

# Implementasi Sistem E-Voting Berbasis Blockchain Menggunakan Teknologi Internet Computer Protocol (ICP)

Aditya Premana Putra<sup>a1</sup>, Ngurah Agus Sanjaya<sup>a2</sup>, I Gusti Agung Gede Arya Kadyanan<sup>a3</sup>

Program Studi Informatika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam,  
Universitas Udayana  
Jalan Raya Kampus Udayana, Bukit Jimbaran, Kuta Selatan, Badung, Bali, Indonesia  
<sup>1</sup>putra.2308561005@student.unud.ac.id  
<sup>2</sup>agus\_sanjaya@unud.ac.id  
<sup>3</sup>gungde@unud.ac.id

## Abstract

*This research develops and implements a blockchain E-voting system using the Internet Computer Protocol (ICP), addressing challenges in conventional voting such as data manipulation, security, and transparency. The study explores E-voting and blockchain technologies, particularly ICP, to enhance secure voting processes. The system leverages blockchain's decentralization, transparency, and immutability, ensuring transparent and permanent vote recording. Smartcontracts automate vote data recording and security within the blockchain. Initial testing demonstrates the system's stability, effective voter authentication, and accurate vote data reporting.*

**Keywords:** Blockchain, E-voting, Internet Computer Protocol, Digital Authentication, Decentralized Systems

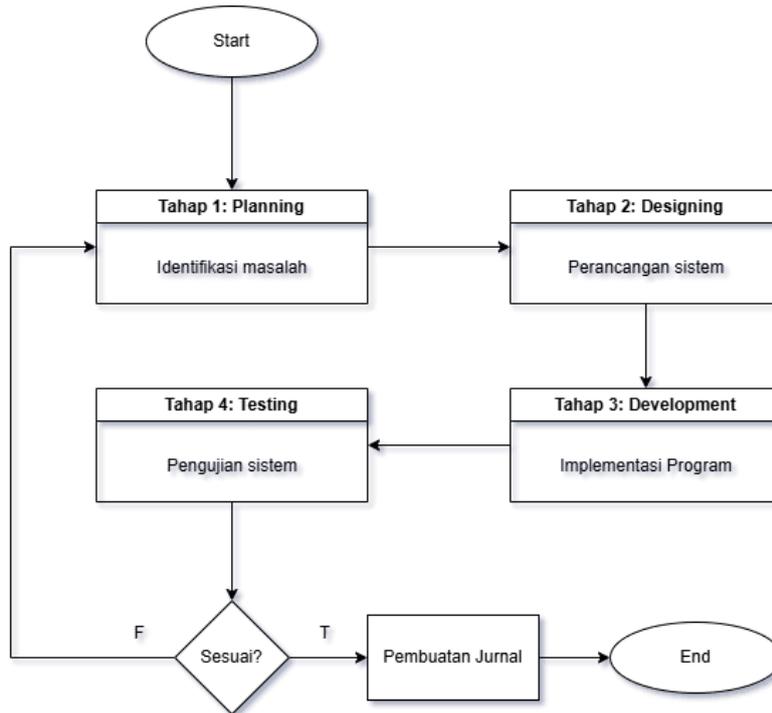
## 1. Pendahuluan

E-Voting atau elektronik voting merupakan sebuah system yang memungkinkan pemilih untuk memberikan suara mereka dalam pemilihan dan pemilu menggunakan teknologi elektronik seperti komputer, perangkat seluler atau perangkat elektronik lainnya. *E-voting* menjadi subjek penelitian yang signifikan dalam decade terakhir karena potensinya untuk meningkatkan efisiensi, akurasi, dan aksesibilitas proses pemilihan. Namun, implementasi *E-voting* konvensional masih menghadapi tantangan substansial terkait keamanan, transparansi, dan kepercayaan public. *E-voting* diperkenalkan pertamakali oleh David Shaumm pada awal tahun 1980. Sistem yang digunakan David yaitu *cryptographic key* yang membantu para *voter* untuk tetap tidak terdeteksi (Hu et al., 2019). *E-voting* digunakan untuk mengurangi resiko kecurangan pemilihan dan potensi kesalahan manusia saat melakukan pemilihan dengan menggunakan kertas suara atau alat pemilihan konvensional lainnya. Kekhawatiran utama meliputi manipulasi data, serangan siber, dan kesulitan dalam memverifikasi integritas hasil pemilihan tanpa mengorbankan kerahasiaan suara. Perkembangan teknologi di era revolusi industry 4.0 ditandai dengan perkembangan luar biasa Dimana kemampuan teknologi terus berkembang menjadi lebih hebat dan canggih karena hampir semua aktivitas dapat dijalankan atau di pantau melalui teknologi. Teknologi *blockchain* menawarkan solusi potensial untuk mengatasi permasalahan manipulasi data melalui karakteristik utamanya yaitu desentralisasi, transparansi, dan immutabilitas data. Dengan mengimplementasikan *blockchain* pada sistem *E-voting*, setiap suara dapat dicatat secara permanen dan transparan tanpa memungkinkan modifikasi yang tidak sah, sekaligus mempertahankan anonimitas pemilih. *Internet Computer Protocol* (ICP) merupakan inovasi terbaru dalam teknologi *blockchain* yang dikembangkan oleh *DFINITY foundation*. ICP menawarkan platform komputasi terdesentralisasi dengan kemampuan untuk menjalankan aplikasi web secara langsung dengan *blockchain*, menggabungkan kecepatan dan skalabilitas komputasi awan dengan keamanan dan transparansi *blockchain* tradisional. ICP juga merupakan jaringan "*World Computer*" pertama di dunia yang Dimana jaringan ini terdiri dari beberapa

instans *blockchain* yang disebut subnet. Setiap subnet adalah sekumpulan node terdesentralisasi yang menjalankan algoritma consensus jaringan diantara mereka sendiri. Mereka membangun rantai blok mereka sendiri dan menjalankan *Smart Contract*. Karakteristik ini menjadikan ICP sangat sesuai dengan implementasi *E-voting* yang memerlukan pemrosesan cepat, keamanan tinggi, dan transparansi yang dapat di verifikasi.

## 2. Metode Penelitian

Metode yang dilakukan dalam penelitian ini tertera seperti pada gambar flowchart atau alur penelitian sebagai berikut:



Gambar 1. Flowchart Alur Penelitian

### 2.1. Planing

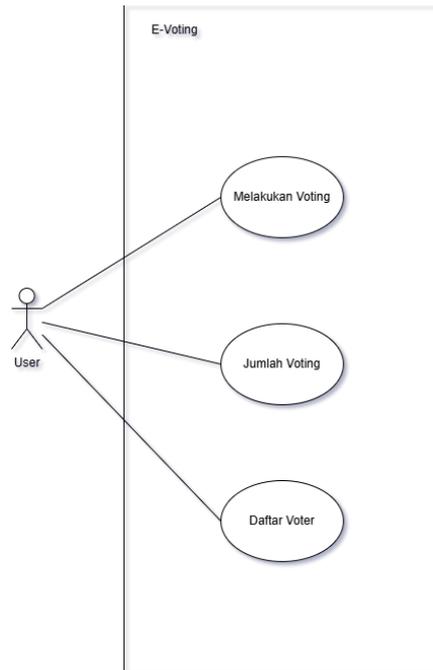
Tahap awal yang akan dilakukan dalam pembuatan sistem ini adalah tahap *planing*. Pada tahap ini dilakukan perencanaan awal apa saja yang akan dibutuhkan untuk membuat sistem ini. Pada tahap ini akan dilakukan kajian literatur mengenai teknologi *E-voting* dan *blockchain*, khususnya *Internet Computer Protocol (ICP)* sebagai solusi untuk mengatasi permasalahan manipulasi data dan keamanan dalam proses pemungutan suara.

### 2.2. Designing

Tahap perencanaan ini berfokus pada desain arsitektur *E-voting* berbasis blockchain ICP yang memanfaatkan karakteristik desentralisasi, transparansi, dan immuntabilitas data. Pada tahap ini, akan dilakukan perancangan struktur sistem yang terdiri dari beberapa komponen utama seperti antarmuka user untuk pemilih, sistem pemilihan yang aman, dan mekanisme pemungutan suara yang menjaga anonimitas pemilih, dan mekanisme hasil pemilihan yang transparan.

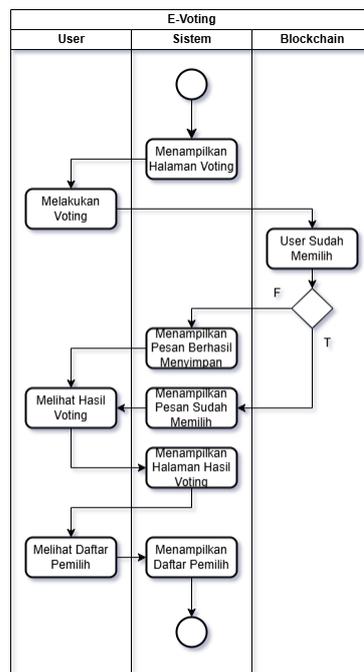
#### a. Use Case Diagram

Dasi gambar 2 yaitu use case ini terlihat ada satu actor yakni user yang bisa melakukan voting, melihat status namanya apakah namanya sudah melakukan voting atau belum, dan melihat jumlah voting saat ini untuk menjaga transparansi dan manipulasi data.



**Gambar 2.** Use Case Sistem

**b. Activity Diagram**



**Gambar 3.** Alur Penggunaan Sistem

Gambar 3 merupakan *Activity* diagram dari proses *E-voting*. Berdasarkan diagram ini, proses *E-voting* dimulai dengan sistem yang menampilkan halaman voting yang dimana *user* akan mengisi nama mereka sebelum melakukan voting. Setelah mengisi nama, *user* akan memilih salah satu kandidat yang sudah tersedia. *User* dengan nama yang sama tidak akan bisa lagi melakukan voting jika sudah melakukan voting. *User* juga dapat melihat jumlah suara hasil voting dari masing-masing kandidat dan total voting keseluruhan juga.

Kemudian *user* juga dapat melihat daftar *voter* dan kandidat pilihannya untuk menjaga transparansi dan mencegah manipulasi.

### 2.3. Development

Pada tahap ini akan dilakukan development program dengan coding, semua tahapan sebelumnya akan di implementasikan ke dalam pemrograman. Tahap ini juga akan di lakukan sesuai dengan fungsional dan alur yang sudah di ditetapkan sebelumnya.

### 2.4. Testing

Pada tahap *testing* akan berfokus pada pengujian setiap fitur yang sudah di rancang pada tahap-tahap sebelumnya. Pengujian ini dilakukan untuk mengatasi adanya eror saat menggunakan sistem dan memberi kenyamanan untuk *user* dalam menggunakannya.

## 3. Hasil dan Diskusi

### 3.1. Implementasi Program

Dalam implementasi program, dibuat *smartcontract* menggunakan bahasa motoko. Motoko adalah bahasa pemrograman yang dikembangkan khusus untuk platform *Internet Computer Protocol* (ICP) yang dirancang untuk memungkinkan pengembangan *decentralize apps* (dApps) yang berjalan di atas blockchain, dengan kemampuan untuk menjalankan kode di berbagai subnet jaringan. Dalam program ini, data terkait suara, pemilih, dan hasil voting, akan secara otomatis terintegrasi dan dipertahankan di dalam *blockchain* melalui eksekusi *smartcontract* oleh ICP itu sendiri. Jadi walaupun tidak ada perintah eksplisit yang menyebutkan “simpan ke blockchain”, semua data dan perubahan yang terjadi dalam setiap fungsi akan di catat dan di simpan di state *blockchain* ICP secara otomatis. Dalam keseluruhan program sistem ini terdapat beberapa fungsi inti yang membuat setiap fitur berjalan sebagai berikut.

#### a. Daftar Kandidat

```
var candidates: [Candidate] = ["Adit", "Manik",  
"Yudi"];  
var votes: [Nat] = [0, 0, 0];  
private stable var voters: [Voter] = [];  
private stable var blockchain: [Block] = [];  
private stable var voteCounter: Nat = 0;  
  
func hasVoted(voterName: Text): Bool {  
  for (voter in voters.vals()) {  
    if (Text.equal(voter.name, voterName)) {  
      return true;  
    }  
  };  
  return false;  
};  
  
func hasAddressVoted(address: Principal): Bool {  
  for (voter in voters.vals()) {  
    if (Principal.equal(voter.address, address)) {  
      return true;  
    }  
  };  
  return false;  
};
```

**Gambar 4.** Definisi Variabel dan Pengecekan

Pada Bagian ini, dilakukan pendefinisian tipe data dan variabel yang akan digunakan untuk mendukung proses *E-voting*. Selanjutnya dilakukan pengecekan pada fungsi *hasVoted*

dan *hasAddressoted*. Fungsi ini digunakan untuk memeriksa apakah nama dan *address user* sudah melakukan voting atau belum.

## b. Generate Hash dan Create Block

```
func generateHash(input: Text): Text {
  "hash_" # input # "_" # debug_show(Time.now())
};

func generateTxHash(voteId: Nat, address: Principal): Text {
  "tx_" # debug_show(voteId) # "_" # debug_show(address) # "_" #
  debug_show(Time.now())
};

func createBlock(voteRecords: [VoteRecord]): Block {
  let blockIndex = blockchain.size();
  let previousHash = if (blockIndex == 0) {
    "genesis"
  } else {
    blockchain[blockIndex - 1].hash
  };
  let blockData = debug_show(blockIndex) # debug_show(Time.now()) # previousHash;
  let blockHash = generateHash(blockData);
  let merkleRoot = generateHash("merkle_" # debug_show(voteRecords.size()));
  {
    index = blockIndex;
    timestamp = Time.now();
    previousHash = previousHash;
    hash = blockHash;
    votes = voteRecords;
    merkleRoot = merkleRoot;
  }
};
```

Gambar 5. Generate Hash dan Buat Block

Fungsi ini adalah fungsi *generate* yang digunakan untuk membuat hash dan TX hash yang digunakan sebagai penanda block. Kemudian setelah dilakukan *generate* hash dan TX hash, *block* akan di buat dengan konfigurasi data dan hash yang sudah di buat sebelumnya.

## c. Mengambil Data

```
public query func getCandidates(): async [Candidate] {
  return candidates;
};

public query func getVotes(): async [Nat] {
  return votes;
};

public query func getTotalVotes(): async Nat {
  var total: Nat = 0;
  for (vote in votes.vals()) {
    total += vote;
  };
  return total;
};

public query func getResults(): async [{ candidate: Text; voteCount: Nat }] {
  let results = Array.tabulate<{ candidate: Text; voteCount: Nat }>(
    candidates.size(),
    func(i) {
      return { candidate = candidates[i]; voteCount = votes[i] };
    },
  );
  return results;
};

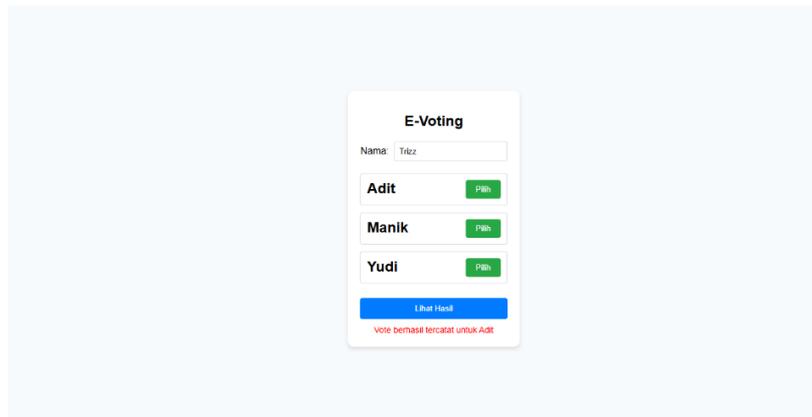
public query func getVoters(): async [{ name: Text; votedFor: Text; address: Text; timestamp: Int }] {
  return Array.map<Voter, { name: Text; votedFor: Text; address: Text; timestamp: Int }>(
    voters,
    func(voter) {
      return {
        name = voter.name;
        votedFor = candidates[voter.votedFor];
        address = Principal.toText(voter.address);
        timestamp = voter.timestamp;
      };
    },
  );
};
```

Gambar 6. Fungsi Mengambil Data

Pada bagian ini terdapat beberapa fungsi yang digunakan untuk mengambil data seperti data kandidat yang ada, data pemilih, data total suara setiap kandidat, data total suara keseluruhan, hingga data pemilih dan kandidat yang dipilih.

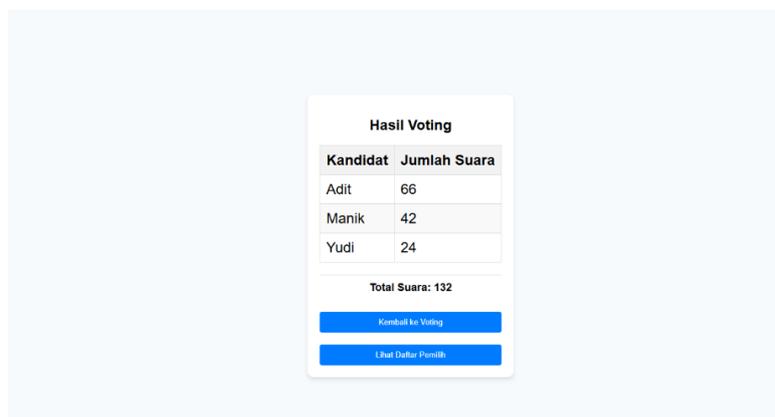
### 3.2. Implementasi Sistem

Gambar 8 merupakan halaman *voting*, pada halaman ini terdapat nama setiap kandidat yang akan di pilih oleh *user*. *User* pertama akan mengisi nama mereka dan melakukan pemilihan, jika nama mereka belum ada dalam blockchain, maka sistem akan memberikan notifikasi *vote* berhasil.



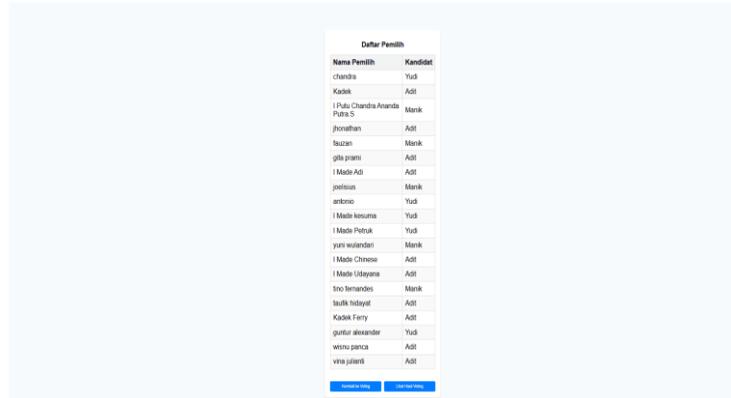
**Gambar 7.** Halaman Voting

Pada gambar 9 menunjukkan halaman hasil voting atau halaman yang berisi jumlah suara setiap kandidat dan total suara keseluruhan. dengan ini user dapat melihat jumlah suara setiap kandidat secara *realtime* dan dapat mengetahui jika ada kecurangan dari total jumlah suara keseluruhan.



**Gambar 8.** Halaman Hasil Voting

Pada halaman hasil *voting*, *user* dapat menuju ke halaman daftar pemilih. Guna menjaga transparansi pemilihan, *user* dapat melihat daftar pemilih dan juga kandidat yang mereka pilih secara *realtime*.



**Gambar 9.** Halaman Daftar Pemilih dan Kandidatnya

### 3.3. Pengujian

#### a. Data Pengujian

Pengujian sistem menggunakan metode blackbox testing dengan melakukan pengujian fungsional setiap fitur. Pada pengujian ini dilakukan pengecekan secara menyeluruh untuk setiap fitur yang ada apakah terjadi eror pada sistem, mengecek input maupun output yang di tampilkan apakah sudah sesuai dan berjalan dengan baik, tanpa mengetahui kode yang berjalan di dalamnya. Dalam tes voting, terdapat 132 data suara user seperti yang tertera pada gambar 9, jumlah data pengujian voting sebagai berikut.

**Tabel 1.** Data Pengujian

Kandidat	Jumlah Suara
Adit	66 Suara
Manik	42 Suara
Yudi	24 Suara
Total Suara Keseluruhan	132 Suara

#### b. Pencatatan Blockchain

Pengujian blockchain dimulai dengan input data suara, apakah input suara sudah benar tercatat pada blockchain dengan TX hash sebagai penanda block.

```
> vote(1, "Adit")

("Vote berhasil tercatat untuk Manik | Block: 0 |
TX: tx_0_vt46d-j7777-77774-qaagq-
cai_+1_753_061_707_482_972_485")
```

**Gambar 10.** Pencatatan Suara

Seperti yang bisa dilihat pada gambar 8, suara sudah berhasil tercatat dengan TX hash tx\_0\_vt46d-j7777-77774-qaagq-cai\_+1\_753\_061\_707\_482\_972\_485 sebagai penanda block 0.

```
> verifyBlockchainIntegrity()  
  
(record {totalBlocks=1; message="Blockchain valid  
dengan 1 block"; invalidBlocks=vec {};  
isValid=true})
```

**Gambar 11.** Verify Pencatatan

Setelah terkonfirmasi bahwa block sudah tercatat, dilakukan verify apakah blockchainnya benar-benar tersimpan dan valid. Seperti yang bisa dilihat pada gambar 9, bahwa block yang tercatat sudah benar-benar tersimpan dan valid.

```
> getBlockchainStats()  
  
(record {averageVotesPerBlock=1;  
firstVoteTime=opt 1753061707482972485;  
totalVotes=1; totalBlocks=1; lastVoteTime=opt  
1753061707482972485; candidateStats=vec {record  
{votes=0; candidate="Adit"; percentage=0}; record  
{votes=1; candidate="Manik"; percentage=100};  
record {votes=0; candidate="Yudi";  
percentage=0}}; totalUniqueVoters=1})
```

**Gambar 12.** Blockchain Status

Dilakukan juga pengecekan terhadap blockchain status, apakah blockchain aman dan pencatatan berjalan normal tanpa kendala. Seperti yang terlihat pada gambar 10, terpantau tidak ada kesalahan yang terjadi pada konfigurasi blockchainnya.

```
> getAllBlocks()  
  
(vec {record {totalVotes=1; block=record  
{votes=vec {record {id=0;  
transactionHash="tx_0_vt46d-j7777-77774-qaagq-  
cai_+1_753_061_707_482_972_485";  
voterName="Adit"; voterAddress=principal  
"vt46d-j7777-77774-qaagq-cai";  
timestamp=1753061707482972485;  
candidateName="Manik"; candidateIndex=1}}};  
hash="hash_0+1_753_061_707_482_972_485genesis_+  
1_753_061_707_482_972_485";  
merkleRoot="hash_merkle_1_+1_753_061_707_482_97  
2_485"; timestamp=1753061707482972485; index=0;  
previousHash="genesis"; isValid=true}})
```

**Gambar 13.** Data Blockchain

Setelah semua alur di cek, selanjutnya dilakukan pengecekan terhadap isi data di dalam block, apakah semua data dalam block sudah benar tanpa adanya kesalahan data. Seperti yang terlihat pada gambar 11, semua data yang di input hingga address dan hash penanda block sudah dengan hash

“hash\_0+1\_753\_061\_707\_482\_972\_485genesis\_+1\_753\_061\_707\_482\_972\_485”  
 dan address canister “vt46d-j7777-77774-qaagq-cai”.

**c. Hasil Pengujian**

Setelah melakukan testing keseluruhan fitur yang terdapat pada sistem e-voting, didapat hasil blackbox testing yang tertera pada tabel 2 dan 3 sebagai berikut.

**Tabel 2.** Pengecekan Pencatatan

Pengecekan	Hasil
Input suara berhasil tercatat	Berhasil
Block yang terbentuk sudah tervalidasi	Berhasil
Blockchain memiliki status yang baik tanpa adanya eror dan bug	Berhasil
Data yang tercatat dalam blockchain sudah sesuai dengan data yang di input user serta hash dan address sesuai	Berhasil

**Tabel 3.** Black Box Testing

No	Skenario	Testing Case	Harapan	Hasil
1	Melakukan Voting	Melakukan voting dengan nama yang sama	Tidak dapat melakukan voting dengan nama yang sama	Berhasil
2	Melakukan Voting	Melakukan voting dengan nama yang berbeda sebanyak data pengujian	Dapat melakukan voting dan sistem tetap stabil dalam menyimpan dan menampilkan data voting	Berhasil
3	Melihat Hasil Voting	Melihat hasil voting yang baru saja di input	Data yang di input tercatat di blockchain dan di tampilkan dalam tabel hasil suara	Berhasil
4	Melihat Daftar Pemilih	Melihat daftar nama pemilih beserta kandidatnya setelah melakukan input	Data tersimpan di blockchain dan di tampilkan pada tabel daftar pemilih	Berhasil

**4. Kesimpulan**

Adapun kesimpulan dari project ini yaitu:

- a. Dalam penelitian ini berhasil mengembangkan sistem *E-voting* berbasis *blockchain* menggunakan *protocol* ICP yang mampu mengatasi masalah keamanan, transparansi, an integritas data dalam proses *E-voting*.
- b. Pengujian awal terhadap sistem menunjukan bahwa mekanisme pemilihan dan integritas data suara berjalan dengan baik, serta sistem dapat menjaga transparansi dan menghindari manipulasi dalam proses pemilihan, yang membuka potensi untuk penerapan skala besar dengan pengembangan lebih lanjut pada skalabilitas dan optimisasi konsensus

## Daftar Pustaka

- [1] A. Ilahi, D. Kurniadi, D. Novaliendry, dan T. Sriwahyuni, "Implementasi Teknologi Blockchain Pada Aplikasi E-Voting Berbasis WEB," *Jurnal Pendidikan Tambusai*, vol. 8, no. 2, pp. 28924–28938, 2024.
- [2] G. P. Putra, "Implementasi Smart Contract pada E-Voting dengan Metode Peer-to-Peer Blockchain Ethereum," *Jurnal PROSISKO*, vol. 12, no. 1, pp. 118–125, Maret 2025.
- [3] G. L. Saroinsong, A. Sambul, dan S. R. U. A. Sompie, "Implementation of Blockchain Technology in E-Voting Systems," *Jurnal Teknik Informatika*, vol. 20, no. 1, pp. 11–18, Februari 2025.
- [4] H. Wijayanto dan P. M. Waliyullah, "Website-Based Certificate Verification Application Using Blockchain," *Jurnal InFact Sains dan Komputer*, vol. 8, no. 2, pp. 35–42, Juli 2024, doi: <https://doi.org/10.61179/jurnalinfact.v8i02.586>.
- [5] H. Wijayanto dan P. M. Waliyullah, "Aplikasi Verifikasi Sertifikat Berbasis Website Menggunakan Blockchain," *Jurnal InFact Sains dan Komputer*, vol. 8, no. 2, pp. 35–42, Juli 2024, doi: <https://doi.org/10.61179/jurnalinfact.v8i02.586>.
- [6] Liu, C. H., Lin, Q., & Wen, S. (2019). Blockchain-Enabled Data Collection and Sharing for Industrial IoT with Deep Reinforcement Learning. *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, 15(6), 3516-3526. <https://doi.org/10.1109/TII.2018.2890203>
- [7] Meth, M. (2019). Blockchain in Libraries. ALA TechSource.
- [8] Popper, N., & Lohr, S. (2017, March 4). Blockchain: A better way to TRACK pork chops, Bonds, BAD peanut butter? *The New York Times*. Retrieved September 29, 2021, from <https://www.nytimes.com/2017/03/04/business/dealbook/blockchain-ibm-bitcoin.html>.
- [9] Rosenthal, D. (2018, 10 Desember). Blockchain: What's Not to Like? Diakses pada 11 Desember 2020 dari <https://blog.dshr.org/2018/12/blockchain-whats-not-to-like.html>
- [10] Nakamoto, S. (2008). Bitcoin: A peer-to-peer electronic cash system. <https://www.bitcoin.org/bitcoin.pdf>