SAINTEK: Jurnal Sains, Teknologi & Komputer
Vol. 2, No. 3, Oktober 2025, pp. 103~111

Rancang bangun platform *capture the flag* (ctf) berbasis *website* untuk pembelajaran dasar keamanan siber di prodi sistem informasi UNUSU dengan metode *waterfall*

Muhammad Ridho Siregar[1], Muhammad Khaibar Putra Adithia[2], Junaidi[3]
[1,2,3]Universitas Nahdlatul Ulama Sumatera Indonesia, Indonesia
Email: muhammadridhosiregar26@gmail.com; ibaradithia94@gmail.com; junaidy2906@gmail.com

ABSTRAK

Perkembangan teknologi informasi yang pesat di era digital menuntut pemahaman yang lebih mendalam mengenai keamanan siber, khususnya bagi mahasiswa di bidang sistem informasi. Untuk mendukung proses pembelajaran, diperlukan media interaktif yang tidak hanya menyediakan pengetahuan teoretis tetapi juga pengalaman praktis. Salah satu pendekatan yang dapat diterapkan adalah pengembangan platform *Capture The Flag* (CTF) berbasis web sebagai alat pembelajaran untuk pelatihan dasar keamanan siber bagi mahasiswa Program Studi Sistem Informasi di UNUSU. Sistem ini dirancang dan dikembangkan menggunakan metode *Waterfall*, yang mencakup tahap analisis kebutuhan, perancangan sistem, implementasi, pengujian, dan pemeliharaan. Platform yang dihasilkan menawarkan berbagai tantangan dasar keamanan siber, sistem penilaian otomatis, dasbor peringkat peserta, serta materi pendukung untuk membantu mahasiswa memahami konsep sebelum mencoba tantangan. Sistem ini dirancang dan dikembangkan menggunakan metode *Waterfall*, yang mencakup tahap analisis kebutuhan, perancangan sistem, implementasi, pengujian, dan pemeliharaan. Platform yang dihasilkan menawarkan berbagai tantangan dasar keamanan siber, sistem penilaian otomatis, dasbor peringkat peserta, serta materi pendukung untuk membantu mahasiswa memahami konsep sebelum mencoba tantangan.

Kata Kunci: *waterfall*; *capture the flag;* keamanan siber; sistem informasi.

ABSTRACT

The rapid development of information technology in the digital era requires a deeper understanding of cybersecurity, particularly for students in the field of information systems. To support the learning process, an interactive medium is needed that not only provides theoretical knowledge but also practical experience. One approach that can be applied is the development of a web-based Capture The Flag (CTF) platform as a learning tool for basic cybersecurity training for students of the Information Systems Study Program at UNUSU. This system was designed and developed using the Waterfall method, which includes the stages of requirements analysis, system design, implementation, testing, and maintenance. The resulting platform offers a variety of basic cybersecurity challenges, an automated scoring system, participant ranking dashboards, and supporting materials to help students understand the concepts before attempting the challenges. This system was designed and developed using the Waterfall method, which includes the stages of requirements analysis, system design, implementation, testing, and maintenance. The resulting platform offers a variety of basic cybersecurity challenges, an automated scoring system, participant ranking dashboards, and supporting materials to help students understand the concepts before attempting the challenges.

Keyword: *waterfall; capture the flag; cybersecurity; information systems*

Corresponding Author:
Muhammad Ridho Siregar,
Universitas Nahdlatul Ulama Sumatera Utara,
Jl. Gaperta Ujung No.2, Tj. Gusta, Kec. Medan Helvetia, Kota Medan, Sumatera Utara 20125, Indonesia
Email: muhammadridhosiregar26@gmail.com

1. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi informasi yang pesat meningkatkan frekuensi serangan siber secara global maupun di Indonesia, sebagaimana terlihat dari laporan CISA tahun 2024 dan temuan BSSN tahun 2023 (Alfi et al., 2023). Kondisi ini menunjukkan bahwa ancaman keamanan siber semakin serius dan membutuhkan pemahaman mendalam, terutama bagi mahasiswa Sistem Informasi yang dipersiapkan sebagai tenaga ahli di bidang teknologi informasi (Akbar, 2022). Namun, pembelajaran keamanan siber di UNUSU masih didominasi pendekatan teoretis tanpa dukungan media praktis, sehingga mahasiswa kesulitan memahami konsep dan keterampilan teknis yang dibutuhkan.

Pendekatan *Capture The Flag* (CTF) menjadi metode pembelajaran praktis yang efektif karena memberikan tantangan berbasis skenario nyata, tetapi UNUSU belum memiliki platform khusus untuk tingkat dasar. Ketiadaan sarana ini membuat mahasiswa kurang siap menghadapi ancaman dunia kerja yang menuntut kemampuan analisis, pemecahan masalah, dan pemahaman celah keamanan (Kartasasmita et al., 2025).

Pengembangan platform CTF berbasis web dipandang sebagai solusi yang relevan karena mudah diakses dan dapat menyediakan tantangan dasar seperti *SQL injection, cross-site scripting* (XSS), dan analisis log. Penelitian ini menggunakan metode *Waterfall* yang terstruktur, sehingga proses pengembangan dapat dilakukan secara sistematis mulai dari analisis kebutuhan hingga pengujian (Siburian & Latifah, 2023). Penelitian ini bertujuan merancang platform CTF berbasis web untuk mendukung pembelajaran dasar keamanan siber di UNUSU serta meningkatkan kompetensi dan kesiapan mahasiswa menghadapi tantangan keamanan siber di dunia profesional.

2. METODE PENELITIAN

A. Metode Pengumpulan Data

Data yang dikumpulkan oleh peneliti menggunakan beberapa metode, antara lain:

1) Studi Literatur

Studi literatur dilakukan untuk memperoleh landasan teori terkait konsep *Capture The Flag* (CTF) (Sugiyarto et al., 2025), keamanan siber dasar (Laksana et al., 2024), dan metode pengembangan perangkat lunak *Waterfall*. Sumber literatur yang digunakan meliputi buku, jurnal ilmiah, prosiding konferensi, dan artikel daring yang kredibel. Hasil studi literatur ini digunakan sebagai acuan dalam perancangan sistem serta penentuan fitur yang akan dikembangkan.

2) Observasi

Observasi dilakukan di Program Studi Sistem Informasi Universitas Nahdlatul Ulama Sumatera Utara (UNUSU) untuk melihat secara langsung proses pembelajaran keamanan siber yang sedang berjalan. Melalui observasi ini, peneliti dapat mengidentifikasi kebutuhan pengguna (mahasiswa dan dosen) terhadap platform pembelajaran berbasis CTF.

3) Wawancara

Wawancara dilakukan dengan dosen pengampu mata kuliah yang berkaitan dengan keamanan siber serta beberapa mahasiswa. Tujuan wawancara adalah untuk mendapatkan informasi mendalam mengenai materi yang perlu dimasukkan, tingkat kesulitan soal, serta preferensi desain antarmuka agar sistem yang dibangun dapat digunakan secara efektif dalam pembelajaran.

B. Metode Pengembangan Sistem

Dalam penelitian ini, prosedur yang digunakan mengacu pada metode pengembangan perangkat lunak *Waterfall*, yang dipilih karena memiliki tahapan yang terstruktur dan berurutan sehingga memudahkan dalam proses perancangan hingga pengujian sistem (Prasetyo & Putra, 2021).

Gambar 1. Diagram Waterfall

Tahapan pengembangan sistem yang dilakukan meliputi:

1) Requirement Analysis

Tahap *requirement analysis* merupakan langkah awal ketika peneliti bekerja sama dengan pihak terkait, seperti dosen dan mahasiswa Prodi Sistem Informasi UNUSU, untuk memahami dan merumuskan tujuan utama dari pengembangan platform *Capture The Flag* (CTF) berbasis situs web. Pada tahap ini, dilakukan identifikasi kebutuhan fungsional dan nonfungsional sistem, serta permasalahan yang selama ini muncul dalam proses pembelajaran dasar keamanan siber. Selain itu, tahap ini juga menentukan spesifikasi teknis dan sumber daya yang diperlukan agar platform yang dibangun dapat berfungsi secara optimal serta mendukung proses pembelajaran secara interaktif dan efektif.

a) Mengidentifikasi Masalah

Pada tahap ini, dilakukan identifikasi terhadap permasalahan yang ada dalam proses pembelajaran keamanan siber, khususnya dalam penerapan materi *Capture The Flag* (CTF). Saat ini, belum tersedia platform berbasis situs web yang memadai untuk memfasilitasi mahasiswa dalam berlatih dan mengasah kemampuan dasar keamanan siber secara interaktif. Selain itu, proses pembelajaran yang ada masih bersifat konvensional sehingga kurang efektif dalam memberikan pengalaman langsung kepada mahasiswa.

Tabel 1. Identifikasi Masalah

No.	Masalah	Penyebab Masalah
1	Belum adanya platform *Capture The Flag* berbasis web untuk pembelajaran keamanan siber di Prodi SI.	Kurangnya sarana yang mendukung pembelajaran interaktif dan praktik langsung dalam keamanan siber.
2	Pembelajaran keamanan siber masih menggunakan metode konvensional yang kurang interaktif dan menarik.	Metode pengajaran yang dominan teori tanpa media pembelajaran yang memadai dan menarik.

b) Kebutuhan Sistem

Berdasarkan hasil identifikasi masalah sebelumnya, dapat ditentukan kebutuhan-kebutuhan yang harus dipenuhi oleh sistem untuk membantu pengguna mengatasi kendala yang ada serta mempermudah proses pembelajaran. Kebutuhan ini mencakup fitur dan fungsi yang harus ada agar platform CTF berbasis situs web dapat berjalan efektif. Kebutuhan pengguna dan spesifikasi teknis tersebut dirangkum dalam Tabel 2.

Tabel 2. Kebutuhan Sistem

Bagian	Uraian Tugas	Identifikasi Kebutuhan
Admin	• Mengelola akun pengguna (mahasiswa dan dosen)	• Membuat sistem manajemen pengguna yang memudahkan admin dalam mengelola pendaftaran dan data pengguna.
	• Menambah, mengubah, dan menghapus tantangan CTF	• Memiliki fitur pengelolaan tantangan untuk memperbarui (*update*) soal dan materi pembelajaran secara mudah dan terstruktur.
	• Memantau aktivitas pengguna	• Sistem mampu menampilkan laporan dan statistik aktivitas pengguna secara *real-time* untuk evaluasi pembelajaran.
Mahasiswa	• Mengerjakan tantangan CTF	• Platform menyediakan kemudahan akses untuk memilih dan menyelesaikan tantangan keamanan siber.
	• Melihat *progress* dan hasil penilaian	• Menyediakan *dashboard* yang menampilkan progres, nilai, dan riwayat latihan mahasiswa secara transparan.

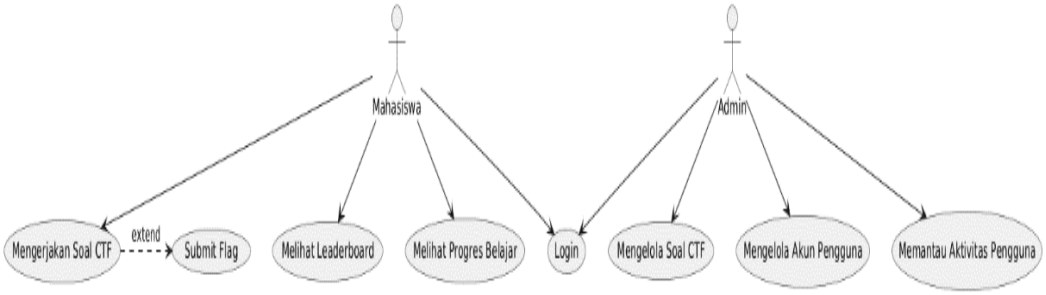
c) Kebutuhan Data / Basis Data

Agar platform berfungsi dengan baik, sistem harus menyimpan data yang lengkap dan terstruktur. Data yang diperlukan antara lain:

- Data pengguna: ID pengguna, nama, NIM atau NIP, *email*, kata sandi yang terenkripsi, dan peran (mahasiswa atau dosen).
- Data tantangan (*challenges*): ID tantangan, judul, deskripsi, kategori (misalnya *web*, kriptografi, forensik), tingkat kesulitan, skor, *flag*, dan *ciphertext* untuk tantangan kriptografi.
- Data jawaban (*submissions*): ID *submission*, ID pengguna, ID tantangan, jawaban yang dikirim, status jawaban (benar/salah), dan *timestamp*.
- Data skor dan papan peringkat (*leaderboard*): ID skor, ID pengguna, total skor, dan peringkat mahasiswa.
- Data konfigurasi sistem: pengaturan platform, seperti waktu penyelesaian tantangan, jumlah soal aktif, serta algoritma enkripsi yang digunakan.

d) Kebutuhan Bisnis

Kebutuhan bisnis dalam penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi proses dan kebutuhan yang terkait dengan pengembangan platform *Capture The Flag* (CTF) berbasis situs web sebagai media pembelajaran dasar keamanan siber di Prodi Sistem Informasi UNUSU. Pengembangan platform ini bertujuan menciptakan sarana pembelajaran yang efektif, interaktif, dan mudah diakses oleh mahasiswa, sehingga dapat meningkatkan pemahaman dan keterampilan mereka dalam bidang keamanan siber. Dengan demikian, platform ini diharapkan dapat mendukung proses belajar-mengajar secara optimal dan memberikan nilai tambah bagi mahasiswa serta dosen di Prodi Sistem Informasi UNUSU.



Gambar 2. Use Case Kebutuhan Bisnis

Dengan memenuhi kebutuhan bisnis dan menyimpan data secara terstruktur di basis data MySQL, platform CTF dapat berjalan efektif, memberikan pengalaman belajar yang interaktif, serta memudahkan pengajar dalam memantau dan mengevaluasi kemampuan mahasiswa. Struktur data yang jelas juga mempermudah pengembangan dan pemeliharaan sistem di masa mendatang.

2) System Design

Pada tahap ini, dilakukan proses perancangan sistem platform *Capture The Flag* (CTF) berbasis situs web yang bertujuan memenuhi kebutuhan pengguna dalam pembelajaran dasar keamanan siber. Proses desain ini juga meliputi evaluasi dan perbaikan apabila ditemukan ketidaksesuaian antara hasil rancangan dengan kebutuhan yang diharapkan oleh pengguna maupun analis guna memastikan sistem dapat berjalan sesuai dengan tujuan yang telah ditetapkan.

a) Perancangan Berorientasi Objek (Object-Oriented Design)

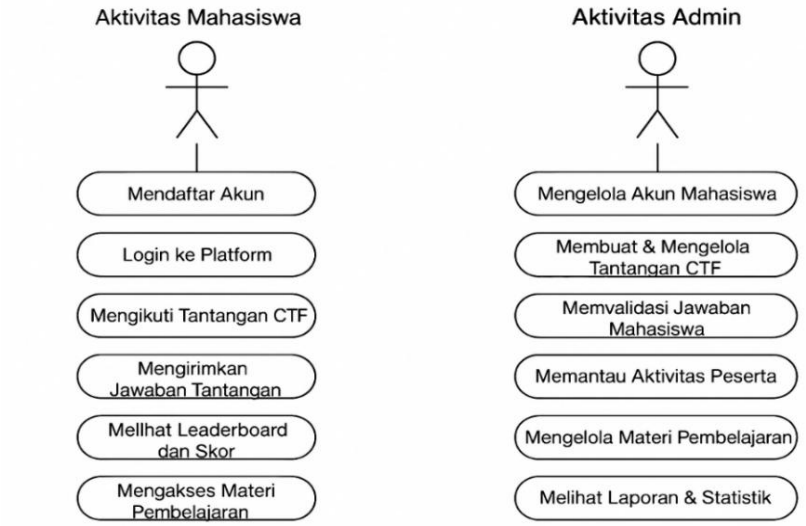
Dalam perancangan sistem yang diusulkan, digunakan pendekatan berorientasi objek (*object-oriented*) dengan memanfaatkan UML (*Unified Modeling Language*). Proses perancangan ini meliputi pembuatan diagram penting, seperti *use case diagram*, *activity diagram*, *sequence diagram*, dan *class diagram*. Selain itu, dilakukan pula perancangan ERD (*Entity Relationship Diagram*) untuk mendefinisikan struktur basis data (*database*), serta perancangan antarmuka pengguna (*user interface*) yang akan digunakan pada platform *Capture The Flag* (CTF).

b) Perancangan *Use Case Diagram*

Use case diagram merupakan gambaran interaksi antara aktor dan sistem yang dirancang. Pada platform *Capture The Flag* (CTF) berbasis situs web ini, terdapat dua aktor utama, yaitu Admin dan Mahasiswa.

- **Admin** bertugas mengelola konten tantangan CTF, mengelola akun pengguna, serta memantau dan menganalisis hasil kompetisi. Admin juga bertanggung jawab memperbarui soal dan skor serta mengelola tampilan antarmuka sistem.
- **Mahasiswa** berperan mengakses platform untuk mengikuti tantangan keamanan siber, mengirimkan jawaban (*flag*), melihat peringkat, dan memanfaatkan fitur pembelajaran yang tersedia.

Interaksi antara kedua aktor dengan sistem ini dirancang untuk mendukung proses pembelajaran dasar keamanan siber secara efektif dan terstruktur (Gambar 3).



Gambar 3. Use Case Diagram

3) Implementation

Pada tahap ini, sistem platform *Capture The Flag* (CTF) berbasis situs web yang telah dirancang dikodekan dan disiapkan untuk pengujian awal demi memastikan seluruh modul berjalan sesuai fungsinya. Proses ini dilakukan guna mendeteksi dan memperbaiki kesalahan atau *bug* sebelum sistem diterapkan secara utuh, sehingga kualitas dan keandalan sistem tetap terjamin.

4) Integration & Testing

Tahap integrasi dan pengujian dilakukan setelah seluruh komponen platform *Capture The Flag* (CTF) berbasis web berhasil diimplementasikan. Pengujian dilakukan menggunakan metode *black-box testing* untuk memastikan bahwa setiap fungsi utama berjalan sesuai dengan kebutuhan pengguna tanpa meninjau struktur internal kode (Ichsanudin & Yusuf, 2022). Pengujian mencakup fitur registrasi, *login*, tampilan tantangan, sistem validasi *flag*, papan peringkat (*leaderboard*), serta fitur admin seperti manajemen pengguna dan tantangan.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa seluruh fungsi dapat berjalan dengan baik sesuai skenario uji yang ditetapkan. Validasi *input* bekerja dengan benar, sistem mampu memproses *flag* secara akurat, papan peringkat memperbarui data secara dinamis, dan seluruh fitur admin berfungsi sesuai spesifikasi.

Tabel 3. Skenario Pengujian

No.	Skenario Pengujian	Input	Output yang Diharapkan	Status
1	Registrasi data lengkap	*Username*, *email*, *password* valid	Akun berhasil dibuat & diarahkan ke menu *login*	Berhasil
2	Registrasi *username* kosong	(kosong)	"Username wajib diisi"	Berhasil
3	Registrasi *email* tidak valid	*Email* tanpa format @	"Format email tidak valid"	Berhasil
4	Registrasi *password* < 6 karakter	abc	"Password terlalu pendek"	Berhasil
5	*Login* kredensial benar	*Username* & *password* valid	*Login* berhasil	Berhasil
6	*Login password* salah	*Username* benar, *password* salah	"Password salah"	Berhasil
7	*Login field* kosong	(kosong)	"Field tidak boleh kosong"	Berhasil
8	Menampilkan daftar tantangan	–	Semua tantangan muncul	Berhasil
9	Memilih salah satu tantangan	Klik "Level 1"	Detail tantangan muncul	Berhasil
10	Kirim (*submit*) *flag* benar	*Flag* valid/benar	Notifikasi "*flag* benar" & skor bertambah	Berhasil
11	Kirim (*submit*) *flag* salah	*Flag* salah	Notifikasi "*flag* salah"	Berhasil
12	Kirim (*submit*) *flag* kosong	–	Notifikasi "*flag* tidak boleh kosong"	Berhasil
13	Memuat papan peringkat (*leaderboard*)	–	Daftar peringkat pengguna muncul	Berhasil
14	Pembaruan papan peringkat (*leaderboard*)	Penambahan poin	Urutan peringkat diperbarui sesuai perolehan skor	Berhasil

5) Integration & Testing

Proses *deployment* dilakukan menggunakan lingkungan *local server*, yaitu AppServ yang mencakup PHP dan MySQL sebagai basis pengembangan (Parlika et al., 2020). Implementasi sistem dilaksanakan melalui Visual Studio Code, sementara pengelolaan basis data dilakukan melalui phpMyAdmin.

Platform dijalankan menggunakan peramban (*browser*) melalui alamat *localhost* sehingga memungkinkan pengujian alur sistem secara menyeluruh, mulai dari autentikasi pengguna, akses tantangan, hingga manajemen data. Skema *deployment* lokal ini dipilih karena selaras dengan kebutuhan penelitian yang difokuskan pada pengujian fungsionalitas dan kinerja dasar sebelum diunggah ke peladen (*server*) produksi atau *hosting*.

6) Integration & Testing

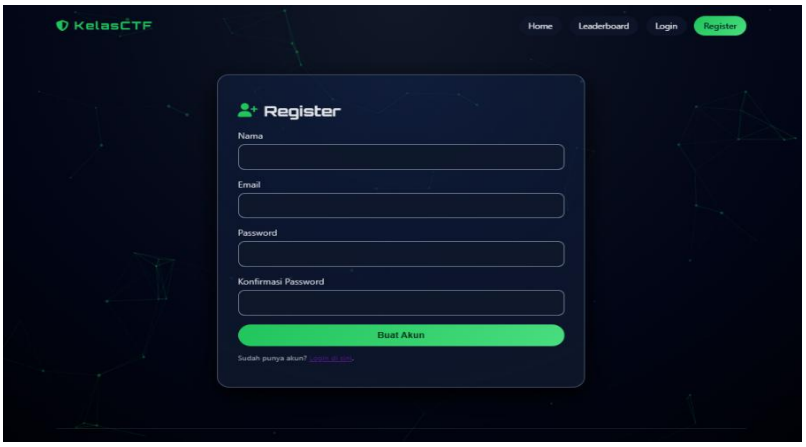
Tahap pemeliharaan (*maintenance*) tidak dibahas secara mendalam dalam penelitian ini karena fokus utama berada pada perancangan, implementasi, dan pengujian platform. Namun, berdasarkan hasil evaluasi, terdapat peluang pengembangan berkelanjutan pada fase pemeliharaan, seperti peningkatan responsivitas tampilan antarmuka, penambahan kategori tantangan, penyediaan petunjuk (*hint*), dan penyempurnaan fitur guna mendukung pembelajaran yang adaptif (Kurnia & Nawaningtyas, 2024).

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Tampilan Hasil

1) Tampilan Halaman Register

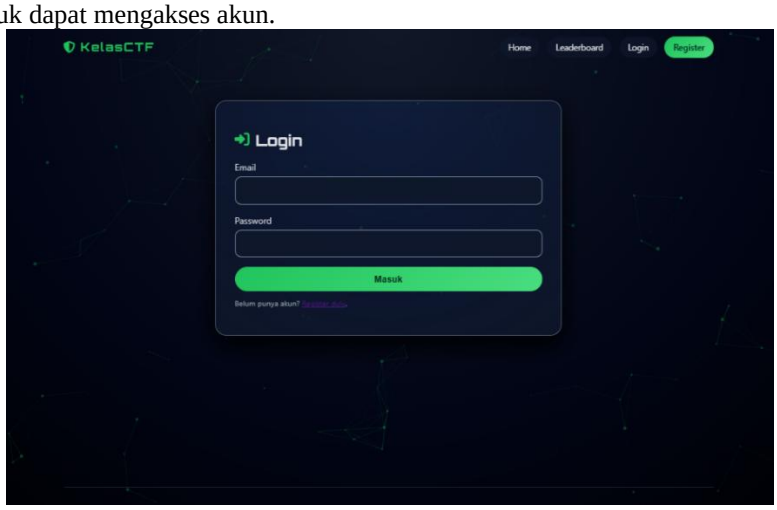
Pada saat program pertama kali dijalankan, pengguna diarahkan ke halaman registrasi sebagai tampilan awal. Halaman ini berfungsi sebagai formulir yang harus diisi oleh pengguna untuk membuat akun baru dengan memasukkan nama pengguna serta kata sandi yang nantinya digunakan untuk proses *login*.



Gambar 4. Tampilan Halaman Register

2) Tampilan Halaman Login

Halaman *login* berfungsi sebagai formulir autentikasi yang harus diisi oleh pengguna untuk masuk ke dalam sistem. Pada halaman ini, pengguna diminta memasukkan nama pengguna serta kata sandi terdaftar sebagai syarat untuk dapat mengakses akun.



Gambar 5. Tampilan Halaman Login

3) Tampilan Halaman Dashboard Pengguna

Setelah pengguna berhasil melakukan *login*, sistem akan menampilkan halaman *dashboard* sebagai tampilan utama. Halaman ini berfungsi sebagai pusat informasi yang menampilkan daftar tantangan *Capture The Flag* (CTF), tingkat kesulitan, serta progres penyelesaian pengguna. *Dashboard* dirancang secara intuitif agar mudah dipahami dan memudahkan pengguna dalam mengakses fitur-fitur pembelajaran yang tersedia.

Gambar 6. Tampilan Halaman Dashboard Pengguna

4) Tampilan Halaman Detail Tantangan

Pada bagian ini, sistem menampilkan halaman tingkatan (*level*) tantangan yang berfungsi sebagai tampilan awal pembelajaran pada modul *Capture The Flag* (CTF). Halaman ini menyediakan petunjuk serta berkas yang diperlukan pengguna untuk menyelesaikan skenario. Sebelum dapat mengirimkan *flag*, pengguna diwajibkan mengunduh materi pada level yang dipilih terlebih dahulu.

Gambar 7. Tampilan Halaman Detail Tantangan

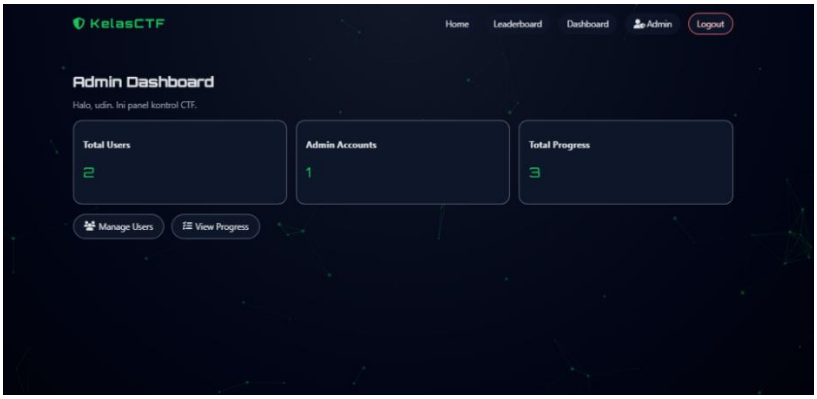
5) Tampilan Halaman Leaderboard

Sistem menampilkan halaman papan peringkat (*leaderboard*) yang berfungsi memperlihatkan posisi pengguna berdasarkan total skor yang diperoleh dari penyelesaian tantangan *Capture The Flag* (CTF). Halaman ini disusun secara dinamis guna memicu kompetisi yang sehat di antara mahasiswa.

Gambar 8. Tampilan Halaman Leaderboard

6) Tampilan Halaman Admin Dashboard

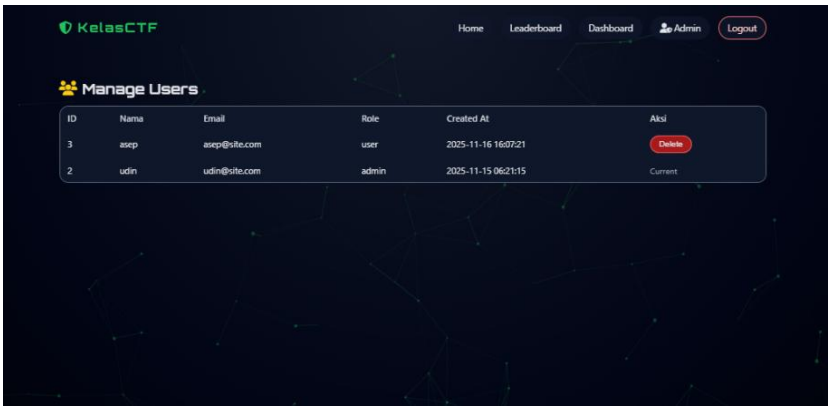
Halaman *dashboard* admin berfungsi memudahkan pengelolaan dan pemantauan aktivitas pada platform *Capture The Flag* (CTF). Melalui tampilan ini, administrator dapat melihat ringkasan data statistik, seperti jumlah pengguna terdaftar, jumlah akun admin aktif, serta keseluruhan progres latihan yang telah diselesaikan.



Gambar 9. Tampilan Halaman Admin Dashboard

7) Tampilan Halaman Manage Users (Admin)

Halaman *Manage Users* memfasilitasi admin dalam melakukan pengelolaan data pengguna pada sistem. Pada antarmuka ini, admin dapat melihat tabel data pengguna yang mencakup ID, nama, *email*, peran (*role*), dan tanggal pembuatan akun, serta melakukan tindakan administrasi melalui menu aksi yang tersedia.



Gambar 10. Tampilan Halaman Manage Users

8) Tampilan Halaman View Progress (Admin)

Halaman *View Progress* berfungsi memperlihatkan perkembangan pengerjaan modul oleh pengguna secara terperinci. Melalui fitur ini, pengajar atau admin dapat memantau tingkat penyelesaian tantangan oleh setiap mahasiswa berdasarkan level yang telah dilalui.

Gambar 11. Tampilan Halaman View Progress

B. Pembahasan

Pengembangan platform *Capture The Flag* (CTF) berbasis web ini menghasilkan sistem terintegrasi yang berfungsi sebagai sarana praktik dasar keamanan siber bagi mahasiswa. Seluruh fitur fungsional utama—mulai dari registrasi, *login*, penjelajahan tantangan, pengiriman *flag*, hingga penilaian otomatis dan pembaruan papan peringkat (*leaderboard*)—berjalan sesuai spesifikasi kebutuhan. Penerapan model *Waterfall* memungkinkan proses rekayasa perangkat lunak terlaksana secara berurutan dan terstruktur, mulai dari fase perancangan sistem hingga integrasi pengujian.

Hasil pengujian fungsional menggunakan metode *black-box testing* mengonfirmasi bahwa setiap modul bekerja sesuai skenario uji yang dirancang. Sistem menunjukkan validasi *input* yang stabil, baik ketika menerima masukan yang valid maupun dalam menangani galat input dari pengguna. Dari aspek antarmuka pengguna (*user interface*), rancangan yang minimalis membantu mahasiswa memahami alur penggunaan modul latihan tanpa hambatan navigasi yang berarti.

Kendati demikian, hasil evaluasi menunjukkan sejumlah catatan pengembangan ke depan. Variasi soal latihan saat ini masih terbatas pada skenario tingkat dasar, sehingga penambahan kategori studi kasus lanjutan sangat diperlukan untuk memperkaya materi ajar. Selain itu, optimalisasi tampilan responsif untuk peramban perangkat bergerak (*mobile browser*) masih perlu ditingkatkan. Integrasi modul pendukung seperti fitur petunjuk bertingkat (*hint*), pembatas waktu (*timer*), dan pelacak riwayat percobaan juga menjadi poin krusial untuk melengkapi fungsionalitas platform pada tahap pemeliharaan (*maintenance*) mendatang.

Secara keseluruhan, platform ini telah memenuhi tujuan utamanya dalam menghadirkan media pembelajaran interaktif yang menjembatani pemahaman teoretis mahasiswa dengan keterampilan praktis keamanan siber. Implementasi sistem ini diharapkan menjadi fondasi bagi pengembangan infrastruktur laboratorium siber virtual yang lebih adaptif di lingkungan program studi.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan implementasi platform *Capture The Flag* (CTF) berbasis situs web untuk pembelajaran dasar keamanan siber di Program Studi Sistem Informasi UNUSU, dapat disimpulkan bahwa penelitian ini berhasil menghasilkan sebuah platform CTF berbasis web yang berfungsi sebagai media pembelajaran praktis keamanan siber. Platform tersebut dirancang untuk membantu mahasiswa memahami konsep dasar keamanan siber melalui tantangan interaktif seperti *web security*, kriptografi, dan analisis sederhana. Metode *Waterfall* terbukti efektif dalam proses pengembangan sistem karena setiap tahapannya—mulai dari analisis kebutuhan, perancangan, implementasi, hingga pengujian—dapat dilakukan secara terstruktur, sehingga memudahkan pengendalian mutu dan memastikan sistem dibangun sesuai spesifikasi awal.

Pengujian menggunakan metode *black-box* menunjukkan bahwa seluruh fungsi utama platform berjalan dengan baik, termasuk fitur registrasi, *login*, pengiriman *flag*, validasi jawaban, *leaderboard*, serta fitur admin seperti manajemen pengguna dan tantangan, tanpa ditemukan *error* signifikan. Selain itu, platform ini mampu meningkatkan pengalaman pembelajaran mahasiswa melalui latihan langsung, perolehan skor, pemantauan peringkat, dan pelacakan progres yang mendorong motivasi serta pemahaman terhadap materi keamanan siber. Secara keseluruhan, sistem yang dibangun telah memenuhi kebutuhan dasar pembelajaran keamanan siber di Program Studi Sistem Informasi UNUSU, meskipun masih terdapat peluang pengembangan seperti penambahan *hint*, *timer* tantangan, peningkatan tampilan untuk perangkat *mobile*, serta perluasan kategori tantangan.

REFERENSI

Akbar, Y. (2022). Industri pertahanan Indonesia dikaitkan situasi dan kondisi peperangan asimetris. *Journal of Industrial Engineering & Management Research*, *3*(6), 91–96. https://doi.org/10.7777/jiemar.v3i6.335

Alfi, M., Yundari, N. P., & Tsaqif, A. (2023). Analisis risiko keamanan siber dalam transformasi digital pelayanan publik di Indonesia. *Jurnal Kajian Stratejik Ketahanan Nasional*, *6*(2), 5. https://doi.org/10.7454/jkskn.v6i2.10082

Ichsanudin, M. N., Yusuf, M., & Suraya, S. (2022). Pengujian fungsional perangkat lunak sistem informasi perpustakaan dengan metode black box testing bagi pemula. *STORAGE: Jurnal Ilmiah Teknik dan Ilmu Komputer*, *1*(2), 1–8. https://doi.org/10.55123/storage.v1i2.270

Kartasasmita, D. G., & Timur, F. G. C. (2025). Capture the Flag (CTF) implementation in the informatics engineering study program Indonesia Defense University. *Journal of Engineering Education Transformations*, *38*(4), 36–44. https://doi.org/10.16920/jeet/2024/v38i4/25094

Kurnia, S., & Nawaningtyas, N. (2024). Analisis interaksi pengguna dalam desain user interface dan user experience yang lebih baik menggunakan metode heuristik. *Jurnal Teknik Mesin, Industri, Elektro dan Informatika*, *3*(4), 113–119. https://doi.org/10.55606/jtmei.v3i4.4433

Laksana, T. G., & Mulyani, S. (2024). Pengetahuan dasar identifikasi dini deteksi serangan kejahatan siber untuk mencegah pembobolan data perusahaan. *Jurnal Ilmiah Multidisiplin*, *3*(01), 109–122. https://doi.org/10.56127/jukim.v3i01.1143

Parlika, R., Khariono, H., Kusuma, H. A., Abrori, M. R., & Rofik, M. A. (2020). Implementasi akses MySQL dan web server lokal melalui jaringan internet menggunakan Ngrok. *JIKO (Jurnal Informatika dan Komputer)*, *3*(3), 131–136. https://doi.org/10.33387/jiko.v3i3.1799

Prasetyo, E., & Putra, A. (2021). Implementasi waterfall model dalam pengembangan sistem informasi eksekutif penduduk. *Journal of Information Systems and Informatics*, *3*(1), 213–224. https://doi.org/10.33557/journalisi.v3i1.121

Siburian, R. O., & Latifah, F. (2023). Penerapan metode Waterfall dalam perancangan sistem informasi berbasis web pada PT. Garuda Inti Sentosa untuk meningkatkan penjualan. *Journal of Information System, Applied, Management, Accounting and Research*, *7*(4), 972–983. https://doi.org/10.52362/jisamar.v7i4.1252

Sugiyarto, M. F., Yasa, R. N., Girinoto, G., Setiawan, H., & Wicaksono, H. R. (2025). Spaticrypt: Platform edukasi kriptografi berbasis web dengan konsep gamifikasi capture-the-flag dan integrasi chatbot kecerdasan buatan sebagai asisten virtual. *Info Kripto*, *19*(1), 39–47. https://doi.org/10.56706/ik.v19i1.120