

51/S/TEKKOM-KCBR/PK.03.08/24/APRIL/2025

**PERANCANGAN APLIKASI WEB UNTUK KEAMANAN DATA
MENGUNAKAN LSB DAN RAIL FENCE CIPHER PADA AUDIO**



SKRIPSI

diajukan untuk memenuhi sebagian syarat
untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Komputer

Oleh:

Wesly Hugo Tamba

2110039

**PROGRAM STUDI TEKNIK KOMPUTER
KAMPUS UPI DI CIBIRU
UNIVERSITAS PENDIDIKAN INDONESIA
2025**

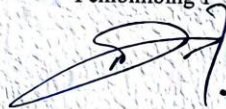
HALAMAN PENGESAHAN SKRIPSI

WESLY HUGO TAMBA

**PERANCANGAN APLIKASI WEB UNTUK KEAMANAN DATA
MENGUNAKAN LSB DAN RAIL FENCE CIPHER PADA AUDIO**

Disetujui dan disahkan oleh pembimbing:

Pembimbing 1



Deden Pradeka, S.T., M.Kom.

NIP. 920200419890816101

Pembimbing 2



Zahra Khaerunnisa, S.Pd., M.Cs.

NIP. 199411112024062001

Mengetahui

Ketua Program Studi S-1 Teknik Komputer



Dr. Eng. Munawir, S.Kom., M.T.

NIP. 920200819851205101

PERNYATAAN BEBAS PLAGIARISME

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Wesly Hugo Tamba

NIM : 2110039

Program Studi : Teknik Komputer

Judul Karya : Perancangan Aplikasi Web Untuk Keamanan Data
Menggunakan LSB Dan Rail Fence Cipher Pada Audio

Dengan ini menyatakan bahwa karya tulis ini merupakan hasil kerja saya sendiri. Saya menjamin bahwa seluruh isi karya ini, baik sebagian maupun keseluruhan, bukan merupakan plagiarisme dari karya orang lain, kecuali pada bagian yang telah dinyatakan dan disebutkan sumbernya dengan jelas.

Jika di kemudian hari ditemukan pelanggaran terhadap etika akademik atau unsur plagiarisme, saya bersedia menerima sanksi sesuai peraturan yang berlaku di Universitas Pendidikan Indonesia.

Kabupaten Bandung, 30 April 2025



Wesly Hugo Tamba

KATA PENGANTAR

Puji serta syukur kepada Tuhan Yesus Kristus karena berkat dan karuniaNya, penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul "Perancangan Aplikasi Web Untuk Keamanan Data Menggunakan Lsb Dan Rail Fence Cipher Pada Audio." Skripsi ini dibuat sebagai sebagian dari syarat dalam memperoleh gelar Sarjana Teknik (S.T) pada Program Studi Teknik Komputer, Kampus UPI di Cibiru, Universitas Pendidikan Indonesia.

Penelitian ini dapat terselesaikan dengan sebaik mungkin berkat dukungan dari berbagai pihak yang telah terlibat dalam penyelesaian skripsi ini. Oleh karena itu, dengan rasa penuh hormat, penulis ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Deden Pradeka, S.T., M.Kom. selaku dosen pembimbing satu yang telah memberikan ilmu, arahan, bimbingan, serta motivasi yang sangat membantu penulis selama proses penelitian ini.
2. Ibu Zahra Khaerunnisa, S.Pd., M.Cs. selaku pembimbing dua yang senantiasa sabar dan selalu memberikan motivasi selama membimbing penulis selama penyelesaian skripsi.
3. Bapak Anugrah Adiwilaga, S.ST., M.T. selaku dosen pembimbing akademik yang senantiasa memberikan dukungan dan motivasi dalam melaksanakan perkuliahan dan penyusunan skripsi.
4. Seluruh *civitas* akademika UPI Kampus Cibiru yang telah memberikan ilmu, arahan, serta fasilitas yang mendukung kelancaran studi dan penelitian ini.
5. Seluruh teman-teman mahasiswa Teknik Komputer, yang telah menjadi bagian seperjuangan selama menjalani masa studi, tempat bertukar pikiran, pengalaman serta dukungan dalam menghadapi berbagai tantangan selama perkuliahan

6. Kedua orang tua, yang selalu memberikan doa serta dukungan baik secara fisik maupun secara moral. Tanpa adanya restu dan doa mereka, penulis tidak akan mampu untuk berada pada tahap ini. Apa yang telah penulis raih saat ini, semuanya adalah berkat doa, pengorbanan, serta kerja keras mereka.
7. Ucapan terima kasih juga penulis sampaikan kepada semua pihak yang telah membantu, baik secara langsung maupun tidak langsung, yang tidak dapat disebutkan satu per satu, atas segala dukungan yang diberikan selama proses penyelesaian penelitian ini.

PERANCANGAN APLIKASI WEB UNTUK KEAMANAN DATA MENGUNAKAN LSB DAN RAIL FENCE CIPHER PADA AUDIO

Wesly Hugo Tamba

2110039

ABSTRAK

Data merupakan elemen penting dalam mendukung aktivitas manusia, sehingga data menjadi salah satu target utama pencurian pada kejahatan siber. Oleh karena itu, diperlukan sistem keamanan data yang mampu memastikan data tersebut tetap aman. Keamanan data adalah upaya yang untuk melindungi data yang mereka miliki. Tujuan dari keamanan data adalah menjaga informasi sensitif agar hanya dapat diakses oleh pihak-pihak yang berhak. Penelitian ini mengembangkan sebuah aplikasi berbasis website yang mengimplementasikan algoritma *Rail Fence Cipher* dan *Least Significant Bit* (LSB) pada media audio. Hasil pengujian menunjukkan bahwa kombinasi algoritma *Rail Fence Cipher* dan LSB mampu mengamankan data dengan baik. Hasil kuisioner menunjukan bahwa mayoritas orang tidak merasakan adanya perbedaan antara audio original dan audio yang telah mengalami modifikasi akibat LSB. Pengujian lainnya juga memperoleh nilai rata-rata *Mean Square Error* (MSE) yang diperoleh sebesar 0,167, sedangkan rata-rata *Peak Signal-to-Noise Ratio* (PSNR) yang diperoleh sebesar 100,04 dB. Selain itu, hasil uji korelasi Pearson menunjukkan nilai rata-rata sebesar 0,0259, yang mengindikasikan bahwa tidak terdapat hubungan yang signifikan antara plaintext dan ciphertext. Hal ini membuktikan teknik steganografi yang digunakan dapat bekerja secara baik tanpa menyebabkan perubahan kualitas audio yang signifikan, sehingga dapat diandalkan sebagai salah satu metode untuk menjaga keamanan data.

Kata Kunci: Data, Keamanan data, *Least significant Bit*, *Rail fence cipher*, *Website*.

WEB APPLICATION DESIGN FOR DATA SECURITY USING LSB AND RAIL FENCE CIPHER ON AUDIO

Wesly Hugo Tamba

2110039

ABSTRACT

Data is a crucial element in supporting human activities, making it one of the primary targets for theft in cybercrime. Therefore, a robust data security system is needed to ensure that data remains protected. Data security refers to efforts made by individuals or organizations to safeguard their information technology ecosystems. The primary objective of data security is to protect sensitive information so that it is only accessible to authorized parties. This study develops a web-based application that implements the Rail Fence Cipher algorithm and Least Significant Bit (LSB) steganography on audio media. The test results show that the combination of the Rail Fence Cipher and LSB algorithms effectively secures data. Questionnaire results indicate that most respondents did not perceive any noticeable difference between the original audio and the audio modified using LSB. Further testing yielded an average Mean Square Error (MSE) value of 0.167 and an average Peak Signal-to-Noise Ratio (PSNR) value of 100.04 dB. In addition, the Pearson correlation test results showed an average value of 0.0259, indicating that there was no significant relationship between the plaintext and ciphertext. These findings suggest that the steganographic techniques applied can operate effectively without causing significant degradation in audio quality, making them a reliable method for securing data.

Keywords: Data, Data Security, Least Significant Bit, Rail fence cipher, Website.

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN SKRIPSI.....	i
PERNYATAAN BEBAS PLAGIARISME	ii
KATA PENGANTAR	iii
ABSTRAK	v
<i>ABSTRACT</i>	vi
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR PERSAMAAN	xii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang Penelitian	1
1.2. Rumusan Masalah Penelitian	5
1.3. Tujuan Penelitian	5
1.4. Ruang Lingkup Penelitian.....	6
1.5. Manfaat Penelitian	6
1.5.1. Manfaat Teoritis	6
1.5.2. Manfaat Praktis	6
1.6. Stuktur Organisasi Skripsi	7
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	9
2.1. Tinjauan Pustaka	9
2.1.1. Data	9
2.1.2. Keamanan Data	9
2.1.3. Steganografi	9
2.1.3.1. Least significant Bit	10

2.1.4.	Kriptografi.....	11
2.1.4.1.	<i>Rail fence cipher</i>	11
2.1.5.	Base64.....	12
2.1.6.	Transformasi Audio ke Biner.....	12
2.1.7.	Audio.....	14
2.1.7.1.	Waveform Audio.....	14
2.1.8.	Website.....	14
2.1.9.	Python	15
2.1.9.1.	PYWavelet	15
2.1.9.2.	Numpy.....	15
2.1.10.	Flask	15
2.1.11.	Korelasi Pearson.....	16
2.1.12.	MSE	17
2.1.13.	PSNR.....	17
2.2.	Penelitian Terkait	18
2.3.	Kerangka Pemikiran.....	20
BAB III METODE PENELITIAN.....		22
3.1.	Desain Penelitian.....	22
3.2.	Identifikasi Masalah (<i>Identify the problem</i>).....	23
3.3.	Mendeskripsikan Tujuan (<i>Describe the objectives</i>).....	23
3.4.	Desain dan Pengembangan Sistem (<i>Design and develop the artifact</i>) .	24
3.5.	Desain Uji Coba Sistem (<i>Test the artifact</i>)	33
3.6.	Desain Evaluasi Hasil Uji (<i>Evaluate testing result</i>).....	36
3.7.	Pemaparan Hasil Uji (<i>Communicating the testing result</i>).....	38
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		39
4.1.	Hasil Perancangan Aplikasi	39
4.2.	Hasil Pengujian Black Box	41
4.3.	Hasil Pengujian Sampel dengan Kuisoner	44
4.4.	Hasil Pengujian Algoritma.....	46
4.4.1.	<i>Rail fence cipher</i>	47

4.4.2.	LSB	49
4.5.	Hasil Pengujian Korelasi Pearson	52
4.6.	Hasil Pengujian MSE & PSNR.....	56
4.7.	Analisa Hasil Perancangan dan Pengujian.....	58
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....		59
5.1.	Simpulan	59
5.2.	Saran.....	60
DAFTAR PUSTAKA		61
LAMPIRAN.....		66

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Kriteria Korelasi Pearson	16
Tabel 2.2 Daftar Penelitian Terkait Steganografi Dan Kriptografi.....	18
Tabel 3.1 Skenario Uji Coba Sistem Website.....	34
Tabel 4.1 Pengujian Black Box Pada Aplikasi Website yang Dirancang.....	42
Tabel 4.2 Tanggapan Kuisioner Terkait Perbandingan Hasil Audio Hasil Implementasi dan Original.....	45
Tabel 4.3 Hasil Uji Durasi Penyisipan dan Ekstraksi Oleh LSB	49
Tabel 4.4 Hasil Penghitungan Jumlah Ruang Pada Cover.....	51
Tabel 4.5 Hasil Pengukuran File PDF Setelah Konversi Biner Oleh Base64.....	51
Tabel 4.6 Hasil Perhitungan Korelasi Pearson Plaintext dan Ciphertext.....	52
Tabel 4.7 Hasil Perhitungan Korelasi Pearson Dalam Bentuk Biner.....	55
Tabel 4.8 Hasil Pengujian MSE dan PSNR dengan Algoritma LSB.....	57

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Data Jumlah Serangan Siber di Indonesia (BSSN, 2024)	2
Gambar 2.1 Cara kerja Least significant Bit	10
Gambar 2.2 Cara kerja <i>Rail fence cipher</i>	12
Gambar 2.3 Diagram proses <i>Pulse Code Modulation</i>	13
Gambar 3.1 Prosedur penelitian design and development (Ellis & Levy, 2010)..	22
Gambar 3.2 Arsitektur Diagram Aplikasi Keamanan Data Pada Audio	25
Gambar 3.3 Desain Use Case Diagram Keamanan Data Pada Audio	26
Gambar 3.4 Tampilan Antarmuka Awal Aplikasi	27
Gambar 3.5 Tampilan Antarmuka Fitur Enkripsi	28
Gambar 3.6 Tampilan Antarmuka Fitur Dekripsi	29
Gambar 3.7 Tampilan Antarmuka Fitur Analisis	29
Gambar 3.8 Flowchart Enkripsi dan Embedding Keamanan Data Pada Audio ...	30
Gambar 3.9 Flowchart Extracting (Ekstraksi) Keamanan Data Pada Audio	31
Gambar 3.10 Diagram Blok Enkripsi-Embedding Keamanan Data Pada Audio .	32
Gambar 3.11 Diagram Blok Dekripsi-Extracting Keamanan Data Pada Audio...	33
Gambar 4.1 Tampilan Awal Website Hasil Perancangan	39
Gambar 4.2 Tampilan Antarmuka Fitur Enkripsi Pada <i>Website</i>	40
Gambar 4.3 Tampilan Antarmuka Fitur Dekripsi Pada <i>Website</i>	40
Gambar 4.4 Tampilan Antarmuka Fitur Analisis Pada <i>Website</i>	41
Gambar 4.5 Grafik Jawaban Untuk Pengujian Kualitas Dengan Kuisoner	45
Gambar 4.6 <i>File</i> Sebelum Enkripsi Oleh Enkripsi <i>Rail Fence Cipher</i>	47
Gambar 4.7 <i>File</i> Sesudah Enkripsi Oleh <i>Rail Fence Cipher</i>	48
Gambar 4.8 <i>File</i> Hasil Dekripsi Oleh <i>Rail Fence Cipher</i>	49

DAFTAR PERSAMAAN

Persamaan (1).....	11
Persamaan (2).....	16
Persamaan (3).....	17
Persamaan_(4).....	18

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Jadwal Penelitian	66
Lampiran 2 Kode Program Enkripsi Rail Fence Cipher	66
Lampiran 3 Kode Program Dekripsi Rail Fence Cipher	67
Lampiran 4 Kode Program Penyisipan Least Significant Bit	68
Lampiran 5 Kode Program Ekstraksi Least Significant Bit.....	69
Lampiran 6 Kode program Perhitungan MSE dan PSNR.....	69
Lampiran 7 Kode Program Perhitungan Korelasi Pearson	70
Lampiran 8 Hasil Pengujian Black Box.....	71
Lampiran 9 Kuisioner pada Google Form	76
Lampiran 10 Hasil Korelasi Pearson Dalam Bentuk Teks.....	77
Lampiran 11 Hasil Korelasi Pearson dalam bentuk biner.....	82
Lampiran 12 Hasil Kuisioner	86

DAFTAR PUSTAKA

- Adha, M., Yanto, F., & Handayani, L. (2024). Steganografi Gambar Menggunakan Metode Least Significant Bit Pada Citra Dengan Operasi XOR. *Technology and Science (BITS)*, 6(1). <https://doi.org/10.47065/bits.v6i1.5262>
- Afsari, M., Mulyana, D. I., Damaiyanti, A., & Sa'adah, N. (2022). Implementasi Mode Operasi Kombinasi Cipher Block Chaining dan Metode LSB-1 Pada Pengamanan Data text: indonesia. *Jurnal Pendidikan Sains dan Komputer*, 2(01), 70–82.
- Andrea, K., Wardana, A., Wanandi, B. S., & Ikhwan, A. (2023). Penerapan Kriptografi Caesar Cipher Pada Fitur Aplikasi Chatting Whatsapp. *Jurnal Penelitian Dan Pengkajian Ilmiah Eksakta*, 2(1), 6–11.
- Apriani, P., Hasugian, A. H., & Rusydi, I. (2024). TEKNIK STEGANOGRAFI DISCRETE COSINE TRANSFORM DAN ALGORITMA RSA UNTUK MENYISIPKAN PESAN PADA AUDIO. *JSR: Jaringan Sistem Informasi Robotik*, 8(1), 1–9.
- Aryasanti, A., Ujiandari, R., Hardjianto, M., & Kusumawardani, R. (2023). Implementasi Keamanan File Menggunakan Metode Kriptografi Base-64 dan Steganografi Least Significant Bit (LSB) Random 2-Bit Berbasis Web. *Jurnal Ticom: Technology of Information and Communication*, 11(2), 113–118.
- Azhari, M., Mulyana, D. I., Perwitosari, F. J., & Ali, F. (2022). Implementasi Pengamanan Data pada Dokumen Menggunakan Algoritma Kriptografi Advanced Encryption Standard (AES). *Jurnal Pendidikan Sains dan Komputer*, 2(1), 2476–2809.
- Candra, M. A. A. (2021). Sistem informasi berprestasi berbasis web pada SMP Negeri 7 Kota Metro. *Jurnal Mahasiswa Ilmu Komputer*, 1(2), 175–189.
- El Indri, N. N., & Wahanani, H. E. (2023). Pembuatan Sistem Prediksi Persediaan Barang Pada Toko Nabila Menggunakan Metode Weighted Moving Average Dan Reorder Point. *Jurnal Informatika Polinema*, 9(2), 127–132.
- Ellis, T. J., & Levy, Y. (2010). A guide for novice researchers: Design and development research methods. *Proceedings of Informing Science & IT Education Conference (InSITE)*, 10(10), 107–117.

- Fahrezi, A., Salam, F. N., Ibrahim, G. M., Syaiful, R. R., & Saifudin, A. (2022). Pengujian Black Box Testing pada Aplikasi Inventori Barang Berbasis Web di PT. AINO Indonesia. *LOGIC: Jurnal Ilmu Komputer dan Pendidikan*, 1(1), 1–5.
- Febriana, I. (2021). Simulasi Akuisisi Sinyal Suara Dengan Menggunakan Matlab. *SinarFe7*, 4(1), 209–213.
- Fernando, F., & Pakereng, M. A. I. (2022). Implementasi Super Enkripsi Menggunakan Metode Rail Fence Cipher dan Metode Caesar Cipher Pada Data Pasien Klinik Eka Karigas. *J-SAKTI (Jurnal Sains Komputer dan Informatika)*, 6(2), 740–753.
- Hafsari, R., Aribi, E., & Maulana, N. (2023). Perancangan Sistem Informasi Manajemen Inventori Dan Penjualan Pada Perusahaan PT. INHUTANI V. *PROSISKO: Jurnal Pengembangan Riset dan Observasi Sistem Komputer*, 10(2), 109–116.
- Handayani, H., Ayulya, A. M., Faizah, K. U., Wulan, D., Rozan, M. F., & Hamzah, M. L. (2023). Perancangan Sistem Informasi Inventory Barang Berbasis Web Menggunakan Metode Agile Software Development. *Jurnal Testing Dan Implementasi Sistem Informasi*, 1(1), 29–40.
- Hendrata, A. D., & Prihanto, A. (2021). Analisis Kualitas Suara Stego Audio Penyisipan Informasi Tersembunyi dengan Metode Least Significant Bit. *Journal of Informatics and Computer Science (JINACS)*, 2(03), 178–184.
- Hermanto, K., Salim, D., Wu, B., Salim, O. R., & Gunadi, R. B. (2023). Penggunaan Python Untuk Menganalisis Pola Penyebaran Covid-19 Di Masa Pandemi. *Journal of Student Development Information System (JoSDIS)*, 3(2), 62–75.
- Hidayat, W., Ramli, H., Ikhrum, P. M. B., Ridhawi, A. R., Mukhtar, N. A., & Junedy, R. (2023). Analisa Clustering Phising Untuk Meningkatkan Kesadaran Mahasiswa Terhadap Keamanan Data Pribadi Mahasiswa Universitas Negeri Makassar. *Vokatek: Jurnal Pengabdian Masyarakat*, 28–33.
- Humayrah, R., Elhanafi, A. M., & Batubara, M. T. (2023). Analisa Histogram dan PSNR Pada Citra True Color Dalam Pengamanan Teks Menggunakan Spread Spectrum dan LSB. *Jurnal Ilmu Komputer dan Sistem Informasi*, 2(1), 188–200.

- Irawan, M. B. A., & Pristiwanto, P. (2024). Analisa Perbandingan Algoritma Goldbach dan LZW pada File WAV. *MEANS (Media Informasi Analisa dan Sistem)*, 110–113.
- Kodir, A., & Pramusinto, W. (2021). Implementasi Kriptografi Dengan Menggunakan Metode Rc4 Dan Base64 Untuk Mengamankan Database Sekolah Pada Sdn Grogol Utara 10. *SKANIKA: Sistem Komputer dan Teknik Informatika*, 4(1), 7–14.
- Manuilova, N. N., Khairullina, L. E., Khabibullina, G. Z., Minnegalieva, C. B., Makletsov, S. V, Bronskaya, V. V, & Kharitonova, O. S. (2020). Wavelet method of hiding text information in audio signals. *Journal of Physics: Conference Series*, 1515(3), 032056.
- Manurung, F. A., & Pradeka, D. (2025). Spam and Phishing Whatsapp Message Filtering Application Using TF-IDF and Machine Learning Methods. *Green Intelligent Systems and Applications*, 5(1), 1–13.
- Maulana, G. R., Aqila, S. W., Sakinah, N. H., Wulandari, N. I., & Nurhayati, C. (2023). MANFAAT MANAJEMEN KEAMANAN INFORMASI TERHADAP PENGAMANAN DATA PRIBADI MAHASISWA PRODI AKUNTANSI ANGKATAN 2021 FAKULTAS EKONOMI DAN BISNIS DI UNIVERSITAS TRUNOJOYO MADURA. *Jurnal Ilmiah Rekayasa dan Manajemen Sistem Informasi*, 9(2), 89–96.
- Miftahuljannah, V., & Suharso, A. (2023). Pengimplementasian Berbagai Web Berdasarkan Kebutuhan Pengguna dengan menggunakan Metode Systematic Literature Review. *INFOTECH journal*, 9(2), 401–405.
- Minarni, M., Ikram, A., Warman, I., & Swara, G. Y. (2023). Implementasi Algoritma Vigenere Cipher Dan End Of File Pada Steganografi Video. *Jurnal Minfo Polgan*, 12(1), 432–441.
- Nabila, B., Sianturi, L. T., & Sianturi, C. F. (2021). Implementasi Fungsi Hash Untuk Mendeteksi Orisinalitas File Audio Menggunakan Metode Gost. *Jurnal Sains dan Teknologi Informasi*, 1(1), 13–18.
- Nanda, N. A., Sari, M., & Gunawan, I. (2023). Kriptografi dan Penerapannya Dalam Sistem Keamanan Data. *Jurnal Media Informatika*, 4(2), 90–93.
- Nassrullah, H. A., Flayyih, W. N., & Nasrullah, M. A. (2020). Enhancement of LSB Audio Steganography Based on Carrier and Message Characteristics. *J. Inf. Hiding Multim. Signal Process.*, 11(3), 126–137.

- Praniffa, A. C., Syahri, A., Sandes, F., Fariha, U., Giansyah, Q. A., & Hamzah, M. (2023). Pengujian Sistem Informasi Parkir Berbasis Web Pada UIN SUSKA RIAU Menggunakan White Box dan Black Box Testing. *Jurnal Testing dan Implementasi Sistem Informasi*, 1(1), 1–16.
- Purnamasari, D., & Prasetyani, H. (2022). Analisis Performansi Kriptografi Berbasis Algoritma Caesar Cipher dan Rail Fence Cipher pada Tembang Macapat. *Joined Journal (Journal of Informatics Education)*, 5(1), 1–8.
- Raffles, S. A., & Nasution, M. I. P. (2024). Peran Penting Pengolahan Data Dalam Transformasi Bisnis Melalui Analisis. *Jurnal Rimba: Riset Ilmu Manajemen Bisnis Dan Akuntansi*, 2(1), 341–348.
- Rahman, S., Sembiring, A., Siregar, D., Prahmana, I. G., Puspadini, R., & Zen, M. (2023). Python: Dasar dan Pemrograman Berorientasi Objek. *Penerbit Tahta Media*.
- Richey, R. C., & Klein, J. D. (2014). *Design and development research: Methods, strategies, and issues*. Routledge.
- Smith, M. J. (2021). *Statistical analysis handbook: A comprehensive handbook of statistical concepts, techniques and software tools*.
- Suryawijaya, T. W. E. (2023). Memperkuat Keamanan Data melalui Teknologi Blockchain: Mengeksplorasi Implementasi Sukses dalam Transformasi Digital di Indonesia. *Jurnal Studi Kebijakan Publik*, 2(1), 55–68.
- Tuasamu, Z., Lewaru, N. A. I. M., Idris, M. R., Syafaat, A. B. N., Faradilla, F., Fadlan, M., Nadiva, P., & Efendi, R. (2023). Analisis Sistem Informasi Akuntansi Siklus Pendapatan Menggunakan DFD Dan Flowchart Pada Bisnis Porobico. *Jurnal Bisnis dan Manajemen (JURBISMAN)*, 1(2), 495–510.
- Umam, C., & Muslih, M. (2023). Enkripsi Data Teks Dengan AES dan Steganografi DWT. *InComTech : Jurnal Telekomunikasi dan Komputer*, 13(1), 28. <https://doi.org/10.22441/incomtech.v13i1.15059>
- Veriarinal, V., & Wanandi, R. (2024). IMPLEMENTASI SISTEM STEGANOGRAFI CITRA DENGAN METODE SUBSTITUSI LSB (LEAST SIGNIFICANT BIT). *Kohesi: Jurnal Sains dan Teknologi*, 2(11), 10–20.

- Walingkas, H. L., Ocsa, P., & Saian, N. (2023). Penerapan Framework Flask pada Pembangunan Sistem Informasi Pemasok Barang. *Jurnal Teknologi Informasi dan Komunikasi*, 7(2), 2023. <https://doi.org/10.35870/jti>
- Wiharja, S., Pradeka, D., & Suteddy, W. (2024). Comparative study of the effect of datasets and machine learning algorithms for PDF malware detection. *Digital Zone: Jurnal Teknologi Informasi dan Komunikasi*, 15(1), 80–93.
- Wijoyo, A., Fatimah, S., & Widiyanti, Y. (2023). Keamanan Data dalam Sistem Informasi Manajemen: Risiko dan Strategi Perlindungan. *TEKNOBIS: Jurnal Teknologi, Bisnis dan Pendidikan*, 1(2).
- Wildan, M., & Ashari, W. M. (2024). Text Data Security Using LCG and CBC with Steganography Technique on Digital Image. *Journal of Applied Informatics and Computing*, 8(2), 400–407.
- Wiranto, A. R., Setiawan, E., Nuryaman, A., & Usman, M. (2023). Implementasi Metode Backpropagation Neural Network Dalam Meramalkan Tingkat Inflasi Di Indonesia. *MATHunesa: Jurnal Ilmiah Matematika*, 11(1), 8–16.