

# **SISTEM PENGURUSAN REKOD PERUBATAN TERAGIH MENGUNAKAN TEKNOLOGI RANTAIAN BLOK**

MUHAMMAD HAZIQ HAKIMI BIN MAHADI

PROF. MADYA DR. MASNIZAH BINTI MOHD

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

## **ABSTRAK**

Projek ini bertujuan untuk membangunkan Sistem Pengurusan Rekod Perubatan Teragih Menggunakan Teknologi Rantai Blok. Projek ini memberi tumpuan kepada pengurusan rekod perubatan pelajar yang melibatkan perkongsian data antara pelajar dan pusat kesihatan universiti secara selamat dan cekap. Masalah utama yang dikenal pasti adalah risiko keselamatan dan privasi dalam sistem pengurusan rekod perubatan tradisional, termasuk kebarangkalian kehilangan data, akses tidak sah, dan ketidakcekapan dalam perkongsian data antara pihak yang terlibat. Sebagai penyelesaian, projek ini mencadangkan penggunaan teknologi rantai blok yang menyediakan platform teragih untuk penyimpanan dan perkongsian data. Dengan teknologi ini, rekod perubatan hanya boleh diakses oleh pihak yang diberi kuasa sekali gus memastikan privasi dan keselamatan data. Metodologi yang digunakan termasuk reka bentuk sistem menggunakan teknologi rantai blok, integrasi antara platform dengan dompet digital seperti MetaMask untuk pengurusan kebenaran akses, serta pembangunan aplikasi untuk memudahkan pengguna mengakses dan menguruskan rekod perubatan mereka. Hasil yang dijangkakan adalah satu sistem pengurusan rekod perubatan yang selamat, telus, dan cekap, yang dapat menyelesaikan masalah privasi dan keselamatan data serta meningkatkan keberkesanan dalam perkongsian maklumat antara pelajar dan pusat kesihatan universiti.

Kata kunci: Rantai Blok, Rekod Perubatan, Privasi Data, Perkongsian Data, MetaMask, Pengurusan Kebenaran Akses.

## **PENGENALAN**

Pengurusan rekod perubatan memainkan peranan penting dalam memastikan keberkesanan sistem penjagaan kesihatan. Rekod perubatan yang lengkap dan tepat memberikan maklumat penting kepada doktor dan pusat kesihatan universiti untuk membuat keputusan rawatan yang lebih baik. Walau bagaimanapun, sistem pengurusan rekod tradisional yang berpusat menghadapi pelbagai cabaran, termasuk risiko kebocoran data, aksesibiliti terhad, dan kekurangan integrasi antara institusi kesihatan. Menurut laporan IBM Cost of a Data Breach 2023, sektor penjagaan kesihatan mencatatkan kos kebocoran data tertinggi berbanding sektor lain, iaitu purata sebanyak USD 10.93 juta setiap insiden. Tambahan pula, satu kajian dalam

Journal of Medical Systems (2020) menunjukkan bahawa lebih 50% hospital masih menggunakan sistem yang tidak bersepadu, menyukarkan perkongsian maklumat pesakit antara institusi. Di Malaysia, laporan oleh MAMPU turut mendedahkan bahawa kebanyakan sistem kesihatan awam belum mempunyai integrasi data sepenuhnya antara klinik dan hospital. Isu-isu ini secara langsung boleh menjejaskan kepercayaan pesakit terhadap sistem dan menimbulkan kebimbangan terhadap keselamatan serta kerahsiaan maklumat peribadi mereka.

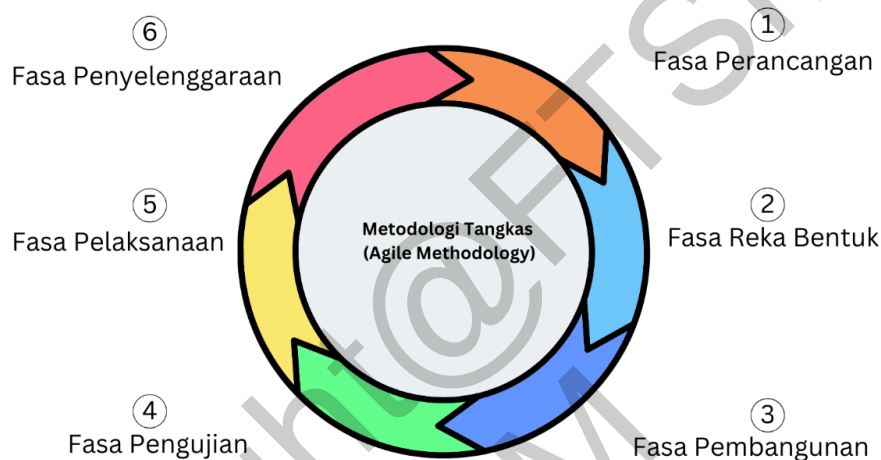
Dalam Projek ini, teknologi rantaian blok (blockchain) menawarkan penyelesaian inovatif untuk menangani kelemahan tersebut. Rantaian blok adalah pangkalan data digital yang diedarkan (distributed) dan diuruskan secara teragih, di mana data disimpan dalam bentuk blok-blok yang dihubungkan secara kriptografi. Teknologi ini menjadikan data kekal tidak boleh diubah (immutable) dan menyediakan rekod transaksi yang telus dan boleh dijejaki (traceable). Rantaian blok juga meningkatkan keselamatan melalui kaedah penyulitan yang canggih, menjadikannya pilihan yang sesuai untuk melindungi maklumat sensitif seperti rekod perubatan.

Di samping itu, sistem ini membolehkan pelajar mempunyai kawalan penuh ke atas data mereka, termasuk keupayaan untuk memberikan atau menarik balik kebenaran akses kepada doktor dan pusat kesihatan universiti. Dengan ini, pelajar bukan sahaja dapat melindungi privasi mereka tetapi juga mempermudah perkongsian data antara institusi kesihatan yang berlainan, meningkatkan keberkesanan rawatan dan kesinambungan penjagaan. Selain itu, sistem ini juga menawarkan potensi untuk menyelesaikan masalah integrasi data yang sering dialami oleh institusi kesihatan. Dalam sistem berpusat, iaitu sistem di mana kawalan dan pengurusan data dilakukan oleh satu entiti utama dan data disimpan di lokasi tertentu yang ditentukan, rekod perubatan biasanya tersebar di pelbagai lokasi dan platform bergantung kepada institusi masing-masing. Menurut kajian oleh World Health Organization (WHO, 2021), ketidakseragaman sistem maklumat kesihatan menyebabkan lebih 60% institusi kesihatan di negara membangun gagal berkongsi rekod pesakit secara efektif, sekali gus membantutkan rawatan lanjutan atau berterusan. Di Malaysia sendiri, laporan oleh Bahagian Rekod Perubatan KKM (2020) menyatakan bahawa tiada sistem rekod elektronik bersepadu sepenuhnya antara hospital awam dan klinik swasta, menyebabkan data pesakit tersekat dalam silo institusi.

Keadaan ini menjadikannya sukar untuk mendapatkan pandangan menyeluruh tentang sejarah perubatan pesakit kerana tiada penyelarasan antara sistem yang berbeza. Dengan penggunaan teknologi rantaian blok, setiap interaksi atau perubahan pada data pesakit akan direkodkan secara telus dan konsisten, membolehkan akses kepada data yang seragam dan terkini oleh semua pihak yang diberi kebenaran.

Melalui penggunaan teknologi rantai blok, projek ini bertujuan untuk memperkenalkan satu penyelesaian yang bukan sahaja selamat dan cekap tetapi juga memberi kuasa kepada pesakit dalam mengawal maklumat peribadi mereka. Dengan itu, projek ini diharap dapat meningkatkan keselamatan, kepercayaan, dan keberkesanan dalam pengurusan rekod perubatan antara pelajar universiti dan pusat kesihatan universiti, sekaligus menyumbang kepada peningkatan kualiti perkhidmatan penjagaan kesihatan secara keseluruhan.

### METODOLOGI KAJIAN



Rajah 1 Fasa Bagi “Agile Methodology”

Metodologi yang digunakan dalam pembangunan projek ini ialah Agile yang menggunakan lelaran pembangunan dan pengujian berterusan sepanjang kitaran hayat pembangunan perisian projek. Metodologi ini dipilih kerana ia merangkumi proses dinamik yang membenarkan perubahan walaupun sudah jauh dalam kitaran hayat pembangunan. Metodologi ini adalah amat sesuai dengan projek ini yang memerlukan pendekatan pembangunan permainan yang lebih fleksibel dan berorientasikan kepada pengguna. Dengan menggunakan metodologi Agile untuk projek ini, produk akhir yang berkualiti boleh dihasilkan.

#### Fasa Perancangan

Pada fasa ini, mengenal pasti keperluan utama sistem seperti kawalan akses pelajar, penyimpanan rekod perubatan pelajar, dan perkongsian data dengan pusat kesihatan universiti. Dokumen keperluan pengguna User Requirement Document akan disediakan dengan input daripada pelajar, doktor pusat kesihatan universiti, dan pihak pengurusan universiti untuk memastikan sistem memenuhi keperluan dan cabaran yang unik dalam konteks kampus.

**Fasa Reka Bentuk**

Mereka bentuk antara muka pengguna (UI/UX) untuk pelajar dan doktor pusat kesihatan universiti menggunakan alat Figma. Reka bentuk ini akan memastikan sistem mudah digunakan dan mesra pengguna.

**Fasa Pembangunan**

Fasa pembangunan sistem UkmedChain melibatkan pelaksanaan teknologi moden yang relevan dengan pembangunan aplikasi berasaskan blockchain. Kontrak pintar dibangunkan menggunakan bahasa pengaturcaraan Solidity dan disebar ke rangkaian ujian Ethereum Sepolia dengan bantuan rangka kerja Hardhat. Teknologi Ethereum dipilih kerana sifatnya yang terbuka, selamat, dan menyokong logik tersuai melalui kontrak pintar.

Selain itu, sistem turut mengintegrasikan teknologi InterPlanetary File System (IPFS) bagi tujuan penyimpanan data luar rangkaian seperti pautan dokumen perubatan. Pendekatan ini membolehkan data berskala besar disimpan dengan lebih efisien dan kekal terus, sementara hanya metadata penting dikekalkan dalam rangkaian blok.

Antara muka pengguna pula dibangunkan menggunakan teknologi web moden bagi membolehkan interaksi yang mudah dan responsif antara pengguna dengan kontrak pintar. Fasa ini juga melibatkan konfigurasi keselamatan asas, sambungan dompet digital seperti MetaMask, serta integrasi dengan penyemak rangkaian (block explorer) seperti Etherscan untuk pengesahan transaksi.

**Fasa pengujian**

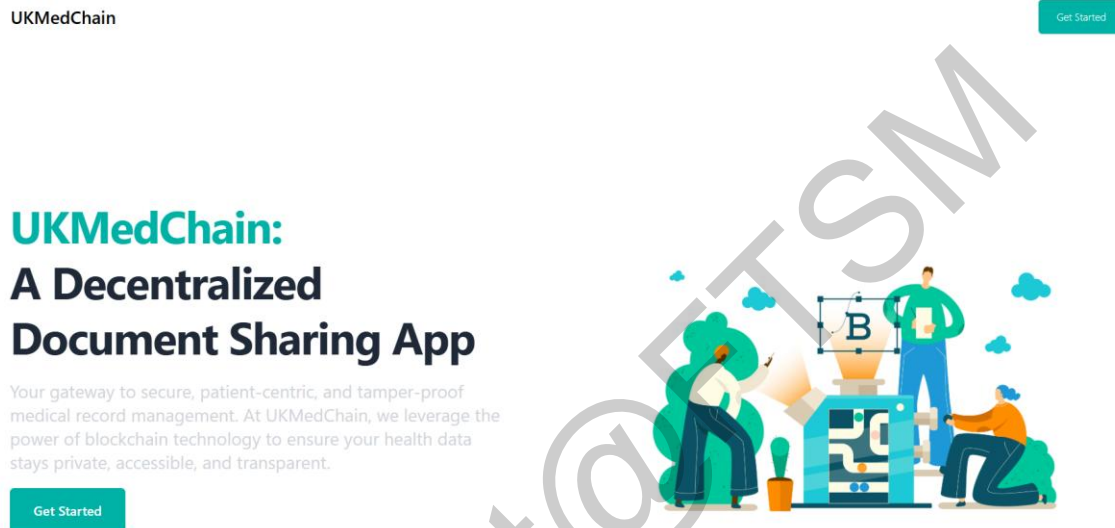
Bagi memastikan sistem UkmedChain dibangunkan secara menyeluruh dan berfungsi seperti yang dirancang, kaedah pengujian yang sistematik telah dijalankan merangkumi tiga peringkat utama iaitu ujian unit, ujian fungsi, dan ujian prestasi.

Ujian unit dilaksanakan untuk mengesahkan bahawa setiap fungsi kontrak pintar seperti penyimpanan rekod perubatan dan kawalan akses dapat beroperasi secara individu tanpa ralat. Ujian fungsi pula memastikan keserasian antara kontrak pintar dan antara muka pengguna, di mana interaksi pengguna seperti menambah rekod atau memberikan kebenaran akses berjalan lancar. Seterusnya, ujian prestasi dijalankan untuk menilai kecekapan sistem dari aspek masa tindak balas dan penggunaan gas dalam rangkaian blockchain.

Gabungan ketiga-tiga jenis pengujian ini memastikan sistem yang dibangunkan adalah stabil, selamat, dan bersedia untuk digunakan dalam persekitaran sebenar, sekali gus memenuhi keperluan pengguna dan piawaian pembangunan sistem berasaskan blockchain.

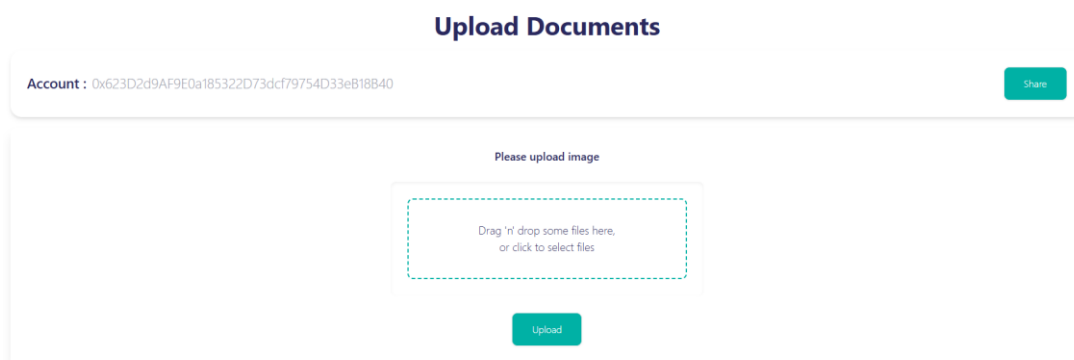
## KEPUTUSAN DAN PERBINCANGAN

Sistem UKMedChain telah berjaya dibangunkan dengan menggunakan teknologi blockchain Ethereum, kontrak pintar (Solidity), dan penyimpanan IPFS, serta diintegrasikan dengan dompet digital MetaMask. Ujian sistem dijalankan pada rangkaian ujian Sepolia Testnet, dan menunjukkan bahawa fungsi-fungsi utama sistem berfungsi dengan baik dan stabil.



Rajah 2 Skrin Utama Pengguna

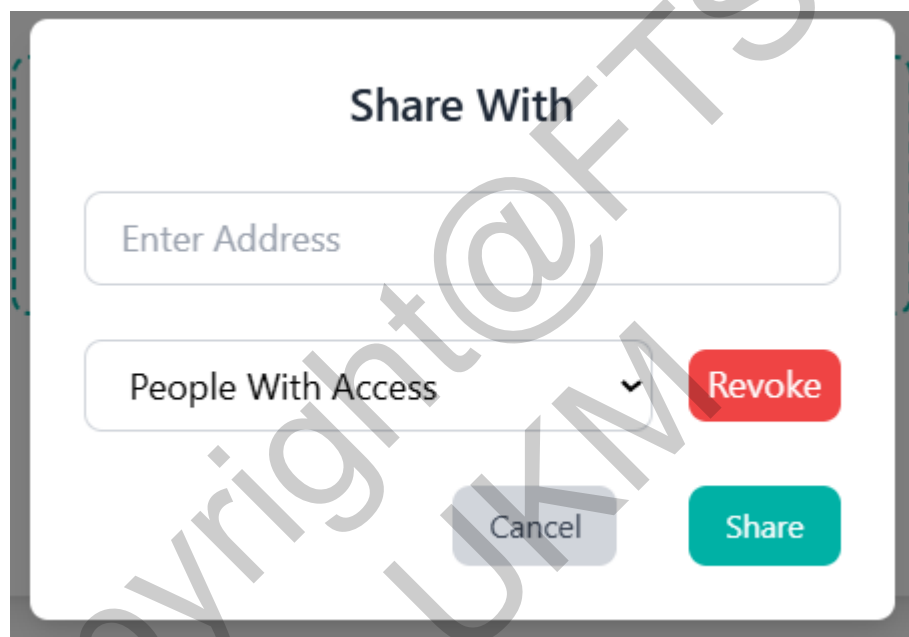
Rajah 2 menunjukkan paparan antaramuka utama semasa sambungan MetaMask dimulakan. Apabila pengguna memasuki laman web UKMedChain, sistem akan secara automatik mencuba untuk menyambungkan dompet MetaMask pengguna ke platform. Paparan utama sistem menampilkan skrin selamat datang dengan butang "Get Started" yang boleh ditekan untuk memulakan interaksi. Sekiranya sambungan MetaMask belum aktif, pengguna akan diminta untuk mengesahkan sambungan secara manual. Sebaik sahaja sambungan berjaya, pengguna boleh mengakses fungsi-fungsi sistem seperti memuat naik dokumen, menetapkan kebenaran akses, dan mencari rekod yang disimpan



Rajah 3 Antara Muka Pengguna: Fungsi Muat Naik Dokumen

Rajah 3 menunjukkan antaramuka halaman muat naik dokumen bagi sistem UKMedChain. Di bahagian atas, alamat akaun pengguna berasaskan rantaian blok (wallet address) ditampilkan, menandakan bahawa pengguna telah berjaya disahkan melalui dompet digital Metamask. Tajuk "Upload Documents" memberi penekanan kepada fungsi utama halaman ini, iaitu memuat naik dokumen atau imej perubatan

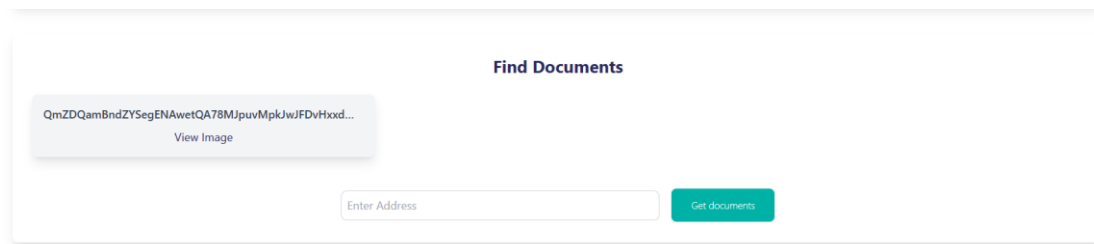
Di bahagian tengah paparan, terdapat kotak interaktif yang membolehkan pengguna menyeret dan menjatuhkan fail atau klik untuk memilih fail daripada peranti. Arahan "Please upload image" memudahkan pengguna memahami tindakan yang perlu diambil. Di bawah kotak pemilihan fail, terdapat butang "Upload" yang berfungsi untuk menghantar dokumen ke dalam sistem.



Rajah 4 Antara Muka Pengguna : Fungsi Perkongsian dan Kawalan Akses Dokumen

Rajah 4 memaparkan antaramuka pengguna bagi fungsi perkongsian dan pengurusan akses dalam sistem UKMedChain. Melalui paparan ini, pengguna boleh memasukkan alamat dompet digital (wallet address) individu yang ingin diberikan kebenaran akses kepada dokumen perubatan. Di bawah ruangan alamat, terdapat senarai pilihan yang memaparkan individu yang telah diberikan akses sebelum ini (People With Access), berserta dua butang tindakan utama Revoke dan Share.

Butang Revoke membolehkan pengguna membatalkan akses individu tertentu, manakala butang Share berfungsi untuk memberikan kebenaran kepada pengguna baharu yang dimasukkan melalui ruangan alamat.



Rajah 5 Antara Muka Pengguna : Fungsi Carian Dokumen UKMedChain

Rajah 5 menunjukkan antaramuka pengguna bagi fungsi pencarian dokumen dalam sistem UKMedChain. Pada halaman ini, pengguna diberikan keupayaan untuk mencari dokumen yang telah dikongsi atau disimpan di dalam sistem rangkaian blok dengan memasukkan alamat dompet digital (wallet address) pengguna yang berkaitan. Setelah alamat dimasukkan ke dalam ruangan yang disediakan dan butang "Get documents" ditekan, sistem akan memaparkan pautan dokumen yang disimpan dalam bentuk hash IPFS (InterPlanetary File System). Pautan tersebut boleh ditekan melalui butang "View Image", yang akan membawa pengguna terus ke paparan dokumen atau imej yang dimuat naik sebelum ini



Rajah 6 Antara Muka Pengguna : Fungsi Input dan Paparan Rekod Perubatan Pesakit

Rajah 6 menunjukkan antaramuka pengguna untuk fungsi pengisian dan paparan rekod perubatan dalam sistem UKMedChain. Bahagian kiri memaparkan borang input bertajuk Medical Record Information, di mana pengguna boleh memasukkan maklumat berkaitan pesakit seperti nama, nombor kad pengenalan, sejarah perubatan, dan ubat-ubatan semasa. Setelah semua maklumat diisi, pengguna boleh menekan butang Upload Medical Record untuk menyimpan data ke dalam sistem rangkaian blok dengan selamat.

Bahagian kanan pula memaparkan hasil carian rekod perubatan melalui fungsi Find Medical Record. Maklumat pesakit seperti nama, kad pengenalan, sejarah penyakit, dan ubat semasa dipaparkan secara telus selepas pengguna memasukkan alamat dan menekan butang Get Medical Record. Fungsi ini membolehkan doktor atau pihak berkenaan mengakses rekod dengan pantas.

**Pengujian Kebolehgunaan**

Pengujian kebolehgunaan dilaksanakan untuk menilai sejauh mana sistem UKMedChain mudah digunakan, difahami, dan diakses oleh pengguna sasaran seperti pelajar dan pegawai perubatan universiti. Pengujian ini memfokuskan kepada aspek interaksi pengguna dengan antara muka (frontend) serta kefahaman pengguna terhadap fungsi sistem berasaskan blockchain.

Pengujian kebolehgunaan dijalankan secara langsung terhadap 5 pengguna percubaan Setiap pengguna diminta menjalankan 3 tugas utama:

- 1. Mendaftar dompet MetaMask.
- 2. Memuat naik rekod perubatan dan memberikan kebenaran akses kepada pihak ketiga.
- 3. Mencari dan memaparkan semula rekod yang dimuat naik menggunakan alamat dompet.

Setelah selesai, pengguna diminta menilai pengalaman mereka berdasarkan skala Likert (1 – Sangat Sukar, 5 – Sangat Mudah).

Jadual 1 Keputusan Pengujian

| No | Tugasan                       | Skor Min (1-5) | Catatan                                               |
|----|-------------------------------|----------------|-------------------------------------------------------|
| 1  | Mendaftar MetaMask automatik  | 4.8            | Semua pengguna berjaya Mendaftar dengan mudah         |
| 2  | Muat naik & beri akses rekod  | 4.6            | Antara muka dianggap jelas dan mesra pengguna         |
| 3  | Carian semula rekod perubatan | 4.7            | Pengguna mudah faham dan berjaya melihat semula rekod |

Jadual 1 menunjukkan keputusan pengujian kebolehgunaan bagi tiga tugas utama. Tugas mendaftar MetaMask secara automatik mencatat skor tertinggi iaitu 4.8, menandakan proses sambungan adalah mudah difahami. Tugas memuat naik dan memberi akses kepada rekod memperoleh skor 4.6, menunjukkan antara muka sistem mesra pengguna. Sementara itu, carian semula rekod perubatan mencatat skor 4.7, membuktikan pengguna dapat mengakses semula data dengan lancar. Keseluruhannya, sistem dinilai mudah digunakan dan sesuai untuk pengguna bukan teknikal.



### **Cadangan Penambahbaikan**

Bagi meningkatkan keberkesanan sistem UKMedChain dalam penggunaan sebenar, beberapa penambahbaikan dicadangkan. Antaranya termasuk penambahan fungsi notifikasi automatik bagi memaklumkan pengguna tentang permintaan akses, kelulusan, atau perubahan rekod. Pengesahan dua faktor (2FA) juga wajar dilaksanakan untuk menambah keselamatan akaun. Selain itu, integrasi dengan sistem rekod hospital seperti EMR atau sistem KKM akan memperluas kebolegunaan sistem. Paparan hash IPFS juga dicadangkan agar ditukar kepada nama dokumen asal supaya lebih mudah dikenali pengguna. Tambahan pula, fungsi melihat sejarah rekod perubatan yang pernah dimuat naik dan dikongsi perlu disediakan untuk rujukan lengkap. Akhir sekali, pembangunan aplikasi mudah alih akan memudahkan akses pengguna melalui peranti pintar secara fleksibel.

### **KESIMPULAN**

Secara keseluruhannya, sistem UKMedChain telah berjaya dibangunkan dengan menggunakan teknologi blockchain berasaskan data yang telah dikaji dan dianalisis sepanjang pembangunan. Objektif kajian serta keperluan sistem yang ditetapkan pada peringkat awal telah berjaya dicapai. Walaupun terdapat beberapa cabaran teknikal dan sekuriti yang perlu diatasi, kesemua isu tersebut telah berjaya diselesaikan dengan pelbagai pendekatan. Diharapkan sistem ini dapat menjadi asas kepada pembangunan sistem pengurusan rekod perubatan yang lebih telus, selamat dan berpusatkan pengguna di masa hadapan.

### **Kekuatan Sistem**

Antara kekuatan utama UKMedChain ialah keupayaannya menyimpan rekod perubatan pelajar secara kekal, telus dan tidak boleh diubah melalui teknologi blockchain. Ini membolehkan pengguna mengakses semula rekod mereka pada bila-bila masa dan dari mana-mana peranti selagi mereka mempunyai akses ke dompet digital MetaMask. Dari aspek pembangunan, sistem ini dibina menggunakan teknologi sumber terbuka yang mantap seperti Ethereum, Solidity, IPFS, dan React, serta disokong oleh infrastruktur pengujian yang mencukupi. Selain itu, antara muka pengguna yang mesra pengguna dan sambungan MetaMask automatik turut meningkatkan pengalaman pengguna secara keseluruhan.

### **Kelemahan Sistem**

Namun begitu, terdapat beberapa kelemahan yang dikenalpasti sepanjang pembangunan sistem ini. Antaranya ialah kebergantungan sistem terhadap sambungan internet yang stabil, memandangkan akses kepada teknologi blockchain dan storan IPFS memerlukan capaian rangkaian secara berterusan. Tanpa sambungan internet, pengguna tidak dapat mengakses atau mengemas kini rekod perubatan dalam sistem.

## PENGHARGAAN

Segala puji dan syukur ke hadrat Ilahi atas limpah rahmat, hidayah dan inayah-Nya yang telah membolehkan saya menyempurnakan tugas projek (T4086) ini dengan jayanya. Tanpa izin dan keizinan-Nya, segala usaha dan perancangan ini tidak mungkin dapat direalisasikan dengan sempurna.

Saya ingin merakamkan setinggi-tinggi penghargaan dan terima kasih kepada penyelia saya, Prof. Madya Dr. Masnizah Binti Mohd, atas segala bimbingan, nasihat, sokongan serta kepercayaan yang telah diberikan sepanjang tempoh pelaksanaan projek ini. Komitmen beliau yang tinggi dalam memberikan panduan yang jelas dan berkesan telah menjadi sumber inspirasi dan tunjang utama kejayaan tugas ini. Budi bicara dan kesabaran beliau dalam membimbing saya amat saya hargai dan tidak akan saya lupakan.

Tidak dilupakan juga, setinggi-tinggi terima kasih saya ucapkan kepada keluarga tercinta, terutamanya ibu bapa saya, atas segala doa, dorongan, kasih sayang dan pengorbanan yang tidak ternilai. Sokongan moral dan spiritual daripada mereka menjadi tulang belakang saya dalam menempuh cabaran sepanjang menyiapkan projek ini. Tanpa restu dan semangat daripada keluarga, kejayaan ini tidak akan tercapai.

Selain itu, saya juga ingin menyampaikan penghargaan kepada rakan-rakan seperjuangan, yang telah menjadi sumber motivasi, sokongan emosi dan bantuan teknikal sepanjang tempoh tugas ini dijalankan. Sumbangan idea dan kerjasama mereka banyak membantu dalam memperkukuh hasil tugas ini secara menyeluruh.

## RUJUKAN

- Blockchain-enabled smart contracts: Architecture, applications, and future trends. *IEEE Xplore*. <https://ieeexplore.ieee.org/document/8643084>. (Tarikh akses: 21 Oktober 2024).
- Cinneamhain Ventures. 2021. CEHV's blockchain OSI model thesis. *Cinneamhain Ventures*. <https://cehv.com/cehvs-blockchain-osi-model-thesis/>. (Tarikh akses: 19 Oktober 2024).
- Coinbase. n.d. What is "proof of work" or "proof of stake"? *Coinbase*. <https://www.coinbase.com/learn/crypto-basics/what-is-proof-of-work-or-proof-of-stake>. (Tarikh akses: 7 Januari 2025).
- Draw.io. n.d. Draw.io – Free flowchart maker and diagrams online. <https://app.diagrams.net/>. (Tarikh akses: 12 Mei 2025)
- Ethereum Classic. 2023. Course 34: The layers of the blockchain industry. *Ethereum Classic Blog*, 14 September. <https://ethereumclassic.org/blog/2023-09-14-ethereum-classic-course-34-the-layers-of-the-blockchain-industry>. (Tarikh akses: 2 November 2024).
- Figma Inc. 2024. Figma [Design tool]. <https://www.figma.com>. (Tarikh akses: 5 Julai 2025).
- GeeksforGeeks. 2024. MVC framework introduction. *GeeksforGeeks*, 8 Julai. <https://www.geeksforgeeks.org/mvc-framework-introduction/>. (Tarikh akses: 20 Mei 2025).
- Ghosh, P., Chakraborty, A., Hasan, M., Rashid, K., & Siddique, A. 2023. Blockchain application in healthcare systems: A review. *Systems*, 11(1), 38. <https://doi.org/10.3390/systems11010038>.
- Gupta, R., Singh, T., & Kumar, P. 2020. Enhancing transparency in blockchain-based medical systems. *Journal of Advanced Healthcare Technologies*, 8(1), 12–25.
- Gurnov, A. 2024. What is Agile methodology in project management? 2025 video guide. *Wrike*, 22 November. <https://www.wrike.com/project-management-guide/faq/what-is-agile-methodology-in-project-management/>. (Tarikh akses: 9 Disember 2024).
- Hayes, A. 2024. Blockchain facts: What is it, how it works, and how it can be used. *Investopedia*, 16 September. <https://www.investopedia.com/terms/b/blockchain.asp>. (Tarikh akses: 30 Oktober 2024).
- IBM. 2024. Cost of a data breach 2024. <https://www.ibm.com/reports/data-breach>. (Tarikh akses: 17 Januari 2025).
- Investopedia Team. 2024. What are smart contracts on the blockchain and how do they work? *Investopedia*, 12 Jun. <https://www.investopedia.com/terms/s/smart-contracts.asp>. (Tarikh akses: 22 Oktober 2024).
- Javatpoint. n.d. SDLC models. <https://www.javatpoint.com/software-engineering-sdlc-models>. (Tarikh akses: 15 Oktober 2024).

- Kaleido. n.d. IPFS: What you need to know. *Kaleido*. <https://www.kaleido.io/blockchain-blog/what-is-ipfs>. (Tarikh akses: 12 Januari 2025).
- Kalra, S., Goel, S., Dhawan, M., & Sharma, S. 2018. ZEUS: Analyzing safety of smart contracts. *Semantic Scholar*. <https://www.semanticscholar.org/paper/ZEUS%3A-Analyzing-Safety-of-Smart-Contracts-Kalra-Goel/f3f927adf4aac1146c9587fa646864a040c94fa6>. (Tarikh akses: 4 November 2024).
- Kim, J., Hwang, D., & Choi, Y. 2023. Zero-knowledge proofs for privacy in blockchain healthcare. *Journal of Cryptography and Information Security*, 18(2), 45–62.
- Liu, Y., Chen, W., & Zhao, L. 2021. IPFS-based decentralized storage for medical records. *IEEE Transactions on Information Security*, 12(4), 321–332.
- Maqbool, A. 2025. Ethereum gas optimization made easy: A step-by-step guide. *Quecko*, 16 Jun. <https://quecko.com/ethereum-gas-optimization-made-easy-a-step-by-step-guide>. (Tarikh akses: 1 Julai 2025).
- MetaMask. 2025. MetaMask. *Wikipedia*, 7 Januari. <https://en.wikipedia.org/wiki/MetaMask>. (Tarikh akses: 4 Julai 2025).
- Nomic Foundation. n.d. Testing contracts | Ethereum development environment for professionals. *Hardhat*. <https://hardhat.org/tutorial/testing-contracts>. (Tarikh akses: 24 Februari 2025).
- Npm. n.d. hardhat-gas-reporter. <https://www.npmjs.com/package/hardhat-gas-reporter>. (Tarikh akses: 15 Januari 2025).
- Syahmi, M. 2023. Leveraging blockchain-based smart contract in Islamic financial institutions: Issue and relevant solution. *International Journal of Islamic Economics and Finance Research*, 6, 18–28.
- Turingtest2. 2024. How to securely interact with a smart contract using web3.js. *Ethereum Stack Exchange*, 7 Mei. <https://ethereum.stackexchange.com/questions/166957>. (Tarikh akses: 28 Februari 2025).
- Zhang, H., Lee, J., & Park, S. 2022. Smart contracts in healthcare blockchain systems. *Journal of Blockchain Applications*, 5(3), 123–134.

*Muhammad Haziq Hakimi Bin Mahadi (A194792)*

*Prof. Madya Dr. Masnizah Binti Mohd*

Fakulti Teknologi & Sains Maklumat

Universiti Kebangsaan Malaysia