**Indonesian Journal of Computer Science**
ISSN 2302-4364 (*print*) dan 2549-7286 (*online*)
Jln. Khatib Sulaiman Dalam, No. 1, Padang, Indonesia, Telp. (0751) 7056199, 7058325
Website: ijcs.stmikindonesia.ac.id | E-mail: ijcs@stmikindonesia.ac.id

# Perancangan Website E-Voting Menggunakan Smart Contract Pada Blockchain Polygon

**Eko Yanuarso Budi[1], Cahyo Prihantoro[2], Nicolaus Euclides Wahyu Nugroho[3]**
ekoyanu99@gmail.com, cahyo@ittelkom-pwt.ac.id, nicolaus@ittelkom-pwt.ac.id
Informatika, Institut Teknologi Telkom Purwokerto

**Informasi Artikel**

Diterima : 12 Jun 2023
Direview : 23 Jun 2023
Disetujui : 30 Jun 2023

**Kata Kunci**

e-voting, smart contracts, blockchain, polygon

**Abstrak**

*Electronic voting (e-voting)* merupakan salah satu jenis sistem voting yang prosesnya berjalan dengan sistem elektronik. *E-voting* dikembangkan untuk menjadi alternatif lain voting tradisional negara demokrasi. Di Indonesia sistem pemilihan menggunakan *e-voting* mulai diterapkan pada skala desa. Dengan adanya perancangan website *e-voting* menggunakan *smart contract* blockchain Polygon bertujuan agar melengkapi sistem yang sudah ada terutama keamanan, transparansi dan meningkatkan kepercayaan masyarakat dalam proses pemilihan. Penerapan blockchain pada masa sekarang masih dibilang awal tentunya membutuhkan pengembangan dan improvisasi. Mekanisme yang ditawarkan pada penelitian ini adalah penggunaan *smart contract* voting yang artinya proses voting berjalan diatas jaringan blockchain. Pemilih akan mendapatkan *Non-Fungible Token* setelah voting sukses sebagai bukti telah memilih. Berdasarkan percobaan yang telah dilakukan, biaya rata-rata setiap pemilih mengikuti rangkaian voting yaitu 0,001036 MATIC.

***Keywords***

*e-voting, smart contracts, blockchain, polygon*

**Abstrak**

*Electronic voting (e-voting) is one of the types of voting systems that the process runs with the electronic system. E-voting has been developed to be another alternative to traditional voting in democratic states. In Indonesia, the election system using e-voting has begun to be applied on the village scale. With the presence of the e-voting website design using the smart contract blockchain Polygon aims to complement the existing system especially security, transparency and increase public confidence in the election process. The implementation of blockchain at the present time is still said to be the beginning of development and improvisation. The mechanism offered in this research is the use of smart contract voting which means the voting process runs on the blockchain network. Voters will receive a Non-Fungible Token after successful voting as proof of having voted. Based on the experiment that has been carried out, the average cost of each voter following the voting series is 0.001036 MATIC.*

## A. Pendahuluan

Pemungutan suara atau voting dapat menentukan kemajuan suatu bangsa atau organisasi. Voting tradisional merupakan sistem pemungutan suara dikontrol oleh pusat satu organisasi[1]. Akan tetapi voting tradisional di Indonesia memiliki beberapa kelemahan. Kasus terbaru di Indonesia Komisi Pemilihan Umum (KPU) tidak mengumumkan secara resmi kegiatan *quick count* pemilihan legislatif dan pemilihan presiden kepada Badan Pengawas Pemilu (Bawaslu)[2]. Beberapa kasus lain diantaranya yaitu Prabowo klaim kemenangan atas pemilihan presiden berdasarkan hasil penghitungan cepat[3], petugas Pemilu meninggal karena penyakit bawaan dan kelelahan sebanyak 550 jiwa[4], Komisioner KPU Evi Novida Ginting melakukan campur tangan penetapan suara Pemilu 2019 di Kalimantan Barat[5], dokumen penetapan calon legislatif terbakar di Papua saat terjadi kerusuhan[6], suara partai Gerindra di Sumatera Utara berkurang saat dilakukan hitung ulang[7]. Kelemahan voting tradisional dapat merugikan banyak pihak termasuk masyarakat. Contoh kelemahan sistem voting tradisional yaitu membutuhkan waktu untuk menghitung semua suara. Sistem *e-voting* merupakan alternatif lain untuk mengatasi kelemahan sistem perhitungan suara dengan teknologi yang lebih akurat[1].

Metode yang telah diterapkan untuk mengatasi masalah di atas antara lain *secret contract*, dan berbagai *blockchain consensus*. Adapun blockchain *consensus* yang digunakan misalnya blockchain *consensus* sendiri, *private*, kombinasi blockchain dengan machine learning dan IoT. Penelitian Aaron Fernandes menggunakan *secret contract* untuk anonimitas pemilih. Penyelesaian masalah dengan meletakkan *secret contract* diantara otorisasi pusat dan *smart contract* voting menggunakan enigma[1]. Penelitian Rifa Hanifatunnisa menerapkan *blockchain consensus* sendiri sebagai database untuk menyimpan suara[8]. Penelitian Friðrik Þ. Hjálmarsson menggunakan *private blockchain* untuk *e-voting* dan diterapkan sesuai distrik[9]. Penelitian Wenbin Zhang membuat voting protokol privasi blockchain dengan menerapkan *Hyperledger Fabric*[10]. Kekurangan dari kedua penelitian tersebut yaitu masih menerapkan *private blockchain* diatur oleh satu otorisasi yang berarti tidak sesuai dengan prinsip *decentralized*.

Blockchain *Ethereum* dari segi biaya transaksi cukup mahal terutama jika digunakan dalam jumlah banyak. Meskipun sekarang *Ethereum* sudah merge menggunakan *Proof of Stake (PoS)* sebelumnya *Proof of Work (PoW)*[11]. Keterbatasan ukuran blok dan waktu menghasilkan blok merupakan salah satu pembatas *PoW* untuk diadopsi secara massal. Blockchain *Polygon* berbasis *PoS* mencoba memecahkan masalah keterbatasan *PoW* tanpa meninggalkan konsep desentralisasi[12]. Setiap operasi dengan *smart contract* dibutuhkan gas agar transaksi tereksekusi[13].

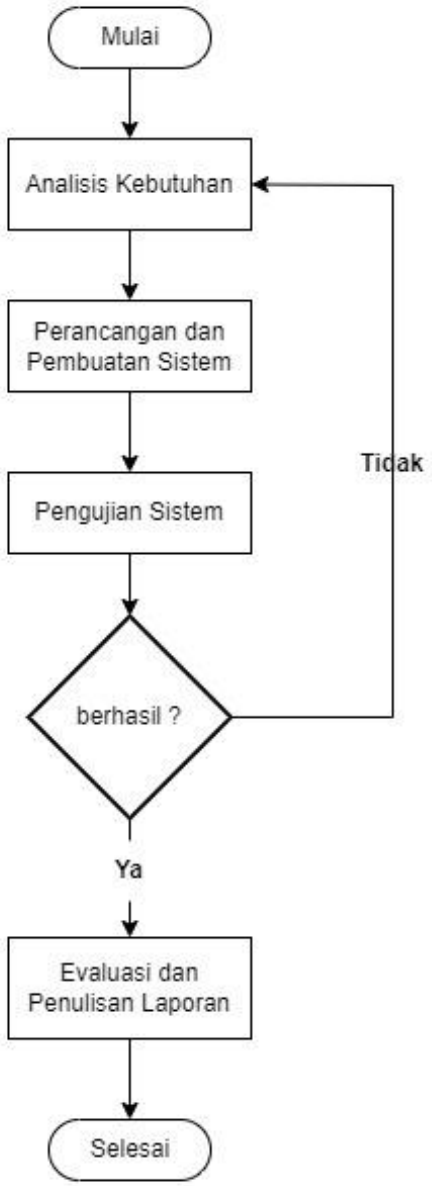
Berdasarkan permasalahan dan penelitian yang sudah ada maka penelitian ini akan melakukan perancangan sistem e-voting dengan menggunakan blockchain *Polygon*. *Polygon* blockchain yang menerapkan consensus *PoS* dengan finalitas lebih cepat dan biaya yang lebih rendah dibanding *Ethereum.* Blockchain *Polygon* dapat mengizinkan 2000-2400 transaksi/blok lebih banyak dibanding dengan *Ethereum*[12]. Pada Penelitian mencakup pengimplementasian voting pada *smart*

*contract*, validasi suara *voters*, perhitungan suara pada pemilihan. Adapun luaran dari penelitian adalah *prototype* website *Decentralized Application* (dApp) *e-voting*.

## B. Metode Penelitian

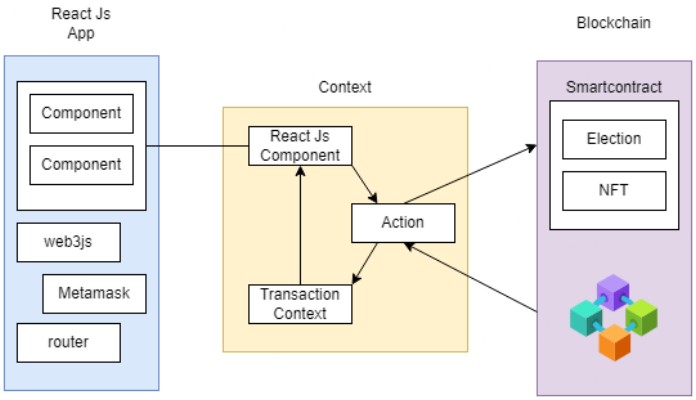
### a. Diagram Alir Penelitian

Penelitian dimulai dengan perumusan masalah, tujuan dan manfaat terkait dengan teknologi blockchain. Tahapan selanjutnya analisis kebutuhan dengan cara studi literatur mengumpulkan dan memahami informasi terkait pengimplementasian blockchain untuk sistem e-voting. Tahapan ketiga perancangan aplikasi dan pembuatan sistem e-voting. Tahapan selanjutnya pengujian sistem jika sistem berjalan dengan baik maka lanjut ke tahap evaluasi dan penulisan laporan.




**Gambar 1** Diagram Alir Penelitian

### b. Diagram Arsitektur Sistem




**Gambar 2** Diagram Arsitektur Sistem

Pada Gambar 2 diagram arsitektur alurnya adalah React Component dan dependencies direnderer menggunakan useContext. Setelah ada action maka akan memanggil data yang ada pada blockchain Polygon.

### c. Pengujian Sistem Blackbox Testing

Pengujian website *dApp* menggunakan metode pengujian *blackbox testing.* Metode *blackbox testing* digunakan dengan harapan dapat mengetahui fungsionalitas dari e-voting ini. Langkah awal untuk melakukan pengujian sistem adalah dengan mendefinisikan fitur yang akan diuji pada setiap page oleh admin dan user. Daftar fitur pengujian dapat dilihat pada Tabel 1 dan Tabel 2.

**Tabel 1** Fitur Pengujian Oleh User

| No | Item yang Diuji | Cara Pengujian | Hasil yang diharapkan |
|---|---|---|---|
| 1 | Connect wallet | Memasukkan password dan mengganti metamask ke jaringan Polygon Mumbai | User dapat melakukan connect wallet |
| 2 | Melakukan registrasi | Mengisi form registrasi | Registrasi terkirim ke jaringan blockchain |
| 3 | Melihat kandidat | Klik Navbar Voting | User dapat melihat kandidat yang ada |
| 4 | Melakukan vote | Klik vote pada salah satu kandidat | Voting berupa id terkirim |
| 5 | Minting NFT | Klik button Mint NFT | User mendapatkan NFT setelah sukses voting |

**Tabel 2** Fitur Pengujian oleh Admin

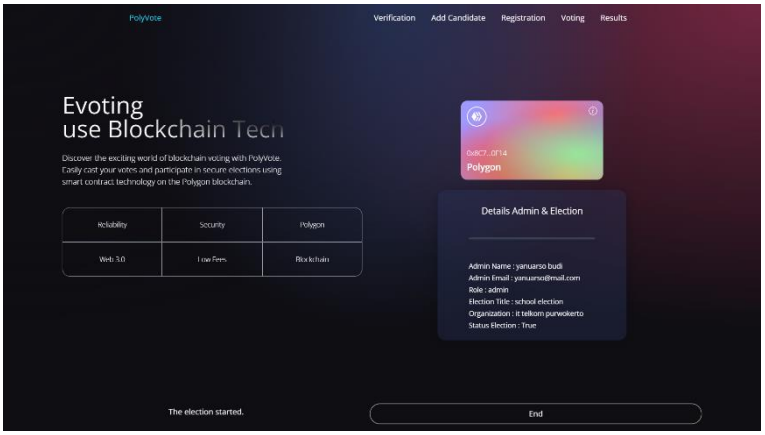
| No | Item yang Diuji | Cara Pengujian | Hasil yang diharapkan |
|---|---|---|---|
| 1 | Connect wallet | Memasukkan password dan mengganti metamask ke jaringan Polygon Mumbai | Admin dapat melakukan connect wallet |
| 2 | Memulai voting | Klik button start | Memulai sesi voting |
| 3 | Mengakhiri voting | Klik button end | Mengakhiri sesi voting menampilkan kandidat pemenang |
| 4 | Menambah | Klik button add setelah isi form | Menambah kandidat |

| | | | |
|---|---|---|---|
| | kandidat | kandidat | |
| 5 | Memverifikasi registrasi | Klik button verif pada setiap user yang register | Verifikasi user agar dapat memilih |

## C. Hasil dan Pembahasan

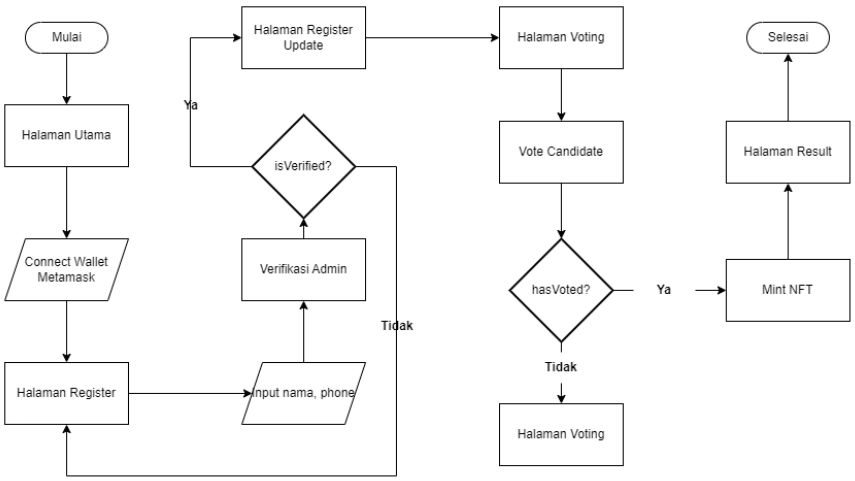
### a. Tampilan dan Alur Penggunaan Aplikasi

Pada Gambar 3 merupakan halaman utama ketika admin connect wallet Metamask. Admin adalah user yang mendeploy smart contract digunakan untuk election dan polyvote. Navbar berubah menjadi lima item dengan Verification dan Add Candidate hanya bisa diakses oleh admin. Card welcome berisi short address dari wallet terdapat detail admin & election. Button end berfungsi untuk mengakhiri sesi voting sehingga instance election started menjadi false dan election ended menjadi true. Sedangkan jika user connect wallet metamask Navbar tidak menampilkan link ke halaman Verification dan AddCandidate



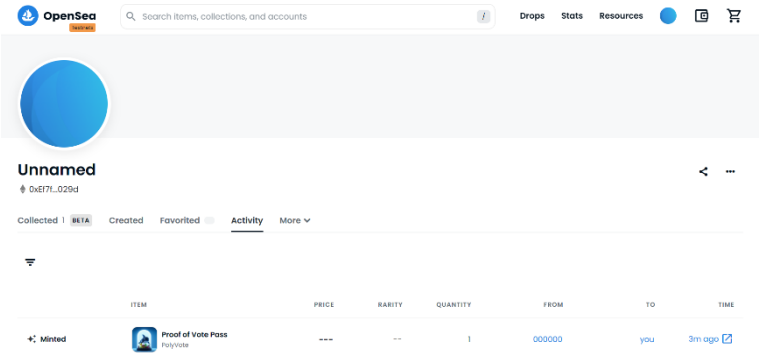

**Gambar 3** Halaman Utama Admin

Alur Voting pada website Polyvote diawali dengan mengunjungi halaman utama. Pada device akan muncul pop up metamask user diminta memasukkan password. Jika user berada pada jaringan selain polygon testnet (mumbai) maka akan muncul pop up untuk mengganti jaringan otomatis pada metamask. Setelah user berhasil connect akun menuju halaman registrasi dengan memasukkan nama dan nomor hp. Admin melakukan verifikasi user dan menambahkan whitelist untuk minting NFT. Setelah admin memverifikasi state isVerified akan berubah ketika eksekusi pada blockchain sudah berhasil. Kemudian user melakukan voting dan minting NFT sebagai bukti telah melakukan voting.




**Gambar 4** Diagram Alur Proses Vote

Voter melakukan minting NFT PolyVote sebagai bukti onchain telah mengikuti atau berhasil melakukan voting.




**Gambar 5** Menampilkan NFT di Opensea

## b. Source Code

```
event VoterRegistered(address voterAddress, string name, string phone);

// Request to be added as voter
function registerAsVoter(string memory _name, string memory _phone) public {
    Voter memory newVoter = Voter({
        voterAddress: msg.sender,
        name: _name,
        phone: _phone,
        hasVoted: false,
        isVerified: false,
        isRegistered: true
    });
    voterDetails[msg.sender] = newVoter;
    voters.push(msg.sender);
    voterCount += 1;
    emit VoterRegistered(
        newVoter.voterAddress,
        newVoter.name,
        newVoter.phone
    );
}
```

**Gambar 6** registerAsVoter smart contract election

Pada fungsi registerAsVoter membutuhkan nama dan nomor hp yang digunakan untuk mendaftar sebagai voter. Fungsi registerAsVoter dapat dipanggil oleh siapapun secara public maka dari itu pada frontend web untuk menjaga kerahasiaan data dilakukan enkripsi AES sebelum data dihashing pada blockchain. Kunci dari AES disimpan pada file env supaya lebih aman.

Function registerAsVoter():

encryptedName ← encryptData(this.state.voterName, this.state.secretKey)
encryptedPhone ← encryptData(this.state.voterPhone, this.state.secretKey)
await this.state.ElectionInstance.methods
.registerAsVoter(encryptedName, encryptedPhone)
.send({ from: this.state.account })
window.location.reload()

```
function safeMint(address to, string memory uri) public {
    require(
        isWhiteListed[msg.sender] == true,
        "User not authorized to mint"
    );
    require(
        _tokenIdCounter.current() <= maxSupply,
        "I'm sorry we reached the cap"
    );
    require(balanceOf(msg.sender) == 0, "Max mint per wallet reached");
    uint256 tokenId = _tokenIdCounter.current();
    _tokenIdCounter.increment();
    _safeMint(to, tokenId);
    _setTokenURI(tokenId, uri);
}
```

**Gambar 7** safeMint smart contract PolyVote

Fungsi safeMint merupakan fungsi untuk minting NFT sebagai bukti voter telah berhasil melakukan voting. Adapun base url untuk uri berupa json yaitu https://ipfs.filebase.io/ipfs/QmRGFGbufiNCoS1vv2x26jxzdjMkEZqkLBo8MSRYqQokfC.

## c. Hasil Pengujian dan Analisis

- Data Hasil Percobaan

**Tabel 3** Data Hasil Percobaan

| Percobaan 1 | | | |
|---|---|---|---|
| **User** | **Register** | **Vote** | **Mint NFT** |
| 1 | 0,000217 | 0,0000514 | - |
| 2 | 0,000217 | 0,0000771 | - |
| 3 | 0,000208 | 0,0000493 | - |
| 4 | 0,000172 | 0,0000608 | - |
| 5 | 0,000217 | 0,0000857 | - |
| **Rata-rata** | 0,000206 | 0,0000649 | - |
| **Percobaan 2** | | | |

| User | Register | Vote | Mint NFT |
|---|---|---|---|
| 1 | 0,000368 | 0,0001361 | 0,0006 |
| 2 | 0,000368 | 0,0001361 | - |
| 3 | 0,000368 | 0,0000934 | - |
| 4 | 0,000285 | 0,0000934 | - |
| 5 | 0,000367 | 0,0000934 | - |
| **Rata-rata** | 0,000351 | 0,0001105 | 0,0006 |
| **Percobaan 3** | | | |
| **User** | **Register** | **Vote** | **Mint NFT** |
| 1 | 0,000453 | 0,0001868 | 0,0006089 |
| 2 | 0,000368 | 0,0001868 | 0,0006159 |
| 3 | 0,000368 | 0,0001868 | - |
| 4 | 0,000368 | 0,0001440 | 0,0006159 |
| 5 | 0,000368 | 0,0001440 | 0,0006159 |
| **Rata-rata** | 0,000385 | 0,0001697 | 0,0006142 |

Pada tabel 3 hasil percobaan pada tiap smart contract yang dideploy ke jaringan Mumbai memiliki perbedaan gas fees bergantung pada kepadatan jaringan. Pada percobaan 3 gas fee lebih tinggi dibandingkan dengan percobaan 1 dan 2. Pada percobaan 1 smart contract NFT belum dibuat sehingga belum bisa melakukan minting NFT.

- Blackbox Testing

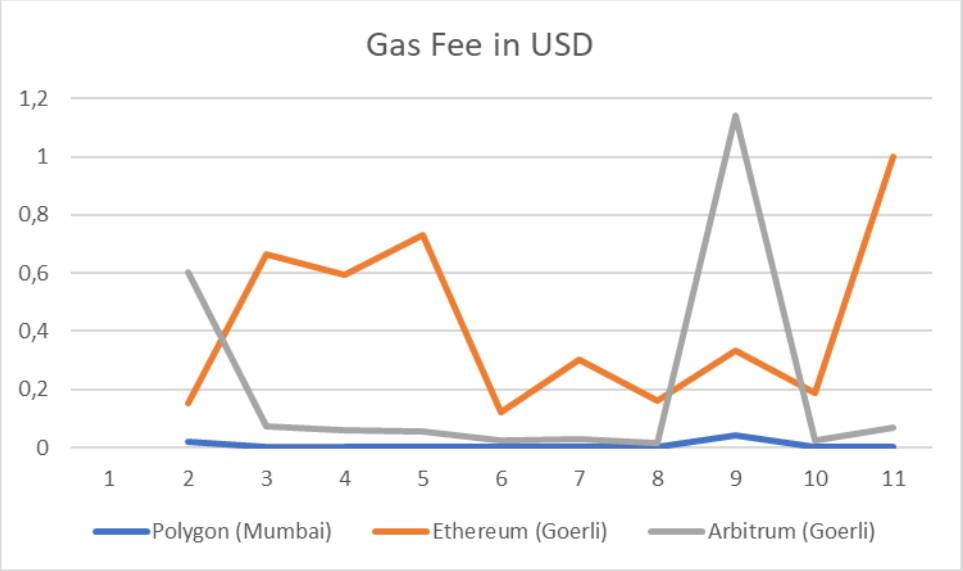
Pengujian E-Voting PolyVote menggunakan Blackbox Testing. Pengujian dilakukan oleh satu admin dan lima user masing-masing memiliki akun wallet metamask.

**Tabel 4** Rincian Gas Fee

| Chain / Method | Polygon (Mumbai) | Ethereum (Goerli) | Arbitrum (Goerli) |
|---|---|---|---|
| deploy Election | 0,0214949 | 0,1515123 | 0,6045704 |
| setElectionDetails | 0,0005113 | 0,6664796 | 0,0723502 |
| addCandidate | 0,0004502 | 0,5926288 | 0,0594824 |
| registerAsVoter | 0,0005577 | 0,7328807 | 0,0539799 |
| verifyVoter | 0,0000909 | 0,1195948 | 0,0227035 |
| vote | 0,0002298 | 0,3020722 | 0,0268229 |
| endElection | 0,0001248 | 0,1620083 | 0,0139086 |
| deploy PolyVote | 0,0436717 | 0,3353828 | 1,1428396 |
| addWhitelist | 0,0001429 | 0,1885908 | 0,0222837 |
| safeMint | 0,0007576 | 0,9995967 | 0,0698755 |
| **Total in IDR** | 1020,477 | 63761,205 | 31332,251 |

Tabel 4 merupakan rincian dari pengujian blackbox testing pada tiga jaringan blockchain. Pengujian dimulai dari deploy smart contract Election dan NFT PolyVote sampai endElection. Berdasarkan hasil pengujian biaya gass fee penggunaan blockchain jaringan Ethereum dan Arbitrum lebih mahal dari

penggunaan voting konvensional dengan biaya Rp 10.000 /hak pilih [14]. Berikut visualisasi grafik perbandingan rincian gas fee:




**Gambar 8** Grafik Perbandingan Biaya Transaksi

Tabel 5 merupakan address smart contract election dan polyvote yang digunakan untuk pengujian blackbox. Setiap smart contract memiliki address yang berbeda.

**Tabel 5** Link Smart Contract

| | Polygon | Ethereum | Arbitrum |
|---|---|---|---|
| **Election** | https://mumbai.polygonscan.com/address/0xba18ad38059d42f5ae95fbdc3e6d06ea52edb1ad | https://goerli.etherscan.io/address/0xd5ada74b6f61b5a2c50bb822f65df05c3da0778d | https://goerli.arbiscan.io/address/0x99558301594c67428e960051523fea543cd35d0b |
| **PolyVote** | https://mumbai.polygonscan.com/address/0x92809808c50b0d0b4976ac447b55277a5c844dd9 | https://goerli.etherscan.io/address/0x99558301594c67428e960051523fea543cd35d0b | https://goerli.arbiscan.io/address/0x433d42e7dca1dfa254d193823a58edd82c97b419 |

Pada Tabel 6 hasil pengujian blackbox sebagai user dapat disimpulkan valid. Setiap item transaksi yang diuji dapat dilihat pada history akun address user. Item kedua dengan method registerAsVoter, melakukan vote nama method vote dan minting NFT dengan method safeMint.

**Tabel 6** Hasil Pengujian BlackBox oleh User

| No | Item yang Diuji | Cara Pengujian | Hasil yang diharapkan | Kesimpulan |
|---|---|---|---|---|
| 1 | Connect wallet | Memasukkan password dan mengganti metamask ke jaringan Polygon Mumbai | User dapat melakukan connect wallet | Valid |
| 2 | Melakukan registrasi | Mengisi form registrasi | Registrasi terkirim ke jaringan blockchain | Valid |
| 3 | Melihat kandidat | Klik Navbar Voting | User dapat melihat kandidat yang ada | Valid |
| 4 | Melakukan vote | Klik vote pada salah satu kandidat | Voting berupa id terkirim | Valid |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 5 | Minting NFT | Klik button Mint NFT | User mendapatkan NFT setelah sukses voting | Valid |

Tabel 7 dibawah merupakan hasil pengujian blackbox sebagai admin sesi voting pada website PolyVote. Sama halnya dengan pengujian user setiap item transaksi dapat dilihat pada history akun address yang berinteraksi dengan smart contract.

**Tabel 7** Hasil Pengujian BlackBox oleh Admin

| No | Item yang Diuji | Cara Pengujian | Hasil yang diharapkan | Kesimpulan |
|---|---|---|---|---|
| 1 | Connect wallet | Memasukkan password dan mengganti metamask ke jaringan Polygon Mumbai | Admin dapat melakukan connect wallet | Valid |
| 2 | Memulai voting | Klik button start | Memulai sesi voting | Valid |
| 3 | Mengakhiri voting | Klik button end | Mengakhiri sesi voting menampilkan kandidat pemenang | Valid |
| 4 | Menambah kandidat | Klik button add setelah isi form kandidat | Menambah kandidat | Valid |
| 5 | Memverifikasi registrasi | Klik button verif pada setiap user yang register | Verifikasi user agar dapat memilih | Valid |

## D. Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan pada sistem E-Voting Menggunakan Smart Contract Pada Blockchain Polygon dapat disimpulkan bahwa perancangan sistem berhasil dibuat baik fungsi smart contract maupun interaksi web dengan smart contract. Voters terbukti berhasil melakukan voting dapat dilihat dengan addressnya terdapat NFT PolyVote. Selain itu dari segi biaya penggunaan smart contract pada blockchain polygon lebih murah. Gas fee tiap transaksi berbeda-beda tergantung dengan kepadatan jaringan polygon pada saat berinteraksi. Berdasarkan penelitian rata-rata biaya setiap voter mengikuti rangkaian voting yaitu 0,001036 MATIC.

## E. Ucapan Terima Kasih

Peneliti mengucapkan terimakasih kepada Institut Teknologi Telkom Purwokerto dan penulis pendamping yang telah membantu dalam penelitian ini.

## F. Referensi

[1] A. Fernandes, K. Garg, A. Agrawal, and A. Bhatia, "Decentralized Online Voting using Blockchain and Secret Contracts," *Int. Conf. Inf. Netw.*, vol. 2021-Janua, pp. 582–587, 2021, doi: 10.1109/ICOIN50884.2021.9333966.

[2] E. Kristini, "Bawaslu: KPU melakukan pelanggaran terkait quick count serta Situng," *BBC*, 2019. https://www.bbc.com/indonesia/indonesia-48290739 (accessed Oct. 10, 2022).

[3] E. Kristini, "Prabowo klaim kemenangan 54%, real count KPU menunjukkan 43,81%," *Bbc*, 2019. https://www.bbc.com/indonesia/indonesia-48262744 (accessed Oct. 10, 2022).

[4] M. Sitepu, "Lebih 550 Petugas Pemilu Meninggal: Penyakit Bawaan, Kelelahan, 'Politisasi,'" *Bbc.Com*, 2019. https://www.bbc.com/indonesia/indonesia-48226348 (accessed Oct. 10,

2022).
[5] cnnindonesia.com, "Ubah Hasil Pemilu, Komisioner KPU Evi Novida Ginting Dipecat," *Https://Www.Cnnindonesia.Com/*, 2020. https://www.cnnindonesia.com/nasional/20200318182406-32-484679/ubah-hasil-pemilu-komisioner-kpu-evi-novida-ginting-dipecat (accessed Oct. 10, 2022).
[6] T. Rosmasari, "KPU Papua Terbakar saat Rusuh, Dokumen Penetapan Caleg Hangus," *CNN*, 2019. https://www.cnnindonesia.com/nasional/20190830141122-20-426103/kpu-papua-terbakar-saat-rusuh-dokumen-penetapan-caleg-hangus (accessed Oct. 10, 2022).
[7] T. Rosmasari, "Hitung Ulang di Sumut, Suara Gerindra Malah Berkurang," *CNN*, 2019. https://www.cnnindonesia.com/nasional/20190824224623-32-424388/hitung-ulang-di-sumut-suara-gerindra-malah-berkurang (accessed Oct. 10, 2022).
[8] R. Hanifatunnisa and B. Rahardjo, "Blockchain based e-voting recording system design," *Proceeding of 2017 11th International Conference on Telecommunication Systems Services and Applications, TSSA 2017*, vol. 2018-Janua. pp. 1–6, 2018, doi: 10.1109/TSSA.2017.8272896.
[9] F. P. Hjalmarsson, G. K. Hreioarsson, M. Hamdaqa, and G. Hjalmtysson, "Blockchain-Based E-Voting System," *IEEE International Conference on Cloud Computing, CLOUD*, vol. 2018-July. pp. 983–986, 2018, doi: 10.1109/CLOUD.2018.00151.
[10] W. Zhang *et al.*, "A Privacy-Preserving Voting Protocol on Blockchain," *IEEE International Conference on Cloud Computing, CLOUD*, vol. 2018-July. pp. 401–408, 2018, doi: 10.1109/CLOUD.2018.00057.
[11] V. Buterin, "Ethereum Merge," 2022. https://ethereum.org/en/upgrades/merge/ (accessed Oct. 10, 2022).
[12] S. N. A. A. Jaynti Kanani, "Matic Whitepaper," *Academy Bit2me*, 2021. https://github.com/maticnetwork/whitepaper (accessed Oct. 10, 2022).
[13] D. Di Francesco Maesa and P. Mori, "Blockchain 3.0 applications survey," *J. Parallel Distrib. Comput.*, vol. 138, pp. 99–114, 2020, doi: 10.1016/j.jpdc.2019.12.019.
[14] P. P. K. D. LEBAKWANGI, "Laporan Pertanggungjawaban Pemilihan Kepala Desa Lebakwangi," 2019. [Online]. Available: https://www.lebakwangi.desa.id/desa/upload/dokumen/DOKUMEN-LAPORAN-P2KD.docx.