-political-science>
- [2] Winarno, Agus, Javalina Harsari, and Bayu Ardianto. "Blockchain Based E-Voting For Indonesia." *Journal of Engineering and Science Research* 2.5 (2018): 13-17.
- [3] N. Samania, Nirsal, and R. Y. Fa'rifah, "RANCANG BANGUN APLIKASI E-VOTING PEMILIHAN KETUA UMUM HIMPUNAN MAHASISWA INFORMATIKA (HMTI) UNIVERSITAS COKROAMINOTO PALOPO BERBASIS WEBSITE," *D'compute: Jurnal Ilmiah Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, vol. 10, no. 1, Jan. 2020, doi: 10.30605/dcompute.v10i1.27.
- [4] A. J. Tjahjadi, Vivian, and T. H. Rochadiani, "Ethereum Blockchain and Smart Contract Modelling For Presidential E-Voting System in Indonesia," *International Journal of Technology and Engineering Studies*, vol. 4, no. 2, Apr. 2018, doi: 10.20469/ijtes.4.10002-2.
- [5] Winarno, Agus, Javalina Harsari, and Bayu Ardianto. "Blockchain Based E-Voting For Indonesia." *Journal of Engineering and Science Research* 2.5 (2018): 13-17.
- [6] A. Mittal, *Smart Contract Development with Solidity and Ethereum: Building Smart Contracts with the Azure Blockchain*. BPB Publications, 2020.
- [7] S. P. Girsang, "Implementasi Blockchain Pada Pemilihan Umum Badan Eksekutif Mahasiswa Universitas," *Ubaya Repository*, Jan. 01, 2023. <http://repository.ubaya.ac.id/45132/>
- [8] R. Z. Fathiyana, S. N. Yutia, and D. J. Hidayat, "Prototype of Integrated National Identity Storage Security System in Indonesia using Blockchain Technology," *JOIV: International Journal on Informatics Visualization*, vol. 6, no. 1, p. 109, Mar. 2022, doi: 10.30630/joiv.6.1.877.
- [9] R. M. Thamrin, E. P. Harahap, A. Khairunnisa, A. Faturahman, and K. Zelina, "Blockchain-based Land Certificate Management in Indonesia," *ADI Journal on Recent Innovation (AJRI)*, vol. 2, no. 2, pp. 232-252, Feb. 2021, doi: 10.34306/ajri.v2i2.339.
- [10] A. Winarno, "DESAIN e-TRANSKRIP DENGAN TEKNOLOGI BLOCKCHAIN," *Prosiding Seminar Nasional Pakar*, p. 1.37.1-1.37.6, Apr. 2019, doi: 10.25105/pakar.v0i0.4176.