

IMPLEMENTASI SISTEM SELEKSI MEDIA STEGANOGRAFI BERBASIS KRITERIA TEKNIS UNTUK KEAMANAN INFORMASI DIGITAL

Yohanes Dwi Cahyono ^{1*}, Lussiana ETP ², Asep Suryanta ³

¹ Politeknik Angkatan Darat

² STMIK Jakarta STI&K

³ Politeknik Angkatan Darat

yohanes@poltekad.ac.id

ABSTRAK

Steganografi merupakan teknik menyembunyikan pesan dalam media digital, namun pemilihan media penutup yang bersifat subjektif sering menurunkan kualitas dan keberhasilan penyisipan. Penelitian ini bertujuan mengimplementasikan sistem pendukung keputusan untuk membantu pengguna mengevaluasi dan memilih media steganografi berdasarkan kriteria teknis terukur. Sistem menganalisis media penutup menggunakan lima kriteria, yaitu resolusi citra, kapasitas bit, tingkat entropi, variansi noise, dan format file. Setiap kriteria dinormalisasi lalu dikombinasikan melalui metode pembobotan sederhana guna menghasilkan skor kelayakan media. Berdasarkan skor tersebut, sistem merekomendasikan jalur penyisipan pesan yang paling sesuai. Untuk menjaga keamanan data, pesan rahasia dienkripsi menggunakan algoritma AES-256 dan diverifikasi dengan HMAC-SHA256 sebelum proses penyisipan. Pengujian dilakukan pada sekumpulan citra digital berformat lossless. Hasil menunjukkan sistem mampu memberikan rekomendasi media yang selaras dengan karakteristik teknis citra serta menghasilkan media stego dengan kualitas visual baik berdasarkan nilai PSNR dan SSIM. Selain itu, pesan rahasia berhasil diekstraksi kembali dengan tingkat keberhasilan penuh dan integritas data tetap terjaga. Temuan ini menunjukkan bahwa sistem pendukung keputusan yang diimplementasikan mampu menstrukturkan dan menstandarkan pemilihan media steganografi sehingga mendukung penerapan keamanan informasi secara praktis.

Kata Kunci : Sistem Pendukung Keputusan, Steganografi, Keamanan Informasi, Media Digital, Implementasi Sistem.

1. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi informasi telah mendorong meningkatnya kebutuhan akan mekanisme keamanan data yang tidak hanya berfokus pada kerahasiaan isi pesan, tetapi juga pada penyamaran keberadaan komunikasi itu sendiri. Meskipun teknik kriptografi mampu melindungi isi informasi, pola komunikasi yang terenkripsi masih dapat terdeteksi melalui analisis lalu lintas jaringan, sehingga berpotensi menimbulkan risiko keamanan tambahan [1],[2]. Dalam konteks tersebut, steganografi menjadi salah satu pendekatan yang banyak digunakan untuk menyembunyikan pesan rahasia ke dalam media digital secara tidak mencolok.

Steganografi citra digital, khususnya metode Least Significant Bit (LSB), masih banyak diterapkan karena kemudahan implementasi dan kapasitas penyisipannya yang relatif besar [3]. Namun, kualitas hasil steganografi sangat dipengaruhi oleh karakteristik media penutup yang digunakan. Media dengan resolusi rendah, tingkat entropi yang tidak memadai, atau format yang tidak sesuai dapat menyebabkan distorsi visual maupun meningkatkan risiko terdeteksinya pesan tersembunyi [4]. Oleh karena itu, pemilihan media penutup menjadi salah satu faktor penting dalam keberhasilan proses steganografi.

Dalam praktiknya, pemilihan media steganografi sering dilakukan secara manual atau berdasarkan pengalaman pengguna, tanpa adanya mekanisme

evaluasi yang terstruktur. Pendekatan tersebut bersifat subjektif dan berpotensi menghasilkan keputusan yang tidak konsisten, terutama ketika jumlah media yang harus dianalisis semakin banyak. Beberapa penelitian telah membahas pentingnya evaluasi karakteristik media, seperti resolusi, kapasitas penyisipan, dan tingkat keacakan citra, dalam kaitannya dengan kualitas steganografi [3],[5]. Namun, aspek implementasi sistem yang secara langsung membantu pengguna dalam melakukan evaluasi dan pemilihan media masih relatif terbatas.

Pendekatan pengambilan keputusan berbasis multi-kriteria telah banyak digunakan dalam berbagai domain sistem informasi untuk membantu proses seleksi dan evaluasi alternatif secara objektif dan terstruktur [6],[7],[8]. Dengan memanfaatkan sejumlah kriteria teknis yang terukur, metode ini memungkinkan pengguna memperoleh rekomendasi berdasarkan perhitungan yang konsisten, bukan semata-mata pertimbangan subjektif. Dalam konteks steganografi, pendekatan ini berpotensi diterapkan sebagai mekanisme bantu untuk mengevaluasi kelayakan media penutup sebelum proses penyisipan pesan dilakukan.

Berdasarkan permasalahan tersebut, penelitian ini berfokus pada implementasi sistem pendukung keputusan yang dirancang untuk membantu proses pemilihan media steganografi. Sistem ini mengevaluasi media digital berdasarkan beberapa kriteria teknis, yaitu resolusi citra, kapasitas bit,

entropi, variansi noise, dan format file. Hasil evaluasi kemudian digunakan sebagai dasar rekomendasi media yang paling sesuai untuk proses penyisipan pesan. Selain itu, untuk menjaga keamanan data, sistem juga mengintegrasikan mekanisme enkripsi dan autentikasi pesan sebelum dilakukan proses steganografi.

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi praktis dalam bentuk sistem yang membantu pengguna melakukan pemilihan media steganografi secara lebih terstruktur dan konsisten. Dengan demikian, penerapan steganografi dalam konteks keamanan informasi dapat dilakukan secara lebih efektif dan mudah diimplementasikan dalam lingkungan sistem informasi.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Berbagai studi menunjukkan bahwa steganografi digital masih menjadi salah satu teknik yang berkembang sebagai pelengkap kriptografi untuk menjaga kerahasiaan komunikasi pada media digital [1],[2],[9]. Metode Least Significant Bit (LSB) merupakan teknik yang paling banyak digunakan karena proses implementasinya relatif sederhana dan memiliki kapasitas penyisipan yang cukup besar. Meskipun demikian, kualitas hasil steganografi LSB sangat dipengaruhi oleh karakteristik media penutup serta rentan terhadap kompresi dan pemrosesan ulang citra [3],[10]. Oleh karena itu, pemilihan media yang tepat menjadi aspek penting dalam menjaga kualitas dan keberhasilan penyisipan pesan.

Selain pendekatan berbasis citra, beberapa penelitian juga memperkenalkan steganografi berbasis struktur web dan HTML sebagai alternatif media penyisipan pesan [11],[12]. Pendekatan ini memiliki keunggulan dalam mempertahankan tampilan visual halaman web, namun kapasitas penyisipan dan stabilitas struktur dokumen menjadi faktor yang perlu diperhatikan. Perbedaan karakteristik antara media citra dan media berbasis web menunjukkan bahwa tidak semua metode penyisipan sesuai untuk setiap jenis media, sehingga diperlukan proses evaluasi sebelum penyisipan dilakukan.

Sejumlah penelitian juga menyoroti pentingnya proses cover selection, yaitu pemilihan media penutup yang sesuai sebelum proses steganografi diterapkan [3],[13]. Evaluasi media umumnya mempertimbangkan atribut teknis seperti resolusi citra, kapasitas bit, tingkat entropi, dan karakteristik noise yang berpengaruh terhadap kualitas hasil steganografi. Namun dalam praktiknya, proses evaluasi tersebut sering dilakukan secara manual dan bergantung pada pengalaman pengguna, sehingga berpotensi menghasilkan keputusan yang tidak konsisten.

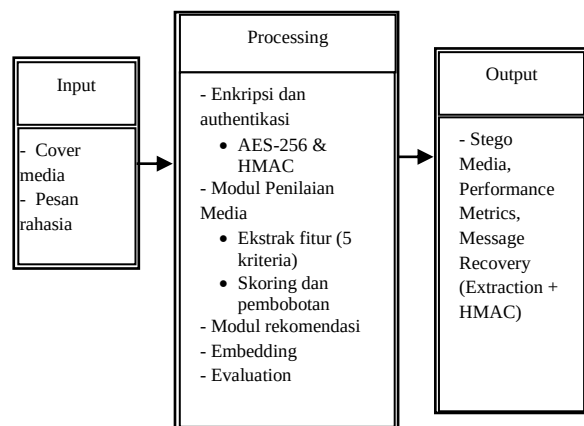
Dalam domain sistem informasi, pendekatan pengambilan keputusan berbasis multi-kriteria telah banyak diterapkan untuk membantu proses seleksi alternatif secara terstruktur dan objektif [7],[8]. Metode ini memungkinkan beberapa parameter teknis digabungkan menjadi satu nilai penilaian yang dapat

digunakan sebagai dasar rekomendasi. Berbagai teknik pembobotan, seperti entropy-weight dan CRITIC, juga telah digunakan untuk mengurangi subjektivitas dalam penentuan prioritas kriteria [6],[14]. Penerapan pendekatan multi-kriteria pada konteks evaluasi media digital berpotensi membantu pengguna dalam menentukan media yang lebih sesuai sebelum proses penyisipan pesan dilakukan.

Berdasarkan tinjauan tersebut, penelitian ini memosisikan diri pada implementasi sistem pendukung keputusan yang memanfaatkan sejumlah kriteria teknis untuk membantu proses pemilihan media steganografi. Fokus penelitian bukan pada pengembangan metode steganografi baru, melainkan pada pembangunan sistem yang mampu mengotomatisasi proses evaluasi media sehingga pengguna memperoleh rekomendasi yang lebih terstruktur dan konsisten. Dengan pendekatan ini, pemilihan media tidak lagi sepenuhnya bergantung pada pertimbangan subjektif, tetapi didukung oleh proses perhitungan berbasis parameter teknis yang terukur.

3. METODE PENELITIAN

Penelitian ini berfokus pada perancangan dan implementasi sistem pendukung keputusan yang digunakan untuk membantu proses pemilihan media steganografi. Sistem dikembangkan menggunakan pendekatan Input-Process-Output (IPO) untuk menggambarkan alur kerja sistem secara sederhana dan mudah dipahami. Pendekatan IPO digunakan sebagai kerangka pengembangan sistem untuk menunjukkan hubungan antara data masukan, proses pengolahan, dan keluaran yang dihasilkan. Gambar 1 menampilkan gambaran umum alur sistem yang diimplementasikan.



Gambar 1. Diagram Alur Sistem Pendukung Keputusan Steganografi

3.1. Tahap Input

Tahap input terdiri dari dua komponen utama, yaitu:

- Media Penampung (Cover Media) berupa citra digital berformat PNG dan BMP. Format lossless

dipilih untuk menjaga kualitas citra selama proses pengujian sistem [11],[15].

- b. Pesan Rahasia (Plaintext) yang akan disisipkan ke dalam media digital.

Sebelum diproses, sistem melakukan pengecekan sederhana untuk memastikan ukuran pesan tidak melebihi kapasitas media serta format media dapat diproses oleh sistem. Keluaran tahap ini berupa pasangan data Cover Media dan Secret Message yang siap diproses lebih lanjut.

3.2. Tahap Pemrosesan

Tahap pemrosesan terdiri dari beberapa modul utama yang dijalankan secara berurutan.

- a. Modul 1: Enkripsi dan Autentikasi

Pesan rahasia terlebih dahulu dienkripsi menggunakan algoritma AES-256 untuk menjaga kerahasiaan data. Selanjutnya sistem menghasilkan HMAC-SHA256 sebagai kode autentikasi untuk memastikan integritas pesan selama proses penyisipan dan ekstraksi [4],[12]. Keluaran modul ini berupa ciphertext dan tag autentikasi.

- b. Modul 2: Modul Penilaian Media

Sistem melakukan penilaian media berdasarkan beberapa kriteria teknis, yaitu resolusi citra, kapasitas bit, tingkat entropi, variansi noise, dan format file. Nilai setiap kriteria dinormalisasi ke dalam rentang 0–1, kemudian digabungkan menggunakan metode pembobotan sederhana untuk menghasilkan skor penilaian media [13],[16],[6]. Skor ini digunakan sebagai dasar rekomendasi metode penyisipan pesan.

- c. Modul 3: Penentuan Rekomendasi Metode Penyisipan

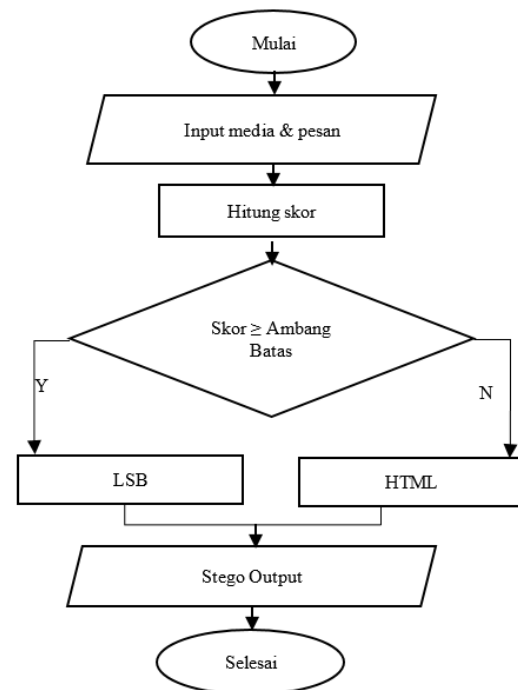
Untuk memperjelas alur penentuan metode penyisipan pesan pada aplikasi, Gambar 2 menampilkan flowchart proses rekomendasi dan penyisipan pesan yang digunakan dalam sistem. Pada tahap ini sistem membandingkan skor penilaian media dengan nilai batas yang diperoleh dari pengujian awal aplikasi. Media dengan skor lebih tinggi akan direkomendasikan menggunakan penyisipan berbasis citra, sedangkan media dengan skor lebih rendah diarahkan ke penyisipan berbasis struktur HTML. Mekanisme ini membantu sistem memberikan rekomendasi metode secara otomatis tanpa memerlukan analisis manual dari pengguna. Keluaran dari modul ini berupa rekomendasi metode penyisipan yang akan digunakan pada tahap berikutnya.

- d. Modul 4: Penyisipan Pesan

Sistem menyediakan dua pilihan metode penyisipan, yaitu:

- Penyisipan Berbasis Citra (LSB), di mana ciphertext disisipkan pada bit rendah piksel citra dengan perubahan minimal [17],[18].
- Penyisipan Berbasis HTML, di mana ciphertext disisipkan pada elemen markup seperti spasi, komentar, atau atribut tanpa mengubah tampilan halaman [19],[20].

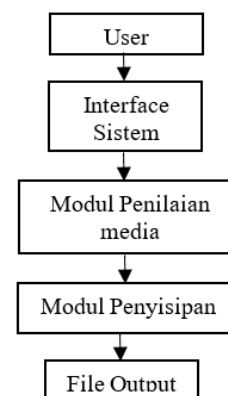
Keluaran modul ini berupa media stego, baik dalam bentuk citra maupun dokumen HTML.



Gambar 2. Alur Proses Rekomendasi dan Penyisipan Pesan

- e. Modul 5: Pengujian dan Verifikasi

Tahap ini bertujuan memastikan sistem berjalan sesuai fungsi. Pengujian dilakukan dengan mengukur kualitas media stego menggunakan PSNR dan SSIM untuk citra, serta pengecekan kesamaan tampilan dan struktur dokumen untuk media HTML [10],[18],[20]. Selain itu, pesan rahasia diekstraksi kembali dan diverifikasi menggunakan HMAC-SHA256 sebelum didekripsi untuk memastikan data tetap utuh [12]. Selain alur proses, sistem yang diimplementasikan juga memiliki struktur komponen yang saling terhubung. Gambar 3 menunjukkan arsitektur sistem seleksi media steganografi yang menggambarkan hubungan antara antarmuka pengguna, modul pemrosesan, dan keluaran sistem.



Gambar 3. Arsitektur Sistem Seleksi Media Steganografi

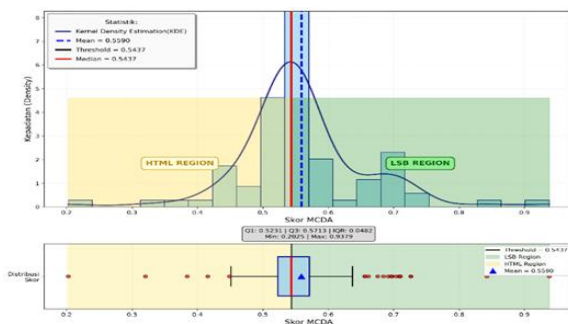
3.3. Tahap Output

Tahap output merupakan keluaran akhir dari sistem yang meliputi:

- Media Stego, berupa stego image atau stego HTML
- Hasil Pengujian Kualitas, seperti nilai PSNR dan SSIM untuk citra
- Status Verifikasi Pesan, berdasarkan pemeriksaan HMAC
- Pesan Hasil Ekstraksi, sebagai bukti bahwa proses penyisipan dan pengambilan kembali pesan berhasil dilakukan

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian sistem dilakukan menggunakan sekumpulan citra digital untuk melihat bagaimana sistem memberikan rekomendasi metode penyisipan pesan berdasarkan penilaian media yang dilakukan. Dari proses pengujian awal, diperoleh nilai batas penilaian media yang digunakan sebagai acuan dalam pemberian rekomendasi metode penyisipan. Nilai batas ini digunakan oleh sistem untuk membedakan media yang lebih sesuai untuk penyisipan berbasis citra maupun berbasis struktur HTML.



Gambar 4. distribusi skor MCDA

Gambar 4 menampilkan visualisasi hasil perhitungan skor penilaian media yang dihasilkan oleh sistem. Visualisasi tersebut digunakan untuk membantu melihat sebaran nilai media yang diuji serta posisi nilai batas yang digunakan sebagai acuan rekomendasi. Berdasarkan grafik tersebut, terlihat bahwa sebagian besar media berada pada rentang nilai menengah, sementara beberapa media memiliki nilai yang lebih tinggi maupun lebih rendah.

Secara umum, sistem mampu memberikan rekomendasi metode penyisipan yang konsisten selama pengujian dilakukan. Media dengan skor penilaian yang lebih tinggi cenderung diarahkan ke penyisipan berbasis citra, sedangkan media dengan skor lebih rendah diarahkan ke penyisipan berbasis HTML. Mekanisme ini membantu pengguna dalam menentukan metode penyisipan tanpa harus melakukan analisis manual terhadap setiap media.

Pada pengujian penyisipan berbasis citra, media stego yang dihasilkan menunjukkan kualitas visual yang baik berdasarkan nilai PSNR dan SSIM. Nilai tersebut menunjukkan bahwa perubahan pada citra relatif kecil dan tidak memengaruhi tampilan secara

signifikan. Sementara itu, pada penyisipan berbasis HTML, dokumen stego tetap menampilkan struktur halaman yang sama dengan dokumen asli sehingga tidak terjadi perubahan tampilan yang mencolok.

Selain kualitas media, sistem juga diuji pada proses ekstraksi pesan. Hasil pengujian menunjukkan bahwa pesan yang disisipkan dapat diekstraksi kembali dengan baik serta berhasil diverifikasi menggunakan mekanisme HMAC-SHA256 sebelum proses dekripsi dilakukan. Hal ini menunjukkan bahwa proses penyisipan dan pengambilan kembali pesan berjalan sesuai dengan fungsi sistem yang dirancang.

Secara keseluruhan, hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem yang diimplementasikan mampu membantu proses pemilihan media steganografi serta menghasilkan media stego dengan kualitas yang baik pada skenario pengujian yang dilakukan.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Penelitian ini menghasilkan implementasi sistem pendukung keputusan yang dapat digunakan untuk membantu proses pemilihan media steganografi berdasarkan sejumlah parameter teknis citra. Sistem mampu melakukan penilaian media dan memberikan rekomendasi metode penyisipan pesan secara otomatis sesuai karakteristik media yang diuji. Hasil pengujian menunjukkan bahwa media stego yang dihasilkan memiliki kualitas visual yang baik pada penyisipan citra serta tidak menimbulkan perubahan tampilan signifikan pada media berbasis HTML. Proses enkripsi dan verifikasi pesan juga berjalan sesuai fungsi yang dirancang, sehingga pesan dapat diekstraksi kembali dengan integritas data tetap terjaga. Secara umum, sistem dapat digunakan sebagai alat bantu praktis dalam proses pemilihan media steganografi.

Pengembangan selanjutnya dapat diarahkan pada penambahan variasi jenis media digital dan penyempurnaan antarmuka pengguna agar sistem lebih mudah digunakan. Selain itu, pengujian pada jumlah data yang lebih besar serta penerapan pada skenario penggunaan nyata dapat dilakukan untuk melihat performa sistem secara lebih luas.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] P. C. Mandal, I. Mukherjee, G. Paul, and B. N. Chatterji, "Digital image steganography: A literature survey," *Inf. Sci. (Ny)*, vol. 609, pp. 1451–1488, 2022, doi: 10.1016/j.ins.2022.07.120.
- [2] R. Apau, M. Asante, F. Twum, J. Ben Hayfron-Acquah, and K. O. Peasah, *Image steganography techniques for resisting statistical steganalysis attacks: A systematic literature review*, vol. 19, no. 9, September, 2024, doi: 10.1371/journal.pone.0308807.
- [3] D. R. I. M. Setiadi, "PSNR vs SSIM: imperceptibility quality assessment for image steganography," *Multimed. Tools Appl.*, vol. 80,

- no. 6, pp. 8423–8444, 2021, doi: 10.1007/s11042-020-10035-z.
- [4] O. A. Alrusaini, “Deep learning for steganalysis: evaluating model robustness against image transformations,” *Front. Artif. Intell.*, vol. 8, 2025, doi: 10.3389/frai.2025.1532895.
- [5] V. Gnanalakshmi and G. Indumathi, “A review on image steganographic techniques based on optimization algorithms,” *Multimed. Tools Appl.*, vol. 82, pp. 44245–44258, 2023, doi: 10.1007/s11042-023-15568-7.
- [6] M. Cinelli, M. Kadziński, G. Miebs, M. Gonzalez, and R. Słowiński, “Recommending multiple criteria decision analysis methods with a new taxonomy-based decision support system,” *Eur. J. Oper. Res.*, vol. 302, no. 2, pp. 633–651, 2022, doi: 10.1016/j.ejor.2022.01.011.
- [7] R. Kumar and D. Pamucar, “A Comprehensive and Systematic Review of Multi-Criteria Decision-Making (MCDM) Methods to Solve Decision-Making Problems: Two Decades from 2004 to 2024,” *Spectr. Decis. Mak. Appl.*, vol. 2, no. 1, pp. 178–197, 2025, doi: 10.31181/sdmap21202524.
- [8] S. K. Sahoo and S. S. Goswami, “A Comprehensive Review of Multiple Criteria Decision-Making (MCDM) Methods: Advancements, Applications, and Future Directions,” *Decis. Mak. Adv.*, vol. 1, no. 1, pp. 25–48, 2023, doi: 10.31181/dma1120237.
- [9] B. Song, P. Wei, S. Wu, Y. Lin, and W. Zhou, “A survey on Deep-Learning-based image steganography,” *Expert Syst. Appl.*, vol. 254, p. 124390, 2024, doi: 10.1016/j.eswa.2024.124390.
- [10] S. Yuk and Y. Cho, “A time-based dynamic operation model for webpage steganography methods,” *Electron.*, vol. 9, no. 12, pp. 1–22, 2020, doi: 10.3390/electronics9122113.
- [11] A. Kumar, R. Rani, and S. Singh, “A survey of recent advances in image steganography,” *Secur. Priv.*, vol. 6, no. 3, 2023, doi: 10.1002/spy2.281.
- [12] X. Yang *et al.*, “Visual-Aware Testing and Debugging for Web Performance Optimization,” *ACM Web Conf. 2023 - Proc. World Wide Web Conf. WWW 2023*, pp. 2948–2959, 2023, doi: 10.1145/3543507.3583323.
- [13] T. Zhang *et al.*, “WebQuality: A Large-scale Multi-modal Web Page Quality Assessment Dataset with Multiple Scoring Dimensions,” vol. 1, pp. 583–596, 2025, doi: 10.18653/v1/2025.naacl-long.25.
- [14] Q. Zhang, J. Fan, and C. Gao, “OPEN CRITID : enhancing CRITIC with advanced independence testing for robust multi-criteria decision-making,” pp. 1–22, 2024, doi: 10.1038/s41598-024-75992-z.
- [15] J. Grigera, J. C. Gardey, A. Garrido, and G. Rossi, “A Scoring Map Algorithm for Automatically Detecting Structural Similarity of DOM Elements,” *Int. Conf. Web Inf. Syst. Technol. WEBIST - Proc.*, vol. 2021-Octob, no. Webist, pp. 174–185, 2021, doi: 10.5220/0010716300003058.
- [16] X. Li, D. Guo, and C. Qin, “Diversified Cover Selection for Image Steganography,” *Symmetry (Basel)*, vol. 15, no. 11, p. 1534, 2023, doi: 10.3390/sym15112024.
- [17] W. Qu *et al.*, “Entropy-Weight-Method-Based Integrated Models for Short-Term Intersection Traffic Flow Prediction,” *MDPI*, vol. 24, no. 7, pp. 1–15, 2022, doi: 10.3390/e24070849.
- [18] S. Alharthi and A. Gutub, “Adjusting image stego practicality via YCbCr color space formation,” *J. Eng. Res.*, no. January, 2025, doi: 10.1016/j.jer.2025.07.008.
- [19] A. A. M. Fadhl, H. O. M. Shareif, M. A. E. Ali, and A. M. A. Elmangoush, “Adaptive Image Steganography: A Review and Research Directions,” *7th IEEE Int. Conf. Adv. Technol. Signal Image Process. ATSIP 2024*, pp. 494–499, 2024, doi: 10.1109/ATSIP62566.2024.10638907.
- [20] K. A/L Selvarajan and Y. Yusoff, “Steganography Algorithms in Computed Tomography (CT) Scan Images,” *Int. J. Innov. Comput.*, vol. 14, no. 2, pp. 65–71, 2024, doi: 10.11113/ijic.v14n2.472.