

PENGEMBANGAN PLATFORM DECODIFY BERBASIS WEB DENGAN SIMULASI INTERAKTIF KRIPTOGRAFI

Nenden Nurul Sahara¹, Yopi Nugraha²

^{1,2}Sistem Informasi, FITS, Institut Pendidikan Indonesia,

nendensahara86@gmail.com, yopi@institutpendidikanindonesia.ac.id

ABSTRACT

The advancement of digital technology has increased the need for information security, making cryptography a crucial competency for students in information technology and cybersecurity fields. However, cryptography learning in many educational institutions remains predominantly theoretical, causing students to struggle in understanding the actual mechanisms of encryption and decryption algorithms due to the lack of visual representation. Previous studies have attempted to address this issue, yet most focused on separate aspects such as content delivery, algorithm implementation, or gamification, without integrating them into a cohesive learning platform. This study aims to develop Decodify, a web-based cryptography education platform that integrates structured learning materials, multi-algorithm encryption and decryption simulation, step-by-step data transformation visualization, and brute force attack simulation within a unified environment. The platform was developed using the Rapid Application Development (RAD) method, consisting of four phases: Requirement Planning, User Design, Construction, and Cutover. The result is an interactive web-based platform that enables users to learn cryptography concepts comprehensively, from theoretical foundations to practical algorithm implementation and security testing. Decodify bridges the gap between abstract theoretical concepts and hands-on practice, providing a more contextual and engaging learning experience.

Keywords: *algorithm visualization, cryptography education, encryption simulation, Rapid Application Development, web-based learning platform*

ABSTRAK

Perkembangan teknologi digital meningkatkan kebutuhan akan keamanan informasi, sehingga kriptografi menjadi kompetensi penting bagi peserta didik di bidang teknologi informasi dan keamanan siber. Namun, pembelajaran kriptografi di banyak institusi pendidikan masih didominasi pendekatan teoretis yang menyebabkan peserta didik kesulitan memahami mekanisme kerja algoritma enkripsi dan dekripsi akibat kurangnya representasi visual. Penelitian sebelumnya telah mencoba mengatasi permasalahan ini, namun sebagian besar masih berfokus pada aspek terpisah seperti penyampaian materi, implementasi algoritma, atau gamifikasi, tanpa mengintegrasikannya dalam satu platform pembelajaran yang utuh. Penelitian ini bertujuan mengembangkan Decodify, platform edukasi

kriptografi berbasis web yang mengintegrasikan materi pembelajaran terstruktur, simulasi enkripsi dan dekripsi multi-algoritma, visualisasi transformasi data secara bertahap, serta simulasi serangan *brute force* dalam satu lingkungan terpadu. Platform dikembangkan menggunakan metode *Rapid Application Development* (RAD) yang terdiri dari empat tahapan: *Requirement Planning*, *User Design*, *Construction*, dan *Cutover*. Hasil penelitian berupa platform berbasis web interaktif yang memungkinkan pengguna mempelajari konsep kriptografi secara komprehensif, mulai dari dasar teori hingga implementasi algoritma dan pengujian keamanan. Decodify menjembatani kesenjangan antara konsep teoretis yang abstrak dengan praktik langsung, sehingga memberikan pengalaman belajar yang lebih kontekstual dan menarik.

Kata Kunci: algoritma enkripsi dan dekripsi, edukasi kriptografi, platform pembelajaran web, *Rapid Application Development*, visualisasi algoritma

A. Pendahuluan

Perkembangan teknologi digital telah mendorong perubahan yang signifikan dalam cara individu maupun organisasi mengelola, menyimpan, dan mendistribusikan informasi. Berbagai aktivitas yang sebelumnya dilakukan secara konvensional kini beralih ke platform digital karena dinilai lebih cepat, efisien, dan mudah diakses. Di balik berbagai kemudahan tersebut, muncul tantangan baru berupa meningkatnya ancaman terhadap keamanan informasi. Laporan *Cost of a Data Breach Report* tahun 2024 menunjukkan bahwa rata-rata kerugian global akibat insiden kebocoran data mencapai 4,88 juta dolar Amerika Serikat, meningkat dibandingkan tahun sebelumnya (IBM Security, 2024).

Ancaman seperti ransomware, *phishing*, pencurian identitas digital, hingga penyadapan komunikasi menunjukkan bahwa perlindungan terhadap data menjadi kebutuhan yang tidak dapat diabaikan.

Kriptografi merupakan salah satu teknologi utama yang digunakan untuk menjaga keamanan informasi melalui proses penyandian data sehingga hanya pihak yang memiliki otorisasi yang dapat mengakses informasi tersebut. Selain menjamin kerahasiaan data (*confidentiality*), kriptografi juga berperan dalam menjaga integritas (*integrity*), autentikasi (*authentication*), dan nirsangkal (*non-repudiation*) pada proses pertukaran informasi digital (Stallings, 2023). Oleh karena itu, pemahaman mengenai konsep dan

implementasi kriptografi menjadi kompetensi yang penting bagi peserta didik, khususnya pada bidang teknologi informasi dan keamanan siber.

Meskipun demikian, proses pembelajaran kriptografi di berbagai institusi pendidikan masih menghadapi sejumlah kendala. Materi umumnya disampaikan melalui pendekatan ceramah, buku ajar, maupun slide presentasi yang lebih berorientasi pada penyampaian konsep teoretis. Pendekatan tersebut sering kali membuat peserta didik mengalami kesulitan dalam memahami mekanisme transformasi data selama proses enkripsi dan dekripsi karena tidak memperoleh gambaran visual mengenai setiap tahapan algoritma yang dijalankan. Akibatnya, konsep yang dipelajari cenderung bersifat abstrak sehingga pemahaman terhadap implementasi kriptografi menjadi kurang optimal (Schweitzer & Baird, 2020).

Sejumlah penelitian terdahulu telah mencoba menghadirkan media pembelajaran maupun aplikasi yang berkaitan dengan kriptografi. Rahmadoni (2021) mengembangkan sistem pembelajaran berbasis web yang menyediakan materi, forum

diskusi, dan evaluasi daring, namun belum dilengkapi simulasi proses enkripsi maupun visualisasi algoritma. Penelitian Umam et al. (2023) menghasilkan aplikasi enkripsi dan dekripsi berbasis web menggunakan algoritma Caesar Cipher dan Vigenère Umam et al. (2023) Cipher yang berfungsi sebagai alat pengolahan teks, tetapi belum dirancang sebagai media pembelajaran interaktif. Penelitian Saragih et al. (2022) menerapkan algoritma AES-256 pada aplikasi Android untuk meningkatkan keamanan penyimpanan data, namun lebih menitikberatkan pada aspek implementasi teknis dibandingkan edukasi pengguna. Sementara itu, Kurniawan et al. (2023) mengembangkan platform pembelajaran berbasis gamifikasi yang mampu meningkatkan keterlibatan pengguna melalui pendekatan Capture the Flag (CTF), tetapi belum menyediakan visualisasi proses enkripsi secara bertahap maupun simulasi pengujian keamanan algoritma.

Berdasarkan hasil kajian tersebut, dapat diidentifikasi bahwa penelitian terdahulu masih berfokus pada aspek tertentu secara terpisah, baik berupa penyampaian materi,

implementasi algoritma, maupun gamifikasi pembelajaran. Belum banyak penelitian yang mengintegrasikan materi pembelajaran yang sistematis, simulasi enkripsi dan dekripsi berbagai algoritma, visualisasi perubahan data secara bertahap, serta simulasi serangan *brute force* dalam satu platform pembelajaran yang terpadu. Padahal, integrasi keempat komponen tersebut berpotensi memberikan pengalaman belajar yang lebih kontekstual sehingga peserta didik tidak hanya memahami teori, tetapi juga mampu mengamati secara langsung bagaimana setiap algoritma bekerja dan bagaimana tingkat ketahanannya terhadap serangan.

Berdasarkan permasalahan tersebut, penelitian ini mengembangkan Decodify, yaitu platform edukasi kriptografi berbasis web yang dirancang untuk mendukung proses pembelajaran secara lebih interaktif. Platform ini mengintegrasikan materi pembelajaran yang terstruktur, simulasi enkripsi dan dekripsi menggunakan algoritma klasik maupun modern, visualisasi transformasi data secara *step-by-*

step, serta simulasi serangan *brute force* sebagai sarana untuk memahami tingkat keamanan setiap algoritma. Pengembangan sistem dilakukan menggunakan metode *Rapid Application Development* (RAD) karena mampu menghasilkan perangkat lunak secara iteratif melalui keterlibatan pengguna pada setiap tahapan pengembangan (Pressman & Maxim, 2020).

Penelitian ini bertujuan mengembangkan sekaligus menganalisis platform Decodify sebagai media pembelajaran kriptografi berbasis web yang mampu meningkatkan pemahaman pengguna terhadap konsep dasar dan implementasi algoritma kriptografi melalui pendekatan pembelajaran yang interaktif. Kontribusi penelitian tidak hanya terletak pada pengembangan perangkat lunak, tetapi juga pada penyediaan model pembelajaran yang menggabungkan teori, praktik, visualisasi algoritmik, dan simulasi keamanan dalam satu lingkungan terpadu. Dengan demikian, hasil penelitian diharapkan dapat menjadi alternatif media pembelajaran kriptografi yang lebih efektif, meningkatkan literasi keamanan informasi, serta menjadi

referensi bagi pengembangan platform edukasi keamanan siber pada penelitian selanjutnya.

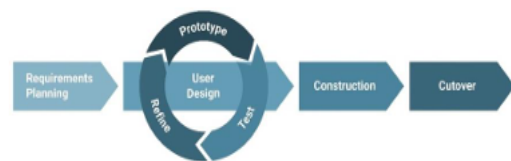
B. Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode *Rapid Application Development* (RAD) sebagai pendekatan dalam mengembangkan platform edukasi kriptografi berbasis web Decodify. Metode RAD dipilih karena memiliki siklus pengembangan yang relatif singkat, bersifat iteratif, serta memungkinkan keterlibatan pengguna secara aktif pada setiap tahapan pengembangan (Pressman & Maxim, 2020). Pendekatan ini dinilai sesuai untuk pengembangan aplikasi edukasi yang memerlukan proses evaluasi dan penyempurnaan fitur secara berkelanjutan agar sistem yang dihasilkan sesuai dengan kebutuhan pengguna (Kendall & Kendall, 2021).

Objek penelitian ini adalah platform edukasi kriptografi berbasis web Decodify yang dikembangkan sebagai media pembelajaran interaktif untuk membantu pengguna memahami konsep dasar kriptografi melalui materi pembelajaran, simulasi algoritma, visualisasi proses enkripsi dan dekripsi, serta simulasi serangan

brute force. Pengembangan platform difokuskan pada penyediaan media pembelajaran yang mampu menghubungkan konsep teoritis dengan implementasi praktis sehingga proses pembelajaran menjadi lebih kontekstual.

Tahapan penelitian mengacu pada empat fase utama dalam metode RAD, yaitu *Requirement Planning*, *User Design*, *Construction*, dan *Cutover* (Pressman & Maxim, 2020) sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1 Tahapan Metode *Rapid Application Development* (RAD)

Pada tahap *Requirement Planning*, dilakukan identifikasi permasalahan melalui studi literatur dan analisis kebutuhan pengguna. Tahap ini menghasilkan kebutuhan fungsional dan nonfungsional yang menjadi dasar pengembangan sistem (Dennis et al., 2021).

Tahap *User Design* berfokus pada proses perancangan sistem, meliputi penyusunan *use case diagram*, perancangan basis data, desain antarmuka pengguna (*user*

interface), serta pembuatan prototipe aplikasi. Rancangan tersebut menjadi acuan dalam proses implementasi sistem (Satzinger et al., 2023).

Tahap *Construction* merupakan proses pembangunan aplikasi berdasarkan rancangan yang telah dibuat. Platform Decodify dikembangkan menggunakan framework Laravel dengan bahasa pemrograman PHP, sedangkan antarmuka dibangun menggunakan HTML, CSS, JavaScript, dan Bootstrap (Stauffer, 2023). Basis data menggunakan MySQL sebagai media penyimpanan data (Coronel & Morris, 2023). Pada tahap ini diimplementasikan berbagai fitur utama, antara lain materi pembelajaran kriptografi, simulasi enkripsi dan dekripsi multi-algoritma, visualisasi transformasi data secara *step-by-step*, simulasi *brute force*, serta pengelolaan data pengguna.

Tahap *Cutover* merupakan tahap akhir berupa implementasi sistem yang telah dikembangkan sehingga seluruh fitur dapat digunakan sesuai dengan kebutuhan pengguna (Pressman & Maxim, 2020). Pada tahap ini dilakukan proses penyempurnaan akhir

terhadap aplikasi sebelum platform siap digunakan sebagai media pembelajaran kriptografi berbasis web.

Data penelitian diperoleh melalui studi literatur yang bersumber dari buku, jurnal ilmiah, prosiding, dan referensi lain yang berkaitan dengan kriptografi, media pembelajaran, serta pengembangan perangkat lunak (Sekaran & Bougie, 2023). Analisis penelitian dilakukan secara deskriptif dengan membandingkan hasil implementasi sistem terhadap kebutuhan yang telah dirumuskan pada tahap perencanaan. Hasil implementasi kemudian dibahas untuk menunjukkan bagaimana setiap fitur mampu mendukung proses pembelajaran kriptografi secara lebih interaktif.

C. Hasil Penelitian dan Pembahasan

Penelitian ini menghasilkan sebuah platform edukasi kriptografi berbasis web bernama Decodify yang dikembangkan berdasarkan permasalahan yang ditemukan pada tahap analisis kebutuhan. Hasil analisis menunjukkan bahwa proses pembelajaran kriptografi masih didominasi oleh penyampaian materi secara teoritis sehingga pengguna

mengalami kesulitan dalam memahami mekanisme kerja algoritma enkripsi dan dekripsi secara nyata (Schweitzer & Baird, 2020). Selain itu, belum tersedia media pembelajaran yang mampu mengintegrasikan materi, simulasi algoritma, visualisasi proses transformasi data, serta simulasi serangan kriptografi dalam satu platform yang terpadu.

Pengembangan platform dilakukan menggunakan metode *Rapid Application Development* (RAD) melalui empat tahapan, yaitu *Requirement Planning*, *User Design*, *Construction*, dan *Cutover* (Pressman & Maxim, 2020). Hasil dari tahapan tersebut berupa platform Decodify yang dapat diakses melalui web dan dirancang sebagai media pembelajaran kriptografi yang interaktif. Platform ini mengintegrasikan beberapa fitur utama yang mendukung proses pembelajaran, mulai dari penyajian materi, simulasi enkripsi dan dekripsi menggunakan berbagai algoritma, visualisasi proses transformasi data secara bertahap, hingga simulasi *brute force* sebagai media untuk memahami tingkat keamanan algoritma kriptografi (Zalewski, 2021).

Pembahasan hasil penelitian difokuskan pada implementasi fitur-fitur utama yang menjadi kontribusi penelitian. Setiap fitur dikembangkan untuk mendukung proses pembelajaran yang lebih interaktif sehingga pengguna tidak hanya memahami konsep kriptografi secara teoritis, tetapi juga dapat mengamati dan mempraktikkan secara langsung proses kerja algoritma (Stallings, 2023). Adapun implementasi platform Decodify dijelaskan pada subbab berikut.

1. Implementasi Platform

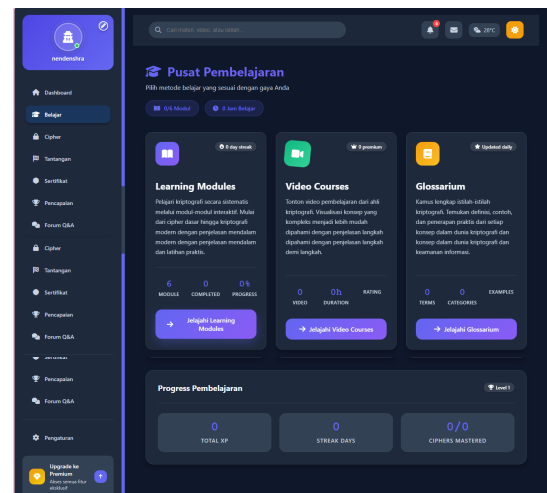
Hasil penelitian berupa platform edukasi kriptografi berbasis web Decodify yang dikembangkan menggunakan metode *Rapid Application Development* (RAD) (Pressman & Maxim, 2020). Platform ini dirancang sebagai media pembelajaran interaktif yang mengintegrasikan materi kriptografi, simulasi enkripsi dan dekripsi, visualisasi transformasi data, serta simulasi serangan *brute force*. Seluruh fitur dapat diakses melalui antarmuka berbasis web sehingga pengguna dapat mempelajari konsep kriptografi secara lebih mudah dan aplikatif (Kendall & Kendall, 2021).

Pengintegrasian seluruh fitur dalam satu platform memungkinkan pengguna mempelajari konsep kriptografi secara berurutan, mulai dari memahami teori, melakukan simulasi algoritma, hingga mengamati aspek keamanan melalui simulasi *brute force*. Pendekatan ini mendukung proses pembelajaran yang lebih kontekstual karena pengguna memperoleh pengalaman belajar secara langsung, bukan hanya melalui penjelasan konseptual.

2. Materi Pembelajaran Kriptografi

Fitur materi pembelajaran menyajikan konsep dasar kriptografi secara terstruktur, mulai dari algoritma klasik hingga algoritma modern. Materi disusun secara sistematis agar pengguna memperoleh pemahaman konseptual sebelum melakukan simulasi (Stallings, 2023). Selain penjelasan teori, setiap materi dilengkapi ilustrasi dan contoh sederhana sehingga membantu pengguna memahami prinsip kerja masing-masing algoritma. Penyajian materi dalam satu platform yang terintegrasi dengan simulasi memberikan pengalaman belajar yang lebih efektif dibandingkan

pembelajaran yang hanya mengandalkan media teks.



Gambar 2. Halaman Materi Pembelajaran

Penyajian materi secara sistematis sebelum pengguna melakukan simulasi membantu membangun pemahaman konseptual sebagai dasar dalam mempelajari proses enkripsi dan dekripsi. Hal ini sejalan dengan prinsip pembelajaran konstruktivistik yang menekankan bahwa pemahaman konsep akan lebih optimal apabila peserta didik memperoleh pengetahuan dasar sebelum melakukan praktik secara langsung

3. Simulasi Enkripsi dan Dekripsi

Fitur utama Decodify adalah simulasi enkripsi dan dekripsi yang mendukung beberapa algoritma kriptografi, yaitu Caesar Cipher, Vigenère Cipher, AES, dan RSA. Pengguna dapat memasukkan pesan

terhadap algoritma kriptografi, tetapi juga memberikan pemahaman mengenai hubungan antara panjang kunci dan tingkat keamanan data. Melalui visualisasi proses pencarian kunci, pengguna dapat memahami bahwa algoritma dengan kompleksitas yang lebih tinggi memerlukan waktu dan sumber daya yang lebih besar untuk ditembus, sehingga meningkatkan kesadaran mengenai pentingnya penggunaan algoritma yang aman dalam praktik keamanan informasi.

5. Pembahasan

Hasil pengembangan menunjukkan bahwa platform Decodify mampu mengintegrasikan materi pembelajaran, simulasi multi-algoritma, visualisasi proses enkripsi dan dekripsi, serta simulasi *brute force* dalam satu lingkungan pembelajaran berbasis web. Integrasi tersebut memberikan nilai tambah dibandingkan penelitian sebelumnya yang umumnya hanya berfokus pada salah satu aspek, seperti penyajian materi, implementasi algoritma, atau gamifikasi pembelajaran.

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa integrasi materi pembelajaran dengan simulasi interaktif mampu

menjembatani kesenjangan antara penyampaian konsep secara teoritis dan implementasi praktis. Pengguna tidak hanya membaca materi, tetapi juga dapat mengamati secara langsung proses kerja algoritma melalui visualisasi setiap tahapan. Pendekatan tersebut sesuai dengan penelitian Schweitzer dan Baird (2020) yang menyatakan bahwa penggunaan visualisasi interaktif dapat meningkatkan pemahaman peserta didik terhadap konsep kriptografi yang bersifat abstrak.

Selain meningkatkan pemahaman konsep, platform Decodify juga memberikan pengalaman belajar yang lebih aktif melalui interaksi langsung dengan berbagai algoritma kriptografi. Pengguna dapat membandingkan karakteristik masing-masing algoritma, mengamati perbedaan hasil enkripsi, serta memahami pengaruh panjang kunci terhadap tingkat keamanan informasi. Dengan demikian, proses pembelajaran tidak hanya berorientasi pada penyampaian teori, tetapi juga mendorong eksplorasi konsep melalui praktik secara mandiri.

Dibandingkan penelitian Rahmadoni (2021), Decodify tidak hanya menyediakan materi

pembelajaran, tetapi juga menghadirkan simulasi interaktif yang memungkinkan pengguna mempraktikkan proses enkripsi dan dekripsi secara langsung. Jika dibandingkan dengan penelitian Umam et al. (2023) dan Saragih et al. (2022), platform ini tidak hanya berfungsi sebagai alat enkripsi, tetapi juga sebagai media edukasi yang menjelaskan proses kerja algoritma melalui visualisasi bertahap (Schweitzer & Baird, 2020). Sementara itu, dibandingkan dengan platform gamifikasi yang dikembangkan Kurniawan et al. (2023), Decodify menawarkan pendekatan yang lebih komprehensif melalui penyajian materi, simulasi lintas algoritma, visualisasi proses, dan simulasi *brute force* dalam satu platform terpadu.

Berdasarkan hasil implementasi tersebut, dapat disimpulkan bahwa Decodify memiliki kontribusi dalam menyediakan media pembelajaran kriptografi yang lebih interaktif dan aplikatif. Integrasi berbagai fitur utama dalam satu platform diharapkan dapat membantu pengguna memahami konsep kriptografi secara lebih menyeluruh, mulai dari teori dasar

hingga implementasi algoritma dalam menjaga keamanan informasi.

D. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian, dapat disimpulkan bahwa platform edukasi kriptografi berbasis web Decodify berhasil dikembangkan menggunakan metode *Rapid Application Development* (RAD). Platform ini mengintegrasikan materi pembelajaran, simulasi enkripsi dan dekripsi multi-algoritma, visualisasi transformasi data secara bertahap, serta simulasi serangan *brute force* dalam satu lingkungan pembelajaran terpadu. Decodify menjembatani kesenjangan antara teori dan praktik dalam pembelajaran kriptografi yang sebelumnya masih bersifat abstrak, sehingga diharapkan mampu meningkatkan pemahaman pengguna terhadap konsep dan implementasi algoritma kriptografi secara lebih interaktif dan aplikatif.

Saran untuk pengembangan selanjutnya antara lain penambahan algoritma kriptografi lainnya, penyediaan fitur evaluasi pembelajaran dan elemen gamifikasi, pengujian efektivitas platform secara empiris, serta pengembangan

versi *mobile* agar lebih fleksibel diakses oleh pengguna.

Informasi Dan Pendidikan, 14(1), 52–61.
<https://doi.org/10.24036/tip.v14i1.379>

DAFTAR PUSTAKA

Coronel, C., & Morris, S. (2023). *Database Systems: Design, Implementation, and Management* (14th ed.). Cengage Learning.

Dennis, A., Wixom, B. H., & Roth, R. M. (2021). *Systems Analysis and Design* (8th ed.). Wiley.

IBM Security. (2024). *Cost of a Data Breach Report 2024*.
<https://www.ibm.com/reports/data-breach>

Kendall, K. E., & Kendall, J. E. (2021). *Systems Analysis and Design* (10th ed.). Pearson.

Kurniawan, A., Wijaya, R. A., & Pratama, Y. (2023). Gamification-Based Cybersecurity Learning Platform Using Capture the Flag Approach. *Journal of Information Technology Education: Research*, 22, 145–168.
<https://doi.org/10.28945/5098>

Pressman, R. S., & Maxim, B. R. (2020). *Software Engineering: A Practitioner's Approach* (9th ed.). McGraw-Hill Education.

Rahmadoni, J. (2021). Perancangan Sistem Pembelajaran Kriptografi Berbasis Web Menggunakan Metode Computer Assisted Instruction. *Jurnal Teknologi*

Saragih, R. E., Situmorang, Z., & Purba, D. L. (2022). Implementasi Algoritma Advanced Encryption Standard (AES-256) pada Aplikasi Pencatatan Data Pasien Berbasis Android. *Jurnal Sistem Informasi Dan Ilmu Komputer Prima (JUSIKOM PRIMA)*, 6(1), 34–42.
<https://doi.org/10.34012/journalsisteminformasidanilmukomputer.v6i1.2803>

Satzinger, J. W., Jackson, R. B., & Burd, S. D. (2023). *Systems Analysis and Design in a Changing World* (8th ed.). Cengage Learning.

Schweitzer, D., & Baird, L. C. (2020). Active Learning with Interactive Cipher Visualization Tools. *Proceedings of the 2020 ACM Conference on Innovation and Technology in Computer Science Education (ITiCSE '20)*, 56–61.
<https://doi.org/10.1145/3341525.3387393>

Sekaran, U., & Bougie, R. (2023). *Research Methods for Business: A Skill-Building Approach* (9th ed.). Wiley.

Stallings, W. (2023). *Cryptography and Network Security: Principles and Practice* (8th ed.). Pearson.

Stauffer, M. (2023). *Laravel: Up & Running* (3rd ed.). O'Reilly Media.

Umam, K., Hartanto, A. D., & Purnomo, D. S. (2023). Rancang Bangun Aplikasi Enkripsi dan Dekripsi Teks Menggunakan Algoritma Caesar Cipher dan Vigenère Cipher Berbasis Web. *Jurnal Informatika Dan Rekayasa Perangkat Lunak*, 5(1), 15–24. <https://doi.org/10.36499/jinrpl.v5i1.7288>

Zalewski, M. (2021). *Serious Cryptography: A Practical Introduction to Modern Encryption* (2nd ed.). No Starch Press.