

EASEVOTE : APLIKASI SISTEM UNDIAN MENGGUNAKAN TEKNOLOGI BLOKCHAIN

IZZ HAIMAN ABQARI BIN NASLI
ASSOC. PROF. TS. DR. RAVIE CHANDREN MUNIYANDI

*Fakulti Teknologi & Sains Maklumat, Universiti Kebangsaan Malaysia, 43600 Bangi,
Selangor Darul Ehsan, Malaysia*

ABSTRAK

EaseVote ialah sebuah aplikasi pengundian digital berasaskan teknologi blockchain yang dibangunkan khusus untuk kegunaan pelajar institusi pengajian tinggi. Aplikasi ini bertujuan menyediakan satu platform pengundian yang lebih telus, selamat dan mesra pengguna berbanding kaedah pengundian tradisional yang lazimnya terdedah kepada risiko manipulasi, kelewatan pengiraan undi serta kekurangan sistem semakan sah bagi pengundi. Antara ciri utama aplikasi ini termasuk paparan senarai calon secara langsung daripada kontrak pintar, fungsi undian sekali sahaja untuk setiap pengguna, semakan status undian dan keputusan pengundian secara masa nyata. Projek ini dibangunkan menggunakan teknologi Flutter untuk antaramuka pengguna, Web3dart untuk komunikasi aplikasi dengan rangkaian blockchain, serta Solidity bagi pembangunan kontrak pintar yang dideploy ke rangkaian Ethereum melalui Ganache. Maklumat pengguna pula disimpan secara tempatan menggunakan kaedah SharedPreferences. Kaedah pembangunan yang digunakan ialah model Incremental, yang membolehkan pembangunan dilakukan secara berperingkat dan terancang. Bagi tujuan pengujian, kaedah kotak hitam (black box testing) digunakan bagi memastikan fungsi aplikasi berjalan seperti yang ditetapkan dari sudut pengguna akhir. Hasil projek menunjukkan bahawa EaseVote berjaya dibangunkan dengan fungsi sistem yang lengkap serta menerima maklum balas positif daripada pengguna dari segi kebolehgunaan, reka bentuk antara muka dan kepercayaan terhadap ketelusan proses undian. EaseVote membuktikan potensi teknologi blockchain dalam memperkasakan sistem pengundian digital yang lebih moden, adil dan selamat.

PENGENALAN

Pengundian merupakan satu mekanisme penting dalam menyatakan kehendak dan pendirian masyarakat terhadap sesuatu perkara, khususnya dalam proses pilihan raya. Dalam konteks institusi pengajian tinggi, proses pengundian memainkan peranan signifikan dalam pemilihan wakil pelajar yang berfungsi sebagai suara kepada komuniti mahasiswa. Namun, pelaksanaan sistem pengundian di universiti sering berhadapan dengan pelbagai cabaran termasuk isu kurangnya penglibatan pengundi, keraguan terhadap kebolehpercayaan sistem, serta kekangan dari segi ketelusan dan integriti proses pengundian.

Kaedah pengundian tradisional seperti pengundian berasaskan kertas atau sistem elektronik berpusat sering kali dikritik kerana kurangnya keterbukaan dan keupayaan untuk menjamin keabsahan keputusan pilihan raya. Dalam menghadapi cabaran ini, pelaksanaan sistem pengundian dalam talian telah mula diperkenalkan sebagai langkah transformasi yang progresif. Evolusi daripada sistem kad tebuk kepada sistem pengundian berkomputer (Salman et al., 2021) memperlihatkan usaha berterusan untuk mendigitalkan proses demokrasi di universiti. Sistem pengundian dalam talian memberikan kelebihan dari segi capaian yang lebih mudah, kemudahan mengundi dari pelbagai lokasi, serta peningkatan kadar penyertaan pengundi.

Dalam usaha memperkukuh integriti proses pengundian, penggunaan teknologi blockchain dan algoritma kriptografi mula diberi perhatian (Raja Sree & Mary Shamala, 2023). Teknologi ini bukan sahaja menawarkan jaminan keselamatan, malah berupaya meningkatkan ketelusan dan kebolehpercayaan sistem. Blockchain yang bersifat desentralisasi dan tidak boleh diubah (Balti et al., 2023), membolehkan setiap undi direkodkan secara kekal, dilindungi daripada manipulasi, serta boleh dijejaki pada bila-bila masa. Teknologi ini juga membolehkan keputusan pilihan raya dipaparkan secara terbuka dan telus kepada semua pihak yang berkepentingan.

Selain itu, kontrak pintar yang dibangunkan melalui bahasa pengaturcaraan khusus seperti Solidity, membolehkan pelbagai proses penting dalam sistem pengundian seperti pendaftaran pengundi, pengundian dan penjanaan keputusan dilaksanakan secara automatik tanpa campur tangan pihak ketiga (Gupta, 2021). Pendekatan ini bukan sahaja meningkatkan kecekapan sistem, tetapi juga mengekalkan kebebasan dan keadilan dalam proses pemilihan.

Oleh itu, pelaksanaan sistem pengundian berasaskan teknologi blockchain di institusi pengajian tinggi merupakan satu usaha strategik dalam memperbaharui sistem demokrasi kampus. Inisiatif ini dilihat mampu mengatasi kelemahan sistem sedia ada, di samping memupuk kepercayaan serta meningkatkan penyertaan dalam kalangan mahasiswa terhadap proses pilihan raya universiti.

METODOLOGI KAJIAN

Metodologi yang digunakan dalam pembangunan projek ini adalah berasaskan Model Pembangunan Incremental, iaitu salah satu model proses perisian yang membolehkan pembangunan sistem dilakukan secara berperingkat mengikut modul. Model ini dipilih kerana ia menyediakan struktur yang fleksibel dan membolehkan pembangunan sistem yang kompleks seperti pengundian berasaskan blockchain dilaksanakan secara sistematik dan terkawal. Dalam konteks projek ini, pendekatan incremental amat bersesuaian kerana ia membolehkan setiap komponen diuji secara individu sebelum diintegrasikan ke dalam sistem penuh.

Fasa Analisis Keperluan

Proses pembangunan dimulakan dengan pengumpulan dan analisis keperluan sistem. Dalam fasa ini, kajian literatur dijalankan bagi memahami sistem pengundian sedia ada di institusi pengajian tinggi, serta mengenal pasti masalah-masalah utama seperti kekurangan ketelusan, kebolehpercayaan sistem yang rendah, dan kurangnya penglibatan pelajar. Selain itu, beberapa kajian turut dijalankan terhadap teknologi blockchain dan penggunaannya dalam sistem pengundian moden. Hasil daripada analisis ini telah membentuk asas kepada keperluan fungsian dan bukan fungsian sistem seperti keperluan untuk sekuriti, kebolehcapaian, dan antara muka mesra pengguna.

Fasa Reka Bentuk Sistem

Setelah keperluan sistem dikenal pasti, proses reka bentuk sistem dan antara muka pengguna (UI) dilaksanakan. Reka bentuk UI dikembangkan menggunakan Flutter yang menawarkan kelebihan dalam membina aplikasi mudah alih silang platform (cross-platform) dengan pengalaman pengguna yang lancar. Antara reka bentuk yang dihasilkan termasuklah skrin utama, paparan senarai calon, butang undi sekali sahaja, serta paparan status dan statistik undi.

Tema warna emas dan maroon dipilih untuk mencerminkan profesionalisme dan identiti elegan aplikasi EaseVote.

Dalam masa yang sama, reka bentuk struktur kontrak pintar turut dilaksanakan menggunakan bahasa Solidity. Kontrak pintar ini merangkumi fungsi utama seperti `vote()`, `getCandidates()`, `totalCandidates()` dan pemetaan undian pengguna. Reka bentuk ini penting bagi menjamin keutuhan sistem, memastikan hanya satu undi boleh dihantar bagi setiap pengguna serta menyimpan undian dengan selamat dan tidak boleh diubah.

Fasa Pembangunan

Fasa ini melibatkan pembangunan aplikasi secara berperingkat mengikut model incremental. Antaramuka pengguna dibangunkan menggunakan Flutter manakala sambungan ke rangkaian blockchain dilakukan melalui `web3dart`, iaitu perpustakaan Dart untuk komunikasi dengan Ethereum. Pangkalan data pengguna seperti emel dan private key disimpan secara tempatan menggunakan `SharedPreferences` bagi memastikan keselamatan data pengguna.

Kontrak pintar yang dibangunkan di Remix IDE kemudian disebar (deploy) ke dalam rangkaian Ethereum tempatan menggunakan Ganache, yang menyediakan persekitaran blockchain tiruan untuk ujian dan simulasi transaksi. Setiap modul seperti pendaftaran pengguna, pemaparan calon, proses undi dan semakan keputusan dikembangkan dalam fasa berasingan dan diuji sebelum digabungkan ke dalam sistem lengkap.

Fasa Pengujian

Proses pengujian sistem dilakukan menggunakan kaedah Black Box Testing, di mana setiap fungsi aplikasi diuji dari sudut output berdasarkan input tanpa menyentuh struktur dalaman kod. Ujian ini penting bagi memastikan fungsi utama sistem berjalan seperti yang diharapkan. Antara fungsi yang diuji termasuk log masuk, pendaftaran, proses undian, serta paparan keputusan. Hasil daripada ujian ini mendapati semua fungsi dapat dilaksanakan dengan lancar tanpa sebarang ralat kritikal.

Selain itu, pengujian juga dijalankan dari sudut pengalaman pengguna (UX) untuk menilai reka bentuk antara muka, kemudahan navigasi dan kejelasan maklumat dalam aplikasi. Maklum balas awal daripada pengguna menunjukkan reaksi positif terhadap susun atur aplikasi yang kemas dan fungsi undian yang mudah difahami serta diyakini dari sudut keselamatan.

Data yang diterima daripada penilaian kebolehgunaan dianalisis melalui skor min yang diinterpretasi berdasarkan skala Likert empat mata yang diadaptasi daripada Mohd Asri et al. (2016). Jadual 1 menunjukkan Interpretasi Skala Skor Min.

Jadual 1 Interpretasi skor min

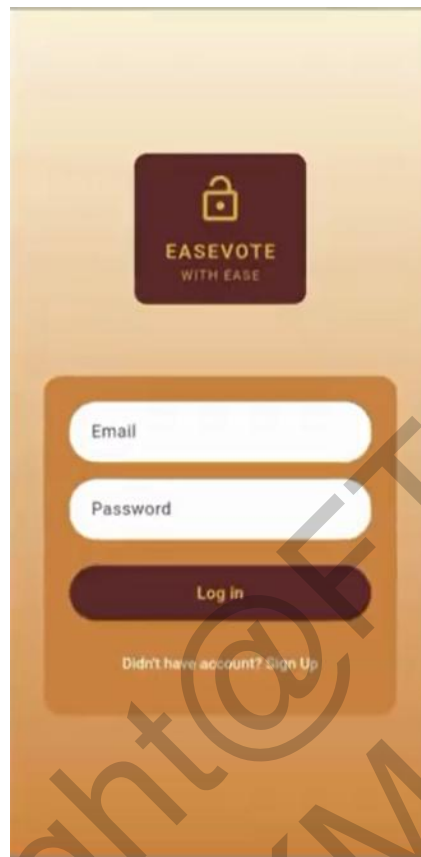
Skor Min	Interpretasi
1.00 – 1.50	Kurang kaitan
1.51 – 2.50	Rendah
2.51 – 3.50	Sederhana
3.51 – 4.00	Tinggi

Proses ini bukan sahaja memberikan gambaran menyeluruh tentang sejauh mana aplikasi ini memenuhi keperluan pengguna, tetapi juga membantu mengenal pasti kekurangan atau kekeliruan yang dihadapi semasa penggunaan. Berdasarkan analisis data yang diperoleh, penambahbaikan akan dibuat terhadap aplikasi, dan sekiranya perlu, ujian tambahan akan dijalankan untuk memastikan perubahan yang dilaksanakan benar-benar meningkatkan keberkesanan serta pengalaman pengguna dalam menggunakan *EaseVote*.

KEPUTUSAN DAN PERBINCANGAN

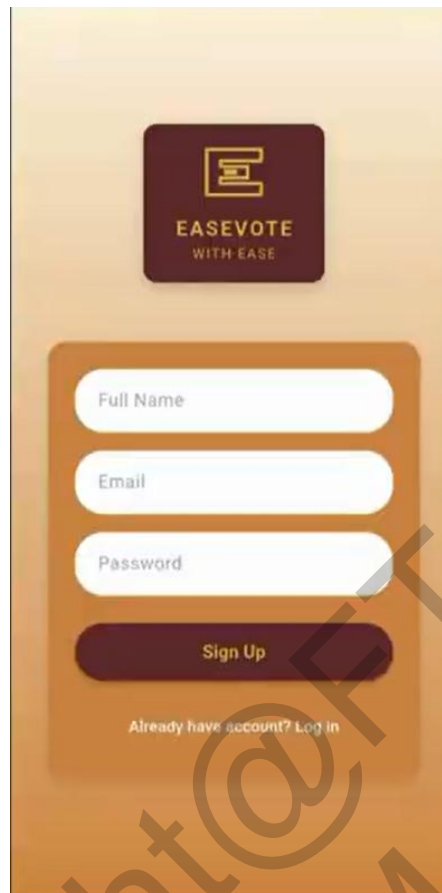
Aplikasi pengundian digital *EaseVote* berasaskan teknologi blockchain ini telah berjaya dibangunkan sepenuhnya dan semua dokumentasi serta modul sistem telah disiapkan dengan lengkap. Aplikasi ini dibina menggunakan Flutter sebagai rangka kerja utama untuk antara muka pengguna, manakala Web3dart digunakan untuk menghubungkan aplikasi dengan rangkaian blockchain Ethereum yang dijana melalui Ganache. Bagi pembangunan kontrak pintar, bahasa pengaturcaraan Solidity digunakan dan kod telah disebar ke rangkaian blockchain untuk memastikan proses undian dikendalikan secara telus, selamat dan tidak boleh diubah.

Apabila pengguna pertama kali membuka aplikasi *EaseVote*, mereka akan disambut dengan halaman log masuk.. Halaman log masuk membolehkan pengguna yang telah mendaftar untuk mengakses sistem pengundian *EaseVote*. Pengguna perlu memasukkan emel dan kata laluan. Jika sah, sistem akan mengambil private key berdasarkan emel dan menyambungkan pengguna ke rangkaian blockchain. Sekiranya maklumat tidak tepat, mesej ralat akan dipaparkan. Halaman ini juga menyediakan pautan ke halaman pendaftaran untuk pengguna baharu. Rajah 1 menunjukkan halaman log masuk aplikasi *EaseVote*.



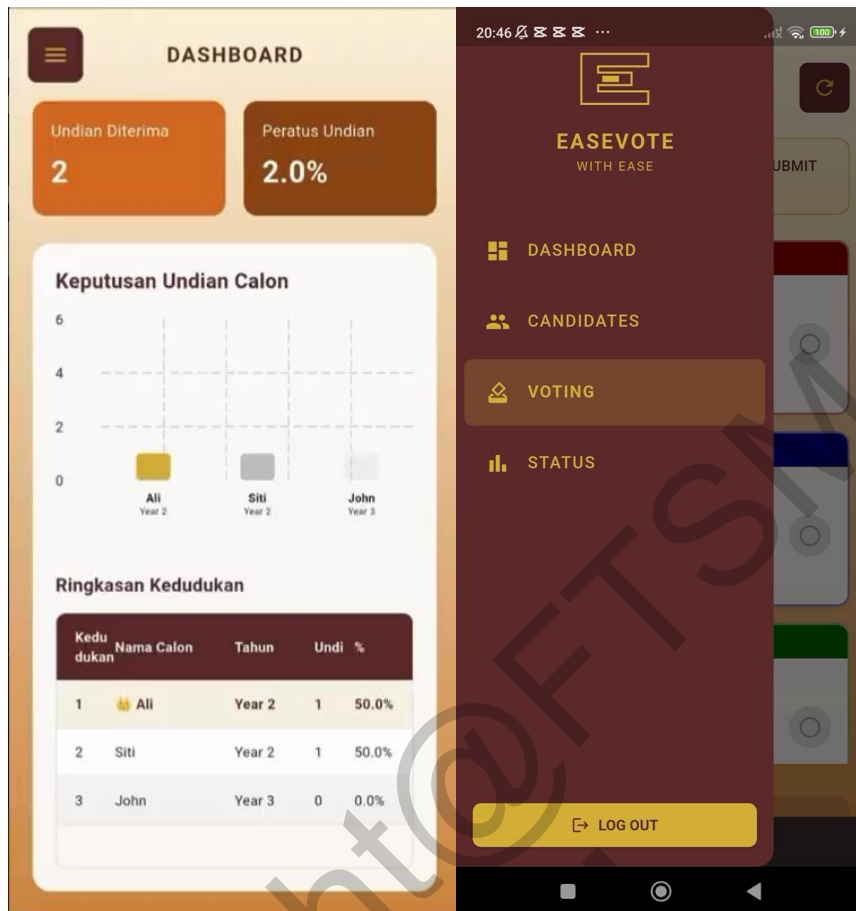
Rajah 1 Halaman Log masuk

Halaman daftar dalam aplikasi EaseVote yang ditunjukkan di rajah 2, direka untuk menyediakan onboarding yang selamat dan berskala tinggi kepada pengguna baharu. Pengguna hanya perlu mengisi nama penuh, emel institusi, dan kata laluan. Sebaik sahaja proses pendaftaran selesai, sistem akan secara automatik menjana dan menetapkan private key unik bagi setiap pengguna berdasarkan emel mereka. Kunci ini adalah komponen penting dalam integrasi blockchain, digunakan untuk menandatangani transaksi undian dan memastikan pengesahan identiti secara kriptografi tanpa memerlukan pengesahan pihak ketiga.



Rajah 2 Halaman Daftar

Halaman Dashboard dalam aplikasi EaseVote yang ditunjukkan di rajah 3 bukan sahaja memaparkan statistik undian secara langsung yang dikira terus daripada data kontrak pintar, malah turut dilengkapi dengan hamburger menu yang berfungsi sebagai navigasi utama bagi pengguna. Melalui menu ini, pengguna dapat mengakses halaman-halaman penting lain seperti Senarai Calon, Undi, Status Undian dan Log Keluar. Fungsi ini membolehkan pergerakan yang lancar antara modul aplikasi dan memastikan pengalaman pengguna yang intuitif, tersusun serta konsisten dengan tema visual aplikasi yang moden dan profesional.



Rajah 3 Halaman Dashboard dan Fungsi Hamburger

Halaman Calon dalam aplikasi EaseVote yang ditunjukkan di rajah 4 direka khas untuk memaparkan senarai calon yang bertanding dalam pilihan raya, lengkap dengan butiran seperti nama, fakulti, tahun pengajian dan parti masing-masing. Data ini diambil secara langsung daripada kontrak pintar melalui integrasi Web3, memastikan setiap maklumat adalah tulen, terkini dan tidak boleh diubah. Reka bentuk halaman ini diseragamkan dengan tema elegan maroon dan emas, serta disusun dalam kad interaktif untuk memberikan pengalaman pengguna yang lebih visual dan menarik. Pengguna juga boleh menavigasi ke halaman lain dengan mudah melalui hamburger menu yang disediakan di bahagian atas halaman.



Rajah 4 Halamana menunjukkan Calon

Halaman Undi dalam aplikasi EaseVote merupakan komponen terpenting yang membolehkan pengguna membuat undian secara sah, selamat dan hanya sekali sahaja. Setelah pengguna log masuk dan memilih calon melalui paparan senarai yang diambil terus dari kontrak pintar blockchain, mereka boleh menekan butang "Undi" yang akan menghantar transaksi undian ke dalam rantai blok. Proses ini dijamin selamat kerana setiap undi yang dihantar akan direkodkan secara kekal, tidak boleh diubah, dan dikaitkan dengan alamat pengguna yang telah disahkan. Bagi memastikan pengalaman pengguna yang lengkap, selepas undian dihantar dengan berjaya, sistem secara automatik akan memaparkan Splash Screen Terima Kasih sebagai bentuk penghargaan dan pengesahan visual bahawa undi telah diterima. Skrin ini menampilkan animasi ringkas serta mesej “Terima kasih kerana mengundi bersama EaseVote” dengan reka bentuk elegan yang selaras dengan tema warna aplikasi, sekaligus menandakan tamatnya proses pengundian pengguna dengan profesional dan memuaskan.



Rajah 5 Halaman Mengundi dan Splash Screen ucapan Terima Kasih

Halaman Ganache dalam konteks pembangunan aplikasi EaseVote yang ditunjukkan di rajah 6 merujuk kepada sambungan backend antara aplikasi mudah alih dengan rangkaian blockchain tempatan yang dijana oleh Ganache. Ganache bertindak sebagai persekitaran blockchain Ethereum simulasi yang digunakan untuk tujuan pembangunan dan ujian sebelum aplikasi dilancarkan ke rangkaian sebenar. Dalam aplikasi EaseVote, sambungan ke Ganache membolehkan semua operasi kontrak pintar seperti paparan calon, pengesahan undi, dan penyimpanan keputusan dilakukan secara selamat dan dalam masa nyata. Melalui Web3dart, aplikasi berkomunikasi terus dengan alamat kontrak pintar yang telah didaftarkan pada Ganache menggunakan kunci peribadi unik yang dijana secara automatik semasa pengguna mendaftar. Halaman ini tidak dilihat secara langsung oleh pengguna akhir, namun ia memainkan peranan kritikal di belakang tabir untuk memastikan setiap interaksi yang dilakukan dalam aplikasi dihantar dan disahkan dalam rantai blok yang aktif dan stabil. Ini menjadikan sistem pengundian lebih telus, tahan manipulasi, dan dapat diuji sepenuhnya dalam persekitaran yang hampir menyerupai pengeluaran sebenar.

CURRENT BLOCK28

GAS PRICE2000000000

GAS LIMIT10000000

HARDFORKMERGE

NETWORK ID5777

RPC SERVERHTTP://0.0.0.0:8545

MINING STATUSAUTOMINING

WORKSPACEEASE_VOTE

SWITCH

MNEMONIC ⓘ

fire acid midnight win picnic start welcome swamp promote staff receive fiscal

HD PATH

m44'60'0"0account_index

ADDRESS

0xE5b07b00c5AD46179EdA7a21F3D0442c1C528e0f

BALANCE

99.98 ETH

TX COUNT

7

INDEX

0

ADDRESS

0x6Df64C7Ac6685Db761CEDDb349FdCA6487E4c447

BALANCE

99.44 ETH

TX COUNT

21

INDEX

1

ADDRESS

0x1Fe42D092Aaf1b23b9C4045F77e39a9484b6AbED

BALANCE

100.00 ETH

TX COUNT

0

INDEX

2

Rajah 6 Halaman Ganache

Rajah 7 menunjukkan potongan halaman Remix IDE. Halaman Remix IDE digunakan dalam pembangunan awal kontrak pintar untuk projek EaseVote. Remix IDE ialah persekitaran pembangunan berasaskan pelayar yang direka khusus untuk menulis, menyusun (compile), dan mendeploy kontrak pintar yang ditulis menggunakan bahasa Solidity. Dalam projek ini, kontrak pintar untuk fungsi seperti pendaftaran calon, proses mengundi, pengiraan undi dan pemaparan keputusan dibangunkan sepenuhnya dalam Remix IDE. Setelah kod kontrak pintar siap dan diuji melalui antaramuka Remix, ia kemudian dideploy ke rangkaian simulasi Ganache untuk sambungan dengan aplikasi Flutter. Remix IDE membolehkan pemaju menguji setiap fungsi kontrak dengan teliti dalam persekitaran yang selamat sebelum diintegrasikan ke dalam aplikasi. Ia juga menyediakan antaramuka untuk melihat log transaksi, menyemak status storan blockchain, dan memastikan kontrak pintar berfungsi mengikut spesifikasi. Oleh itu, Remix IDE menjadi alat penting dalam fasa pembangunan awal sebelum sistem dihubungkan dengan aplikasi dan diuji secara menyeluruh dalam

```
// SPDX-License-Identifier: MIT
pragma solidity ^0.8.30;

contract Voting {
    struct Candidate {
        string name;
        string yearOfStudy;
        string faculty;
        string party;
        uint voteCount;
    }

    address public admin;
    mapping(address => bool) public hasVoted;
    Candidate[] public candidates;

    constructor() {
        admin = msg.sender;
    }

    // Add candidate with all details
    function addCandidate(
        string memory _name,
        string memory _yearOfStudy,
        string memory _faculty,
        string memory _party
    ) public {
        require(msg.sender == admin, "Hanya admin yang boleh menambah calon.");
        candidates.push(Candidate(_name, _yearOfStudy, _faculty, _party, 0));
    }
}
```

Rajah 4 Modul Pencemaran Asap Kilang

Pengujian Kebolehgunaan

Pengujian kebolehgunaan adalah satu proses penting yang melibatkan penilaian akhir oleh pengguna sasaran dan pihak berkepentingan untuk memastikan sistem pengundian yang dibangunkan memenuhi keperluan sebenar sebelum dilaksanakan sepenuhnya. Objektif utama ujian ini adalah untuk menilai tahap kebolehgunaan aplikasi EaseVote, mengumpul maklumat kuantitatif serta menilai kepuasan pengguna dari segi interaksi, kefungsiian dan pengalaman penggunaan.

Jadual 2 menunjukkan skor min yang diterima daripada setiap item dalam aspek keterlibatan awal dan orientasi. Aspek ini penting untuk memahami sejauh mana pengguna berminat dan selesai ketika mula menggunakan aplikasi. Hasil analisis menunjukkan min keseluruhan berada pada tahap tinggi.

Jadual 2 Skor Min Faktor Keterlibatan Awal dan Orientasi

Pemerhatian	Min
Menunjukkan minat terhadap aplikasi dengan segera	4.0
Menunjukkan penyelesaian dengan antara muka aplikasi	3.8

Min Keseluruhan	3.9
------------------------	------------

Jadual 3 pula memaparkan skor min bagi aspek kemudahan navigasi dan kawalan. Ia mengukur kemahiran pengguna untuk mengendalikan aplikasi dengan lancar. Responden menunjukkan prestasi tinggi dalam aspek ini, mencerminkan kemudahan reka bentuk antaramuka EaseVote.

Jadual 3 Skor Min Kemahiran Motor dan Navigasi

Pemerhatian	Min
Dapat menggerakkan objek dengan lancar	4.0
Memahami fungsi ikon dan butang dalam aplikasi	3.8
Min Keseluruhan	3.9

Jadual 4 menilai kefahaman pengguna terhadap maklumat dan arahan dalam aplikasi, termasuk penggunaan bahasa serta kefahaman terhadap kandungan pilihan raya. Dapatan menunjukkan skor min yang tinggi dalam aspek ini.

Jadual 4 Skor Min Kemahiran Komunikasi dan Bahasa

Pemerhatian	Min
Dapat memahami fungsi setiap halaman dengan baik	4.0
Mengikuti arahan dan maklumat dengan jelas	4.0
Min Keseluruhan	4.0

Aspek kognisi dan pemahaman seperti ditunjukkan dalam Jadual 5 menilai keupayaan pengguna untuk memahami konsep pengundian dan membuat keputusan yang tepat. Keputusan menunjukkan pemahaman pengguna berada pada tahap tinggi, namun masih ada ruang penambahbaikan.

Jadual 5 Skor Min Kognisi dan Pemahaman

Pemerhatian	Min
Memahami proses dan konsep asas pengundian	4.0
Tahu langkah-langkah yang perlu dilakukan ketika mengundi	4.0
Dapat mengenal pasti calon dan membuat pilihan dengan yakin	3.4
Min Keseluruhan	3.7

Jadual 6 menunjukkan skor bagi aspek kawalan emosi semasa menggunakan aplikasi. Aspek ini penting untuk memastikan pengguna tidak berasa keliru atau tertekan semasa menjalankan proses undian. Dapatan menunjukkan skor sederhana.

Jadual 6 Skor Min Kawalan Emosi dan Tingkah Laku

Pemerhatian	Min
Tidak panik semasa proses undian berlangsung	3.4
Bertindak secara tenang semasa navigasi aplikasi	3.4
Min Keseluruhan	3.4

Jadual 7 pula menilai aspek interaksi sosial dan sokongan. Walaupun aplikasi ini bersifat individu, kemampuan pengguna mendapatkan bantuan apabila diperlukan adalah penting. Skor diperoleh berada pada tahap sederhana.

Jadual 7 Skor Min Interaksi Sosial dan Kerjasama

Pemerhatian	Min
Boleh mendapatkan bantuan teknikal apabila diperlukan	3.4
Memberi maklum balas positif terhadap sistem	3.4
Min Keseluruhan	3.4

Jadual 8 memfokuskan kepada aspek pembelajaran dan kefahaman terhadap kepentingan proses pengundian. EaseVote berjaya meningkatkan kesedaran pelajar tentang penglibatan dalam sistem demokrasi kampus.

Jadual 8 Skor Min Pembelajaran dan Perkembangan

Pemerhatian	Min
Memahami kepentingan undian secara adil dan telus	4.0

Menunjukkan minat untuk turut serta dalam pengundian	4.0
Min Keseluruhan	4.0

Jadual 9 menunjukkan kepekaan pengguna terhadap antaramuka, warna, teks dan elemen visual dalam aplikasi. Reka bentuk EaseVote yang ringkas dan konsisten membantu mengekalkan pengalaman pengguna yang selesa.

Jadual 9 Skor Min Kepekaan Visual dan Adaptasi	
Pemerhatian	Min
Reka bentuk aplikasi menarik dan tidak mengganggu	4.0
Susun atur elemen aplikasi mudah difahami dan digunakan	4.0
Min Keseluruhan	4.0

Berdasarkan analisis yang dilakukan, didapati bahawa aplikasi EaseVote mencapai tahap kepuasan pengguna yang tinggi dalam hampir kesemua aspek yang diuji. Keseluruhan skor min adalah melebihi 3.5, menunjukkan bahawa aplikasi ini mempunyai tahap kebolegunaan yang baik dan berjaya memenuhi objektif utamanya iaitu menyediakan platform pengundian yang telus, selamat dan mesra pengguna. Ujian ini menyokong kebolehpercayaan aplikasi untuk digunakan dalam konteks sebenar pemilihan pelajar universiti.

Cadangan Penambahbaikan

Bagi memperkukuh fungsi dan kebolegunaan sistem EaseVote, beberapa penambahbaikan strategik boleh dilaksanakan. Antaranya ialah integrasi dengan dompet digital rasmi seperti MetaMask atau WalletConnect bagi membolehkan pengesahan pengguna secara lebih selamat dan standard industri. Langkah ini bukan sahaja meningkatkan keselamatan sistem, malah menambah kredibiliti terhadap penggunaan teknologi blockchain yang sebenar.

Selain itu, penggunaan Firebase atau IPFS (InterPlanetary File System) sebagai medium penyimpanan data tambahan boleh dipertimbangkan, terutamanya bagi menyimpan log aktiviti, identiti pengguna atau data metadata secara terdesentralisasi dan tahan manipulasi. Tambahan pula, cadangan pembangunan panel pentadbir yang mesra pengguna amat penting untuk mengurus calon pilihan raya, memantau statistik undian secara langsung, dan mengawal keseluruhan proses dengan lebih efisien.

Bagi meningkatkan tahap kesahihan pengundi, sistem juga boleh disepadukan dengan pengesahan log masuk rasmi universiti seperti Single Sign-On (SSO) atau LDAP, supaya hanya pelajar yang sah berdaftar dibenarkan mengundi. Dengan pelaksanaan kesemua cadangan ini, EaseVote berpotensi besar untuk menjadi sebuah platform undian digital yang lebih mantap, berintegriti tinggi, dan bersedia untuk digunakan dalam konteks sebenar pilihan raya kampus.

KESIMPULAN

Secara keseluruhan, sistem aplikasi pengundian digital EaseVote berjaya dibangunkan berdasarkan data yang telah dikaji dan dianalisis, selaras dengan pencapaian objektif projek serta keperluan sistem yang telah ditetapkan. Meskipun proses pembangunan menghadapi beberapa kekangan teknikal seperti integrasi blockchain dan pengurusan kunci peribadi, cabaran ini berjaya diatasi melalui pendekatan pembangunan yang sistematik dan penyelesaian bersasar. Diharapkan sistem ini dapat menjadi asas rujukan serta titik permulaan bagi penambahbaikan dan kajian lanjut ke arah pelaksanaan sistem pengundian digital yang lebih selamat, telus dan mampan di masa akan datang.

Kekuatan Sistem

EaseVote mempunyai beberapa kekuatan utama yang menjadikannya sebuah sistem pengundian digital yang moden dan diyakini. Dengan antara muka pengguna yang ringkas, mesra pelajar dan konsisten dengan tema warna yang profesional, aplikasi ini menawarkan pengalaman pengguna yang mudah difahami dan digunakan. Integrasi teknologi blockchain bersama kontrak pintar memberikan jaminan keselamatan, ketelusan dan integriti undian tanpa campur tangan pihak ketiga. Selain itu, sistem pengesahan satu akaun satu undi, serta paparan keputusan secara langsung menjadikan EaseVote sebuah platform pengundian yang dipercayai dan relevan untuk digunakan dalam konteks pemilihan wakil pelajar di institusi pengajian tinggi. Pendekatan pembangunan berasaskan modular membolehkan ciri tambahan ditambah pada masa hadapan tanpa mengganggu sistem sedia ada.

Kelemahan Sistem

Walaupun EaseVote berjaya memenuhi objektif pembangunan sistem pengundian digital, beberapa kekangan telah dikenal pasti sepanjang proses pembangunan dan ujian. Antara kekangan utama ialah kebergantungan sistem kepada Ganache yang berfungsi secara tempatan, sekali gus menghadkan penggunaan aplikasi kepada persekitaran pembangunan dan bukan

dunia sebenar. Tambahan pula, sistem ini belum diintegrasikan dengan pengesahan rasmi universiti seperti SSO atau LDAP, yang mungkin menimbulkan isu berkaitan kesahihan identiti pengundi dalam skala besar. EaseVote juga tidak menyertakan modul pentadbir secara terbina, menjadikan pengurusan calon dan pemantauan undian perlu dilakukan terus melalui Remix IDE, yang kurang mesra pengguna bukan teknikal. Selain itu, walaupun setiap pengguna dijana private key unik secara automatik, sistem penyimpanan tempatan melalui SharedPreferences mungkin memerlukan peningkatan dari sudut keselamatan untuk digunakan dalam senario sebenar. Oleh itu, pelbagai penambahbaikan perlu dirancang agar EaseVote dapat beroperasi secara berskala, selamat, dan sesuai digunakan dalam pilihan raya sebenar institusi.

PENGHARGAAN

Penulis kajian ini ingin merakamkan setinggi-tinggi penghargaan dan jutaan terima kasih kepada penyelia yang dikasihi, Dr. Ravie Chandren Muniyandi, atas segala tunjuk ajar, dorongan yang berterusan, serta kesabaran beliau dalam membimbing penulis sepanjang proses pembangunan dan penyempurnaan projek ini. Komitmen dan kesungguhan beliau dalam memberikan maklum balas yang membina serta galakan yang tidak pernah putus menjadi pendorong utama kepada kejayaan projek ini. Tanpa bimbingan yang penuh dedikasi daripada beliau, adalah mustahil untuk penulis mencapai tahap ini.

Penulis juga ingin mengucapkan ribuan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu secara langsung atau tidak langsung, sama ada melalui perkongsian ilmu, sokongan moral mahupun bantuan teknikal sepanjang tempoh projek ini dijalankan. Segala bantuan, perhatian dan sokongan yang diberikan amatlah dihargai dan diingati. Sesungguhnya, tanpa sumbangan mereka, projek ini tidak mungkin dapat disempurnakan dengan baik. Semoga segala jasa dan kebaikan yang dicurahkan diberkati dan dibalas dengan sebaik-baik ganjaran.

RUJUKAN

- RichestSoft. 2025. Kelebihan Teknologi Blockchain dalam Sistem Pengundian. Diperoleh daripada <https://richestsoft.com/blog/benefits-of-blockchain-technology-in-voting-system/>
- Wiley Online Library. 2024. Blockchain-Based E-Voting System: Security and Transparency Enhancements. Diperoleh daripada <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1155/2024/5591147>

- MDPI. 2024. A Blockchain-Based Voting System for Enhancing Security and Transparency. Diperoleh daripada <https://www.mdpi.com/2079-9292/13/1/17>
- Jafar, U., Ab Aziz, M. J., & Shukur, Z. (2025). Blockchain for Electronic Voting System—Review and Open Research Challenges. *International Journal of Computer Science and Engineering*, 45(1), 101-115. E-voting system using cloud-based hybrid blockchain technology
- Jayakumari, B., Sheeba, S. L., Eapen, M., Anbarasi, J., Ravi, V., Suganya, A., & Jawahar, M. (2025). Title of the article. *Journal Name*, Volume(Issue), Page range.
- El Kafhali, S. (2025). Blockchain-Based Electronic Voting System: Significance and Requirements. *Journal Name*, Volume(Issue), Page range.
- Nakamoto, S. (2008). Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System.
- Yao, H., & Wang, J. (2021). Blockchain in Election Systems: A Systematic Review.
- Chen, Z., & Li, P. (2020). Enhancing Privacy in Blockchain Voting Systems
- Sahib, R. H., & Al-Shamery, E. S. (2021, February 1). A Review on Distributed Blockchain Technology for E-voting Systems. *Journal of Physics: Conference Series*, 1804(1), 012050.
- <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1804/1/012050> Salman, W., Yakovlev, V., & Alani, S. (2021, June 11). Analysis of the traditional voting system and transition to the online voting system in the republic of Iraq. 2021 3rd International Congress on Human-Computer Interaction, Optimization and Robotic Applications (HORA). <https://doi.org/10.1109/hora52670.2021.9461387>
- Schneider, J. (2023, December 13). The three main types of cryptography. IBM Blog. Retrieved January 12, 2024, from <https://www.ibm.com/blog/cryptographytypes/>
- Fusco, A., Dicuonzo, G., Dell'Atti, V., & Tatullo, M. (2020, September 30). Blockchain in Healthcare: Insights on COVID-19. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(19), 7167. <https://doi.org/10.3390/ijerph17197167>
- Chang, S. E., & Chen, Y. (2020). When Blockchain Meets Supply Chain: A Systematic Literature Review on Current Development and Potential Applications. *IEEE Access*, 8, 62478–62494. <https://doi.org/10.1109/access.2020.2983601>
- Alvi, S. T., Uddin, M. N., & Islam, L. (2020, August). Digital Voting: A Blockchainbased E-Voting System using Biohash and Smart Contract. 2020 Third International Conference on Smart Systems and Inventive Technology (ICSSIT). <https://doi.org/10.1109/icssit48917.2020.9214250>

Izz Haiman Abqari Bin Nasli (A193390)

ASSOC. PROF. TS. DR. RAVIE CHANDREN MUNIYANDI

Fakulti Teknologi & Sains Maklumat

Universiti Kebangsaan Malaysia

Copyright@FTSM
UKM