

PLATFORM E-PEMBELAJARAN INTERAKTIF UNTUK KESELAMATAN SIBER

Muhammad Adam Mirza Bin Hesri Faizal
Suhaila Binti Zainudin

Fakulti Teknologi & Sains Maklumat
43600 Universiti Kebangsaan Malaysia

Abstrak

CryptoSeven ialah platform e-pembelajaran keselamatan siber yang direka khas untuk pelajar memahami konsep asas keselamatan siber melalui pendekatan pembelajaran interaktif dan digital. Kaedah pembelajaran tradisional yang masih bergantung kepada pendekatan manual dan fizikal didapati tidak efisien, sekali gus menyukarkan pelajar untuk mengakses sumber yang berstruktur dan terkini. Antara cabaran utama ialah kekurangan pengetahuan asas, ketiadaan platform komuniti yang menyokong pembelajaran, serta tiada sistem penjejakan kemajuan yang sistematik. CryptoSeven menyelesaikan isu ini dengan menyediakan modul pembelajaran berstruktur, kandungan mesra pengguna, sistem penjejakan kemajuan, dan platform komuniti interaktif. Semua ciri ini membantu mewujudkan pengalaman pembelajaran yang mudah diakses, tersusun, dan menyeluruh. Pembangunan platform ini menggunakan metodologi *Agile* yang merangkumi fasa pengkajian, pembangunan, dan pengujian. Antara teknologi utama yang digunakan termasuk *Next.js* untuk antaramuka pengguna, *Firebase* untuk pengurusan data dan pengesahan pengguna, serta *Cloudinary* untuk pengurusan media. Hasilnya, platform CryptoSeven berjaya dibangunkan sepenuhnya dengan ciri utama seperti modul interaktif, penjejakan kemajuan pengguna, komuniti pembelajaran, dan antaramuka mesra pengguna. Platform ini berpotensi besar untuk meningkatkan pemahaman asas keselamatan siber dalam kalangan pelajar dengan lebih berkesan melalui kaedah digital yang moden dan komprehensif.

Kata Kunci: Keselamatan Siber, E-Pembelajaran, Platform Interaktif, Pendidikan Digital, Gamifikasi

Abstract

CryptoSeven is a cybersecurity e-learning platform specifically designed to help beginners understand fundamental cybersecurity concepts through interactive and digital learning approaches. Traditional learning methods that still rely on manual and physical approaches are found to be inefficient, making it difficult for new students to access structured and up-to-date resources. Among the main challenges are the lack of basic knowledge, absence of community platforms that support learning, and the lack of systematic progress tracking systems. CryptoSeven addresses these issues by providing structured learning modules, beginner-friendly content, progress tracking systems, and interactive community platforms. All these features help create a learning experience that is accessible, organized, and comprehensive. The platform development uses Agile methodology encompassing research, development, and testing phases. Among the key technologies used include Next.js for user interface, Firebase for data management and user authentication, as well as Cloudinary for media management. As a result, the CryptoSeven platform has been successfully developed completely with key features such as interactive modules, user progress tracking, learning community, and user-friendly interface. This platform has great potential to enhance fundamental cybersecurity understanding among beginners more effectively through modern and comprehensive digital methods.

Keywords: Cyber Security, E-Learning, Interactive Platform, Digital Education, Gamification

1.0 Pengenalan

Dalam era digital hari ini, ancaman siber yang semakin canggih seperti serangan perisian tebusan menjadikan keselamatan siber sebagai kemahiran kritikal dalam pelbagai industri. Namun, dunia kini menghadapi kekurangan profesional keselamatan siber yang berkelayakan, satu kebimbangan global yang kian meruncing (Dhingra et al., 2024). Platform pembelajaran sedia ada seperti *HackTheBox* (HTB) dan *TryHackMe* (THM) sememangnya telah banyak menyumbang kepada latihan praktikal keselamatan siber. Walau bagaimanapun, platform-platform ini masih kekurangan laluan pembelajaran yang berstruktur dan kerangka kerja yang mesra pengguna, terutamanya untuk golongan pelajar. Kajian oleh Back dan Guerette (2021) menunjukkan bahawa latihan kesedaran keselamatan siber yang interaktif lebih berkesan dalam mencegah serangan pancingan data berbanding kaedah tradisional.

Platform pembelajaran keselamatan siber sedia ada menghadapi tiga isu utama yang mengesahkan keberkesanannya. Pertama, ketiadaan panduan yang berstruktur, di mana kebanyakan platform menumpukan kepada pembelajaran berasaskan cabaran tanpa bimbingan langkah demi langkah yang jelas, menyebabkan pengguna baru kesukaran memahami konsep asas. Kedua, struktur harga yang tinggi sering menjadi penghalang besar kerana untuk mengakses kandungan penuh dan ciri-ciri premium, pengguna perlu melanggan secara bulanan atau tahunan, yang boleh membebankan pelajar dan individu berkecukupan kewangan. Ketiga, keluk pembelajaran yang curam, di mana tanpa kurikulum yang jelas dan bimbingan mencukupi, pengguna sering dibiarkan menghadapi cabaran kompleks tanpa persediaan sewajarnya, menyebabkan kekecewaan dan mendorong mereka berputus asa (Švábenský et al., 2022).

Untuk mengatasi permasalahan tersebut, projek ini berhasrat membangunkan sebuah platform e-pembelajaran interaktif yang direka khusus untuk pendidikan keselamatan siber dengan empat penyelesaian utama. Platform ini akan menyediakan kurikulum yang terstruktur dan modular dengan laluan pembelajaran yang jelas serta penerangan konsep yang mendalam bagi mengurangkan keluk pembelajaran yang curam. Pendekatan pembelajaran hibrid akan diintegrasikan dengan menggabungkan pelbagai format seperti video, kuiz interaktif, dan cabaran *Capture The Flag* (CTF) berserta elemen gamifikasi untuk meningkatkan motivasi pengguna. Platform ini akan menawarkan model harga percuma sepenuhnya dengan semua kandungan pembelajaran, makmal, dan ciri premium disediakan tanpa sebarang bayaran untuk memastikan akses yang saksama. Selain itu, forum komuniti akan disediakan sebagai ruang untuk pengguna bertanya soalan, berkongsi pengetahuan, dan bekerjasama dalam menyelesaikan cabaran.

1.1 Objektif

Objektif projek ini adalah untuk:

- i. Menyiasat dan mengumpulkan maklumat berkenaan platform pembelajaran keselamatan siber sedia ada seperti HTB dan THM untuk mengenal pasti jurang dan keperluan dalam pendidikan keselamatan siber.

- ii. Menganalisis keperluan untuk membangunkan platform e-pembelajaran keselamatan siber yang berstruktur dan interaktif untuk mengatasi permasalahan kekurangan laluan pembelajaran yang sistematik.
- iii. Merekabentuk sebuah antara muka pengguna yang mesra pengguna dan responsif untuk memberi kemudahan kepada pelajar dan ahli kelab SIG Cyberhack & Ethics UKM berinteraksi dengan platform pembelajaran.
- iv. Membangunkan sebuah platform e-pembelajaran keselamatan siber yang komprehensif menggunakan teknologi web moden dengan ciri-ciri pembelajaran berasaskan video, kuiz interaktif dan acara CTF.

2.0 Sorotan Susastera

Sorotan susastera ini menganalisis platform pembelajaran keselamatan siber sedia ada untuk memahami lanskap semasa pendidikan keselamatan siber dan mengenal pasti jurang yang wujud dalam platform tersebut. Bidang keselamatan siber terus berkembang pesat seiring dengan kemajuan teknologi dan peningkatan ancaman siber. Namun, kekurangan profesional keselamatan siber yang berkecukupan menjadi isu kritikal secara global (Dhingra et al., 2024). Pendidikan keselamatan siber tradisional yang bersifat teori semata-mata menyebabkan jurang antara pengetahuan konseptual dan kemahiran praktikal yang diperlukan dalam dunia sebenar. Menyedari jurang ini, platform seperti HTB, THM, dan Let'sDefend telah muncul menawarkan latihan praktikal melalui persekitaran simulasi dan cabaran CTF yang terbukti lebih berkesan dalam meningkatkan pemahaman berbanding kaedah pembelajaran pasif.

Analisis terhadap HTB menunjukkan platform ini menawarkan persekitaran yang sangat menyerupai senario dunia sebenar dengan pelbagai mesin virtual yang mengandungi kerentanan keselamatan untuk dieksploitasi. HTB mempunyai kelebihan dalam menyediakan tahap kesukaran yang bervariasi dari mudah hingga sangat kompleks serta komuniti pengguna yang besar dan aktif. Walau bagaimanapun, platform ini mempunyai kelemahan ketara iaitu keluk pembelajaran yang sangat curam terutamanya bagi pelajar baru, ketiadaan panduan jelas atau kurikulum berstruktur, pendekatan pembelajaran sendiri "*do-it-yourself*", dan keperluan langganan berbayar untuk akses penuh yang menjadi penghalang bagi individu berkecukupan kewangan. Sebaliknya, THM lebih berorientasikan pendidikan dengan fokus pada ruangan terstruktur dan interaktif yang menyediakan penjelasan teori ringkas diikuti tugas praktikal. THM unggul dalam sifat mesra pelajar dengan panduan langkah demi langkah, kurikulum terstruktur untuk pelbagai domain keselamatan siber, elemen gamifikasi melalui sistem mata dan papan pendahulu, serta persekitaran pelayan awan yang mudah digunakan.

Setelah mengkaji kedua-dua platform yang telah dinyatakan, terdapat beberapa kesimpulan yang dapat dibuat mengenai kelebihan dan kelemahan platform tersebut. Perbandingan ini adalah berdasarkan fitur-fitur serta penyampaian informasi oleh kedua-dua platform ini. Jadual 2.1 menunjukkan perbandingan antara kedua-dua platform ini dengan platform CryptoSeven yang akan dibangunkan.

Jadual 2.1 Perbandingan Antara *TryHackMe*, *Hack The Box* dan *CryptoSeven*

	<i>TryHackMe</i>	<i>Hack The Box</i>	<i>CryptoSeven</i>
Harga	Langganan bulanan/tahunan (USD ~\$4.5/bulan) untuk akses penuh	Lebih tinggi (HTB Academy Pro USD ~\$24.99/bulan)	Percuma Sepenuhnya
Akses Percuma	Menawarkan sebahagian laluan secara percuma	Mesin percuma sangat terhad, terutamanya untuk cabaran yang relevan	Akses percuma menyeluruh kepada semua laluan pembelajaran utama. Ditekankan sebagai platform pembelajaran terbuka dan inklusif.
Keluk Pembelajaran	Cenderung terlalu mudah pada permulaan, tidak cukup mencabar untuk pengguna pertengahan hingga lanjutan	Terlalu curam untuk pelajar, tiada laluan pembelajaran yang benar-benar membimbing pengguna dari asas hingga lanjutan secara sistematik.	Keluk pembelajaran bertahap dan adaptif.
Sokongan Komuniti	Terdapat forum dan Discord, tetapi cenderung pasif dan terlalu bergantung kepada <i>walkthrough</i> rasmi.	Komuniti aktif, tetapi peraturan melarang perkongsian penyelesaian secara langsung	Komuniti terbuka & bimbingan rakan sebaya. Pengguna boleh berbincang, berkongsi petunjuk untuk membantu pengguna lain
Mesra Pengguna Pelajar	Ya, Sangat	Tidak, Kurang	Ya, Sangat

Berdasarkan analisis literatur dan perbandingan platform sedia ada, terdapat ruang jelas untuk pembangunan platform e-pembelajaran keselamatan siber yang dapat mengisi jurang yang ada, terutama bagi pelajar dengan kekangan kewangan. Cadangan pembangunan platform CryptoSeven adalah untuk menyediakan platform e-pembelajaran keselamatan siber interaktif yang komprehensif, percuma sepenuhnya, dengan kurikulum sangat terstruktur yang menggabungkan kandungan teori melalui video, kuiz interaktif, dan cabaran CTF. Platform ini akan direka dengan keluk pembelajaran landai yang memulakan pengguna dengan konsep asas dan secara progresif memperkenalkan topik kompleks, menekankan pengalaman pengguna yang intuitif dan elemen gamifikasi untuk memastikan motivasi tinggi, serta mengintegrasikan forum komuniti untuk memupuk pembelajaran kolaboratif dan perkongsian pengetahuan. Pendekatan ini bertujuan menyediakan penyelesaian yang lebih inklusif dan

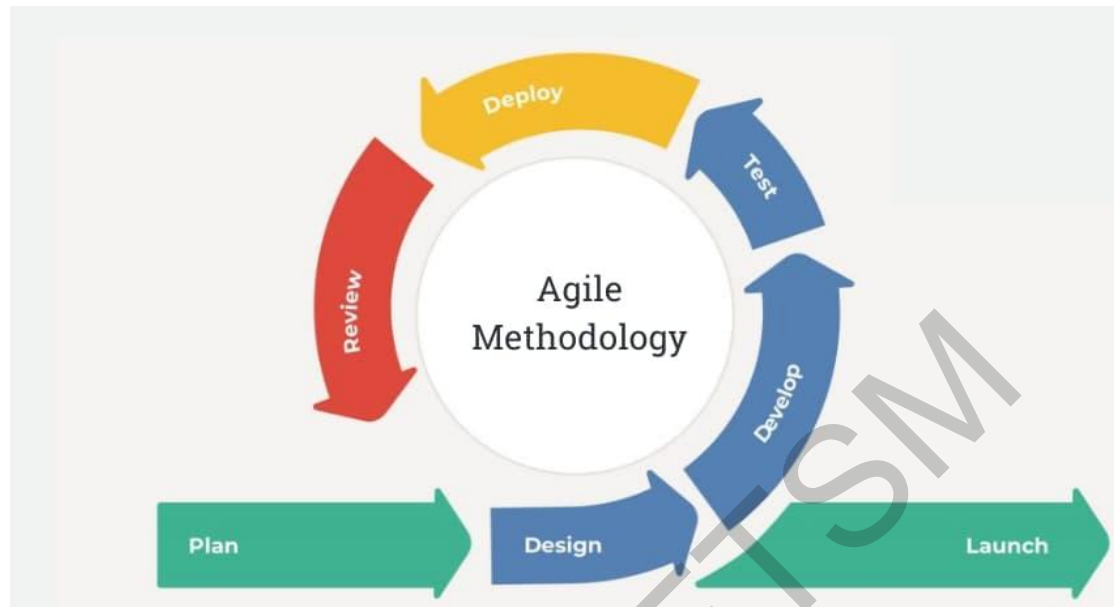
efektif bagi individu yang ingin membina kemahiran keselamatan siber tanpa halangan kos atau kekeliruan struktur pembelajaran yang dialami dalam platform sedia ada.

3.0 Metodologi

Pendekatan pembangunan perisian *Agile*, khususnya kerangka kerja *Scrum*, akan digunakan untuk projek pembangunan platform e-pembelajaran keselamatan siber interaktif ini. Pilihan ini adalah kerana sifatnya yang fleksibel, berulang, dan berpusatkan kepada maklum balas pengguna, menjadikannya sangat sesuai untuk projek pembangunan perisian yang dinamik. Metodologi *Agile* membolehkan pasukan projek menyesuaikan diri dengan perubahan keperluan, menguruskan kekangan masa dan sumber dengan lebih efektif, serta memastikan produk akhir sentiasa relevan dan memenuhi keperluan pengguna (Laoyan, 2024).

Penggunaan *Scrum* menyokong prinsip pembangunan berulang (*iterative*) dan maklum balas berterusan. Ini bermakna modul pembelajaran, ciri interaktif, atau penambahbaikan boleh diuji dan diperbaiki secara berterusan berdasarkan input daripada pengguna awal, memastikan pengalaman pembelajaran yang optimum. Kajian oleh Sutherland (2014) menjelaskan bagaimana *Scrum* meningkatkan produktiviti dan kualiti produk melalui kitaran pembangunan yang pendek dan maklum balas segera. Selain itu, metodologi *Agile* juga penting dalam pengurusan masa dan sumber yang efektif, membolehkan pembangun mengutamakan ciri-ciri kritikal dan menguruskannya dalam tempoh masa yang ditetapkan. Pendekatan ini selari dengan prinsip kejuruteraan perisian moden yang menekankan pembangunan produk perisian yang iteratif dan responsif (Sommerville, 2020).

Secara keseluruhannya, pemilihan *Agile* dan *Scrum* untuk pembangunan platform e-pembelajaran keselamatan siber ini adalah strategik, kerana ia membolehkan pasukan bertindak balas dengan pantas terhadap perubahan keperluan pasaran dan teknologi. Ini juga memastikan produk akhir yang dihasilkan adalah relevan dan benar-benar memenuhi keperluan pengguna. Dengan tumpuan kepada fleksibiliti dan penglibatan pengguna secara aktif, metodologi ini akan menyumbang kepada pembangunan platform yang berjaya, fungsian, dan menarik. Pressman dan Maxim (2019) menekankan bahawa pendekatan *Agile* adalah pendekatan yang praktikal untuk pembangunan perisian yang memerlukan adaptasi berterusan terhadap perubahan keperluan.



Rajah 3.1 Rajah Metodologi *Agile* Yang Akan Digunakan Untuk Membangunkan Projek

3.1 Keperluan Pengguna

Keperluan fungsian pengguna merujuk kepada ciri-ciri dan fungsi yang dikehendaki oleh pengguna akhir, serta kualiti yang diharapkan daripada sistem tersebut. Keperluan ini adalah asas kepada kejayaan projek kerana ia memastikan produk yang dibangunkan memenuhi jangkaan dan matlamat pengguna sebenar (Barrett, 2023). Jadual 3.1 di bawah menunjukkan keperluan pengguna yang telah dikumpulkan bagi platform CryptoSeven.

Jadual 3.1 Senarai Keperluan Pengguna

Pengguna	Keperluan Pengguna
Pelajar	Platform perlulah membolehkan pelajar mendaftar dan log masuk ke platform dengan mudah dan selamat. Platform perlulah membolehkan pelajar akses kepada pelbagai modul pembelajaran keselamatan siber yang tersusun mengikut tahap kemahiran Platform perlulah membolehkan pelajar berinteraksi dengan kandungan pembelajaran yang pelbagai seperti video, kuiz dan CTF. Platform perlulah membolehkan pelajar untuk menjejak kemajuan pembelajaran mereka dan melihat markah atau penilaian bagi setiap aktiviti atau modul. Platform perlulah membolehkan pelajar menghantar posting di ruang forum

3.2 Keperluan Fungsian

Keperluan fungsian menentukan fungsi-fungsi utama yang mesti dilaksanakan oleh platform CryptoSeven. Keperluan ini merangkumi aspek-aspek kritikal seperti pengurusan akaun pengguna, interaksi dengan kandungan pembelajaran, penjejakan kemajuan pelajar, dan komunikasi melalui forum. Setiap keperluan fungsian direka untuk memastikan platform dapat memberikan pengalaman pembelajaran keselamatan siber yang berkesan dan menyeluruh. Jadual 3.2 di bawah menunjukkan senarai keperluan fungsian sistem bagi platform CryptoSeven.

Jadual 3.2 Senarai Keperluan Sistem

Aspek	Keperluan Sistem
Pengurusan akaun dan akses	Sistem mesti membenarkan pelajar mendaftar akaun baharu dengan menyediakan maklumat yang diperlukan Sistem mesti menyediakan fungsi log masuk yang selamat
Interaksi Kandungan Pembelajaran	Sistem mesti memaparkan modul pembelajaran yang tersusun mengikut kategori dan tahap kemahiran Sistem mesti membolehkan pelajar mengakses kandungan dalam setiap modul pembelajaran. Sistem mesti menyediakan antaramuka untuk

menyelesaikan kuiz pelbagai jenis

Sistem mesti membenarkan pelajar menyertai dan menghantar jawapan untuk cabaran CTF

Penjejakan Kemajuan dan Penilaian	Sistem mesti merekodkan kemajuan pelajar dalam setiap modul dan kursus yang diambil.
	Sistem mesti menyediakan paparan ringkasan kemajuan keseluruhan pelajar.
Komunikasi Forum	Sistem mesti membenarkan pelajar membuat posting baharu dalam ruang forum yang berkaitan.
	Sistem mesti membenarkan pelajar membalas posting sedia ada dalam forum

4.0 Hasil

Bab ini membentangkan hasil pembangunan dan pengujian platform CryptoSeven, merangkumi proses pembangunan sistem, pelaksanaan pengujian komprehensif, dan analisis keputusan yang diperolehi. Pengujian perisian merupakan fasa kritikal dalam kitaran pembangunan sistem untuk memastikan aplikasi berfungsi dengan tepat dan memenuhi keperluan pengguna, melibatkan pengesahan fungsi, prestasi, dan kebolehgunaan sistem, sekaligus mengurangkan risiko kecacatan dan kegagalan sistem (Sommerville, 2020). Proses pembangunan platform CryptoSeven melibatkan penggunaan segmen kod kritikal dan pembangunan pangkalan data menggunakan *Firebase* untuk mengurus penyimpanan serta pengendalian data pengguna, memastikan setiap perubahan dan interaksi pengguna diselaraskan dengan sistem pangkalan data *Firebase Firestore* secara sistematik dan selamat. Kod kritikal yang dibangunkan merangkumi fungsi daftar dan log masuk pengguna dengan struktur data pengguna yang disimpan di *Firebase Firestore*, pengendalian kursus untuk memaparkan video mengikut status pengguna dengan pangkalan data kursus dan modul yang terstruktur, serta pengendalian kuiz yang mengenal pasti status tuntutan ganjaran pengguna dengan pangkalan data kuiz dan soalan yang komprehensif.

Pelan pengujian platform CryptoSeven dirancang secara teliti dengan objektif memperincikan aktiviti yang diperlukan bagi mempersiapkan dan menjalankan pengujian aplikasi, menentukan sumber rujukan dan peralatan pengujian yang diperlukan, serta memastikan aplikasi menepati keperluan pengguna. Pengujian berdasarkan Spesifikasi Keperluan Sistem dan Spesifikasi Reka Bentuk Sistem melibatkan tujuh fungsi utama dengan tahap risiko yang berbeza, iaitu daftar dan log masuk (risiko tinggi), daftar kursus pilihan (risiko sederhana), mempelajari bahan kursus (risiko tinggi), memainkan kuiz (risiko tinggi), mengambil bahagian acara CTF (risiko tinggi), melihat hasil pencapaian (risiko sederhana), dan berinteraksi dengan rakan sebaya (risiko tinggi). Pendekatan pengujian menggunakan dua kaedah utama iaitu Ujian Kotak Hitam yang memberi tumpuan kepada fungsi perisian dari sudut pandang pengguna tanpa mengambil kira struktur dalaman kod, dan Ujian

Kebolehgunaan yang menilai sejauh mana aplikasi mudah dipahami, mesra pengguna, dan menyokong keberkesanan interaksi pengguna dengan antaramuka sistem.

4.1 Pengujian Fungsian

Hasil pengujian fungsian direkodkan dengan terperinci dalam log pengujian. Jadual 4.1 menunjukkan log pengujian untuk aplikasi CryptoSeven.

Jadual 4.1		Keputusan Pengujian Fungsian		
ID Kes Ujian	ID Keperluan	Jenis Pengujian	Alatan	Status
TC001	F001	Fungsian	Manual	Lulus
TC002	F002	Fungsian	Manual	Lulus
TC003	F003	Fungsian	Manual	Lulus
TC004	F004	Fungsian	Manual	Lulus
TC005	F005	Fungsian	Manual	Lulus
TC006	F006	Fungsian	Manual	Lulus
TC007	F007	Fungsian	Manual	Lulus

4.2 Pengujian Kebolehgunaan

Pengujian kebolehgunaan dilaksanakan ke atas 15 orang individu untuk mendapatkan maklum balas mereka semasa menggunakan aplikasi CryptoSeven. Tujuan utama adalah untuk memastikan pengguna dapat menggunakan aplikasi ini dengan mudah, berkesan, dan memuaskan. Pengujian kebolehgunaan yang dijalankan melibatkan beberapa faktor utama seperti kebolehgunaan, kualiti maklumat, dan kualiti antaramuka. Borang maklum balas diberikan berdasarkan skala berikut: (1: Sangat tidak setuju, 2: Tidak setuju, 3: Tidak pasti, 4: Setuju, 5: Sangat setuju).

Jadual 4.2 menunjukkan keputusan purata bagi ujian kebolehgunaan mengikut soalan. Purata keseluruhan bagi pengujian ini adalah 4.5, menunjukkan kepuasan pengguna terhadap aplikasi.

Jadual 4.2 Soalan Pengujian Kebolehgunaan	
Soalan	Purata
Aplikasi ini mudah untuk dipelajari dan digunakan.	4.8
Saya mendapati antara muka aplikasi ini adalah intuitif.	4.46

Saya berpuas hati dengan fungsi dan ciri-ciri yang disediakan.	4.46
Saya rasa aplikasi ini membantu saya mencapai matlamat pembelajaran saya.	4.26
Purata Keseluruhan	4.5

4.3 Pengujian Kualiti Antara Muka

Jadual 4.3 menunjukkan keputusan purata bagi ujian kualiti antaramuka aplikasi mengikut soalan. Purata keseluruhan bagi pengujian adalah 4.04, menunjukkan kepuasan pengguna terhadap antaramuka yang digunakan dalam aplikasi ini.

Jadual 4.3 Soalan Pengujian Kualiti Antara Muka

Soalan	Purata
Saya mendapati bahawa reka bentuk antara muka platform ini sangat menarik	4.6
Saya mendapati reka bentuk antara muka platform ini mudah difahami	4.53
Saya mendapati reka bentuk antara muka platform ini mudah untuk digunakan	4.46
Saya mendapati terdapat reka bentuk antara muka platform ini tidak diperlukan	2.6
Purata Keseluruhan	4.04

5.0 Kesimpulan

Platform e-pembelajaran keselamatan siber interaktif CryptoSeven telah berjaya mencapai objektif utama yang ditetapkan sebagai penyelesaian berkesan untuk pendidikan keselamatan siber. Kajian literatur yang dijalankan telah memberikan asas kukuh untuk pembangunan platform ini dengan mengenal pasti kekuatan dan kelemahan platform sedia ada seperti HTB dan THM. Metodologi pembangunan yang sistematik menggunakan pendekatan *Agile* dan kerangka kerja *Scrum* telah memastikan proses pembangunan yang efisien dan berkualiti tinggi.

Platform ini mempunyai beberapa kekuatan utama yang menjadikannya berkesan untuk pendidikan keselamatan siber. Antaramuka pengguna yang mesra dan intuitif dengan reka bentuk responsif membolehkan pengguna dari pelbagai peringkat kemahiran menggunakan sistem dengan mudah. Kandungan pembelajaran yang komprehensif merangkumi topik penting seperti *SQL Injection*, *Reverse Engineering*, dan *Kali Linux*, manakala pendekatan pembelajaran interaktif melalui kuiz dan Cabaran CTF membolehkan pengguna menerapkan pengetahuan teori dalam situasi praktikal. Elemen gamifikasi seperti

sistem mata dan papan pendahulu telah terbukti berkesan dalam meningkatkan penglibatan dan motivasi pengguna.

Walaupun berjaya mencapai objektif, terdapat beberapa kekangan yang dihadapi semasa pembangunan. Tempoh masa pembangunan yang terhad menyebabkan beberapa ciri lanjutan seperti sistem AI untuk cadangan pembelajaran yang diperibadikan tidak dapat dilaksanakan sepenuhnya. Sumber dan bajet yang terhad telah membatasi skop pembangunan platform, terutamanya dalam aspek infrastruktur pelayan dan kapasiti sistem. Skop kandungan pembelajaran masih terhad kepada bidang utama sahaja dan memerlukan penambahan kandungan yang lebih khusus dalam sub-domain keselamatan siber tertentu. Pengujian kebolegunaan yang hanya melibatkan 15 pengguna mungkin tidak mewakili kepelbagaian pengguna sebenar.

Secara keseluruhannya, projek ini telah menunjukkan potensi besar untuk menyumbang kepada usaha menangani kekurangan kemahiran dalam bidang keselamatan siber. Platform CryptoSeven bukan sahaja menyediakan alat pembelajaran yang berkesan tetapi juga membuka peluang untuk penyelidikan dan pembangunan lanjutan. Hasil pengujian menunjukkan platform telah memenuhi keperluan fungsian dan bukan fungsian dengan tahap kepuasan pengguna yang tinggi. Kejayaan projek ini adalah hasil gabungan penyelidikan yang teliti, reka bentuk berpusatkan pengguna, dan implementasi teknikal berkualiti yang diharapkan dapat menyumbang positif kepada usaha global dalam menangani cabaran keselamatan siber dan membina tenaga kerja berkecekapan dalam bidang ini.

6.0 Penghargaan

Dengan nama Allah yang Maha Besar lagi Maha Mengasihani. Pertama sekali, saya ingin mengucapkan rasa syukur ke hadrat Ilahi kerana dengan limpah kurniaNya, saya dapat menyiapkan projek tahun akhir ini dengan jayanya.

Setinggi-tinggi penghargaan dan ucapan terima kasih saya tujukan kepada penyelia projek saya, Prof. Madya Dr. Suhaila Binti Zainudin atas bimbingan, tunjuk ajar serta sokongan yang tidak pernah putus sepanjang perjalanan projek ini. Segala ilmu dan panduan yang diberikan amat saya hargai dan menjadi pemangkin kejayaan projek ini.

Seterusnya, saya juga ingin merakamkan ucapan terima kasih kepada seluruh pensyarah di Fakulti Teknologi dan Sains Maklumat yang telah mencurahkan ilmu dan membimbing saya dengan penuh dedikasi. Setiap ilmu dan pengalaman yang dikongsikan menjadi asas penting dalam pelaksanaan projek ini.

Ucapan terima kasih yang paling istimewa ditujukan kepada kedua ibu bapa saya yang tercinta. Segala doa, kasih sayang, pengorbanan, serta sokongan moral dan emosi yang tidak pernah luntur menjadi sumber kekuatan dan semangat saya untuk terus melangkah maju. Tanpa mereka, perjalanan ini tidak akan semudah ini.

Akhir sekali, terima kasih juga kepada rakan-rakan seperjuangan saya yang banyak memberi pendapat, nasihat dan sokongan dari segi mental dan fizikal sepanjang tempoh menyiapkan projek tahun akhir ini. Sekian, terima kasih.

7.0 Rujukan

- Alghamdi, M., & Younis, Y. (2021). [The use of computer games for teaching and learning cybersecurity in higher education institutions](#). Journal of Engineering Research, 9(3A).
- Back, S., & Guerette, R. (2021). [Cyber place management and crime prevention: The effectiveness of cybersecurity awareness training against phishing attacks](#). Journal of Contemporary Criminal Justice, 37(3), 427-451.
- Barrett, K. (2023, September 8). [Guide to user requirements](#). QAT Global.
- Borrás-Gené, O., Martínez-Núñez, M., & Fidalgo-Blanco, Á. (2019). [Enhancing fun through gamification to improve engagement in MOOC](#). Informatics, 6(3), 28.
- Dhingra, M., Sharma, S., & Kumar, A. (2024, September 22). [Cybersecurity challenges and opportunities in Education 4.0](#).
- GeeksforGeeks. (2024, July). [MVC architecture system design](#). GeeksforGeeks.
- HackTheBox. (2024). [Hacking Training for the Best](#). Hack the Box.
- Karagiannis, S., & Magkos, E. (2020). [Adapting CTF challenges into virtual cybersecurity learning environments](#). Information and Computer Security, 29(1), 105-132.
- Laoyan, S. (2024, February 2). [What is agile methodology? \(A beginner's guide\) \[2024\]](#). Asana.
- Pressman, R. S., & Maxim, B. R. (2019). Software engineering: A practitioner's approach (9th ed.). McGraw-Hill Education.

- Raju, R., Ahmad, A., & Hassan, S. (2022). [Cyber security awareness in using digital platforms among students in a higher learning institution](#). Asian Journal of University Education, 18(3), 756-766.
- Sommerville, I. (2020). Engineering software products: An introduction to modern software engineering. Pearson.
- Sutherland, J. (2014). Scrum: The art of doing twice the work in half the time. Crown Business.
- Švábenský, V., Vykopal, J., Čeleda, P., & Kraus, L. (2022). [Applications of educational data mining and learning analytics on data from cybersecurity training](#). Education and Information Technologies, 27(9), 12179-12212.
- Švábenský, V., Vykopal, J., Čeleda, P., Tkáčik, K., & Popovič, D. (2022). [Student assessment in cybersecurity training automated by pattern mining and clustering](#). Education and Information Technologies, 27(7), 9231-9262.
- TryHackMe. (2018). [TryHackMe | Cyber Security Training](#). TryHackMe.
- Xiao, H., Hao, W., Liao, Q., Ye, Q., Cao, C., & Zhong, Y. (2023). [Exploring the gamification of cybersecurity education in higher education institutions: An analytical study](#). SHS Web of Conferences, 166, 01036.

Muhammad Adam Mirza Bin Hesri Faizal (A194333)
Prof. Madya Dr. Suhaila Binti Zainudin
Fakulti Teknologi & Sains Maklumat
Universiti Kebangsaan Malaysia