

STEGANOGRAFI CITRA DIGITAL MENGGUNAKAN LSB DENGAN SELEKSI KOEFISIEN BERBASIS CNN

Dwi Sintia¹, Halim Maulana²

^{1,2}Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, Indonesia

Email: dwishintia91@gmail.com¹, halimmaulana@umsu.ac.id²

ABSTRAK

Pesatnya pertukaran data digital meningkatkan risiko kebocoran informasi sehingga dibutuhkan metode pengamanan *imperceptible*. Steganografi Least Significant Bit (LSB) menyembunyikan pesan pada bit terakhir piksel, namun LSB konvensional yang menyisip secara berurutan tanpa mempertimbangkan tekstur citra rentan terhadap steganalisis. Penelitian ini mengintegrasikan LSB dengan Convolutional Neural Network (CNN) MobileNetV2 untuk pemilihan lokasi adaptif. Citra cover di-resize 224x224, dinormalisasi, dan diekstraksi pada layer `block_13_expand_relu` untuk menghasilkan peta koefisien tekstur. Threshold Top-X% (10%-90%) digunakan untuk membentuk binary map penentu piksel aman. Pengujian pada 20 citra (10 ALASKA, 10 smartphone) menggunakan PSNR, SSIM, MSE dan jumlah perubahan piksel. Hasil menunjukkan kualitas sangat baik dengan PSNR rata-rata 85,80 dB, SSIM 0,999996, dan MSE 0,000794, jauh di atas ambang imperceptible 30 dB. Metode LSB+CNN menurunkan perubahan piksel dari 2234,5 menjadi 1531,7 (31,45%), membuktikan pemilihan piksel yang lebih selektif pada area bertekstur kompleks sehingga visual tetap terjaga.

Kata Kunci: Steganografi, LSB, CNN, MobileNetV2, PSNR, SSIM

ABSTRACT

The rapid exchange of digital data increases the risk of information leakage, necessitating imperceptible security methods. While Least Significant Bit (LSB) steganography hides messages within the least significant bits of pixels, conventional LSB—which embeds data sequentially without considering image texture—is vulnerable to steganalysis. This study integrates LSB with the MobileNetV2 Convolutional Neural Network (CNN) for adaptive location selection. Cover images are resized to 224x224, normalized, and processed at the `block\_13\_expand\_relu` layer to generate a texture coefficient map. A Top-X% threshold (ranging from 10% to 90%) is applied to create a binary map that identifies "safe" pixels for embedding. Testing conducted on 20 images (10 from the ALASKA dataset and 10 from smartphones) utilized PSNR, SSIM, MSE, and pixel change counts as metrics. The results demonstrate excellent quality, with an average PSNR of 85.80 dB, SSIM of 0.999996, and MSE of 0.000794—values well above the 30 dB threshold for imperceptibility. The LSB+CNN method reduced pixel changes from 2,234.5 to 1,531.7 (a 31.45% reduction), confirming more selective pixel allocation in complex-textured areas and thereby preserving visual integrity.

Keywords: Steganography, LSB, CNN, MobileNetV2, PSNR, SSIM

PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi informasi yang cepat membuat pertukaran data digital menjadi dasar komunikasi modern. Oleh sebab itu harus ada upaya untuk melindungi data dari akses orang yang tidak berhak (Yonathan et al., 2021).

Salah satu cara pengamanan data yang banyak dipakai adalah steganografi. Steganografi merupakan penyamaran data dengan cara menanamkannya ke dalam data lain. Proses penyembunyian ini bisa dilakukan pada gambar, suara, dan video. Pada proses pengiriman foto digital kepada pihak lain, teknik ini tergolong sederhana namun mampu menyamarkan informasi penting dengan baik. Akibatnya, pesan yang disembunyikan di dalam gambar menjadi sulit dikenali secara langsung dan menyulitkan pembacaan secara kasat mata. Gambar yang dimaksud adalah citra digital, Citra digital tersusun atas kumpulan piksel dengan nilai numerik yang merepresentasikan sebuah gambar (Rahmatillah et al., 2024), (Catur Nugroho & Muslihudin, 2022), (Dijaya, 2023).

Metode yang diterapkan dalam penelitian ini adalah Least Significant Bit (LSB), yang bekerja melalui modifikasi bit dengan signifikansi terendah pada representasi 8-bit setiap kanal warna citra untuk menyimpan bit-bit informasi. Metode LSB termasuk pendekatan yang paling sederhana untuk penyisipan pesan, di mana bit informasi disisipkan dengan menggantikan bit terakhir pada komponen piksel citra penampung. Perubahan pada bit terakhir ini memiliki dampak yang sangat kecil terhadap warna, sehingga tidak mudah terdeteksi. Karena hanya mengubah bit terakhir, proses penyisipan menjadi lebih sederhana. Salah satu kelemahan utama pada LSB konvensional adalah proses penyisipan data yang dilakukan secara berurutan atau acak tanpa mempertimbangkan karakteristik visual dari citra yang membuat metode tersebut rentan terdeteksi melalui analisis statistik (Kusuma & Prayudi, 2025), (Uray Ristian, 2020).

Penelitian oleh Khozin et al. (2025) dalam Jurnal Surya Informatika membahas penguatan keamanan pada steganografi citra metode LSB melalui penggabungan dengan algoritma Deep Learning berbasis CNN. Pada penelitian tersebut digunakan dataset CIFAR-10 sebanyak 5.000 citra training dan 1.000 citra testing berukuran 32x32 piksel yang terdiri dari 5 kelas (pesawat, mobil, burung, rusa, dan kucing). Metode yang dibandingkan adalah LSB konvensional dan LSB+CNN, pada skema LSB+CNN, data payload diproses menggunakan model CNN untuk memetakan region citra yang dinilai lebih aman untuk penyisipan sehingga lebih sulit terdeteksi. Evaluasi dilakukan menggunakan metrik imperceptibility PSNR dan SSIM serta akurasi deteksi steganalisis. Persamaan antara penelitian tersebut dengan penelitian yang dilakukan saat ini terletak pada pemanfaatan kombinasi metode LSB dan CNN untuk meningkatkan keamanan dan imperceptibility. Adapun perbedaannya, penelitian Khozin et al. (2025) lebih berfokus pada pemanfaatan CNN sebagai model klasifikasi untuk membedakan citra clean dan stego, sedangkan penelitian ini menggunakan CNN dengan arsitektur MobileNetV2 pada layer block_13_expand_relu untuk ekstraksi peta koefisien tekstur dan pembentukan binary map dengan threshold Top-X% (10%, 30%, 50%, 70%, 90%) sebagai penentu lokasi penyisipan yang adaptif. Dari segi dataset, penelitian ini menggunakan 20 citra dengan resolusi tinggi yang terdiri dari 10 citra dataset ALASKA dan 10 citra kamera smartphone, serta menambahkan evaluasi MSE dan jumlah perubahan piksel. Dengan demikian, penelitian ini

melanjutkan dan menyempurnakan penelitian sebelumnya dengan pendekatan seleksi piksel yang lebih selektif berdasarkan kompleksitas tekstur citra (Khozin et al., 2025).

Dalam studi ini, MobileNetV2 berbasis CNN diterapkan untuk menentukan piksel mana yang aman untuk dimodifikasi dengan cara menghitung nilai koefisien pada tiap piksel. CNN adalah arsitektur khusus dari Jaringan Saraf Tiruan (ANN) yang dirancang untuk pemrosesan data dengan topologi grid, contohnya adalah gambar. CNN dianggap sebagai salah satu arsitektur terbaik untuk tugas pengenalan dan klasifikasi citra karena kemampuannya mengekstraksi fitur secara otomatis, sedangkan MobileNetV2 merupakan arsitektur CNN yang dibangun dengan prinsip efisiensi dan ukuran model yang ringan. Arsitektur ini dikembangkan khusus untuk perangkat bergerak dan sistem embedded dengan keterbatasan sumber daya komputasi. Meskipun memiliki struktur yang ringkas, MobileNetV2 tetap mampu memberikan performa yang kompetitif dalam tugas pengenalan citra (Abdul Jalil Rozaqi et al., 2021), (Alfarisi et al., 2025), (Ramdani & Rahmatulloh, 2024).

Setelah CNN mengidentifikasi area yang memiliki tekstur tinggi, maka proses penyisipan pesan rahasia dilakukan pada bit piksel menggunakan teknik LSB (Pratama et al., 2022). Pemanfaatan CNN pada ranah keamanan data dan steganografi menawarkan kelebihan dalam aspek imperceptibility, peningkatan tingkat kerahasiaan, serta mempersulit proses deteksi. Dibandingkan dengan metode tradisional, CNN menawarkan metode yang lebih adaptif dan dinamis dalam proses penyembunyian data digital dengan ditunjukkan oleh nilai PSNR dan SSIM yang digunakan untuk mengukur kualitas antara citra hasil olahan, semakin tinggi nilainya maka semakin kecil kerusakan atau perubahan visual yang terjadi pada citra. Penggunaan koefisien fitur yang diekstrak melalui arsitektur MobileNetV2 secara nyata dapat menentukan titik penyisipan pesan secara adaptif pada area citra dengan karakteristik tekstur yang rumit. Integrasi antara metode LSB dan penentuan lokasi berbasis CNN menghasilkan citra stego dengan kualitas visual terbaik (Ilham & Kirana, n.d.).

METODE PENELITIAN

Berisi jenis penelitian, waktu dan tempat penelitian, target/sasaran, subjek penelitian, prosedur, instrumen dan teknik analisis data serta hal-hal lain yang berkaitan dengan cara penelitian dilakukan. Target/sasaran, subjek penelitian, prosedur, data dan instrumen, dan teknik pengumpulan data, serta teknik analisis data serta hal-hal lain yang berkaitan dengan cara penelitiannya dapat ditulis dalam sub judul.

Tahapan Penelitian

Berikut mencakup langkah-langkah pengerjaan penelitian dari awal hingga akhir pada Gambar 1.

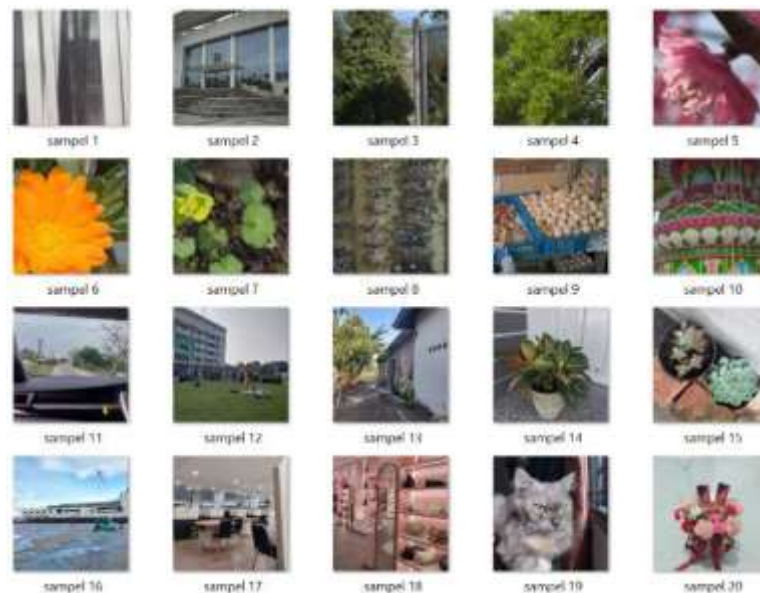


Gambar 1. Langkah-Langkah Penelitian

Tahapan penelitian ini disusun secara sistematis dimulai dari tahapan studi literatur hingga evaluasi hasil.

Data Citra

Pada studi yang dilakukan ini, penggabungan dua sumber data dilakukan untuk memperkuat generalisasi hasil.



Gambar 2. Data Citra

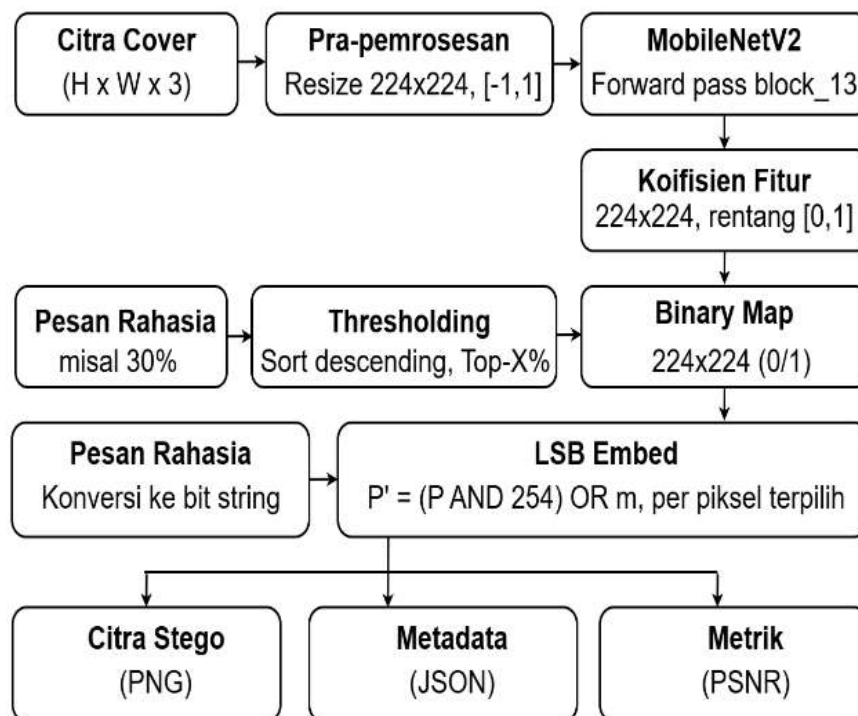
Gambar 2. menunjukkan sampel 1–10 yang merupakan citra dari dataset ALASKA, yaitu dataset yang umum digunakan dalam penelitian steganografi. dan sampel 11–20 merupakan citra yang diambil menggunakan kamera smartphone.

Metode Algoritma

Mekanisme integrasi bekerja dimulai dari citra cover diproses oleh MobileNetV2 untuk menghasilkan peta koefisien tekstur, kemudian parameter threshold Top-X% digunakan untuk menentukan ambang batas pemilihan piksel. Piksel dengan koefisien di atas ambang batas ditandai dalam binary map sebagai lokasi penyisipan, sedangkan piksel di bawah ambang batas dibiarkan tanpa modifikasi. Hasil binary map ini kemudian digunakan oleh modul LSB untuk menyisipkan bit pesan hanya pada piksel terpilih.

Integrasi LSB + CNN

Diagram berikut menunjukkan alur detail proses embedding dari citra cover hingga menghasilkan citra stego.



Gambar 3. Diagram Arsitektur Metode Embedding

Citra cover berukuran asli (HxWx3) dimasukkan ke modul pra-pemrosesan yang melakukan resize ke 224x224 piksel dan normalisasi Zero-Center ke rentang [-1, 1]. Citra ternormalisasi kemudian diproses oleh MobileNetV2 pada layer block_13_expand_relu yang menghasilkan 960 feature maps berukuran 7x7. Feature maps tersebut dipilih 16 channel representative, dirata-ratakan, dan di-upscale ke 224x224 sehingga menghasilkan peta koefisien tekstur. Peta koefisien ini kemudian diproses oleh modul thresholding bersama parameter Top-X% untuk menghasilkan binary map. Sementara itu, pesan rahasia dikonversi ke bit string. Modul LSB kemudian menyisipkan bit pesan ke piksel terpilih (BinaryMap=1) pada citra cover

menggunakan operasi bitwise. Hasil akhir berupa citra stego (PNG), metadata (JSON), dan metrik kualitas (PSNR, SSIM, MSE). Hasil penyisipan LSB dan nilai metrik kualitas dihasilkan dari rumus berikut.

$$P'_i = (P_i \wedge 254) + m_i \quad (1)$$

Keterangan:

P'_i : Nilai piksel stego

P_i : Nilai piksel asli

$\wedge$: Operasi bitwise AND

254: Nilai bitmask untuk Nol-kan bit LSB

m_i : Bit pesan rahasia (0 atau 1)

$$MSE = \frac{1}{m \cdot n} \sum_{x=1}^m \sum_{y=0}^n [I(x, y) - K(x, y)]^2 \quad (2)$$

Setelah mendapatkan Nilai MSE, rumus PSNR adalah:

$$PSNR = 10 \cdot \log_{10} \left(\frac{MAX_I^2}{MSE} \right) \quad (3)$$

Keterangan:

$I(x, y)$: intensitas piksel pada citra cover di posisi baris x kolom y.

$K(x, y)$: intensitas piksel citra stego pada koordinat yang sama (x,y).

m : jumlah baris atau tinggi citra.

n : jumlah kolom atau lebar citra.

MAXI: nilai maksimum piksel yang mungkin, yaitu 255 untuk citra 8-bit.

SSIM dirancang untuk menyerupai cara pandang manusia dengan membandingkan tiga elemen, yaitu kecerahan, kontras, dan struktur. Rumus SSIM antara citra x dan y adalah:

$$SSIM(x, y) = \frac{(2\mu_x\mu_y + C_1)(2\sigma_{xy} + C_2)}{(\mu_x^2 + \mu_y^2 + C_1)(\sigma_x^2 + \sigma_y^2 + C_2)} \quad (4)$$

Keterangan komponen:

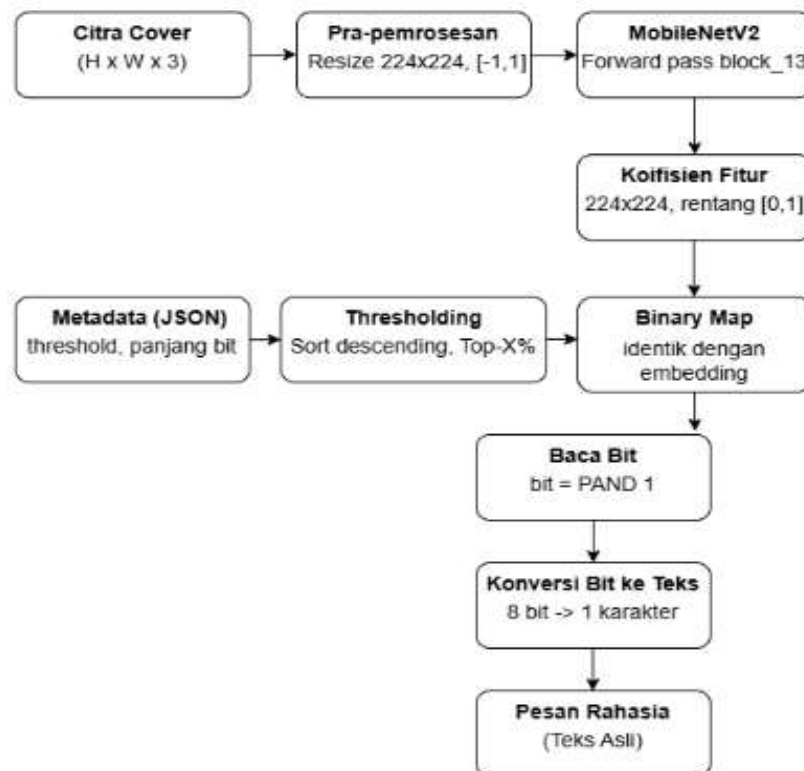
μ_x, μ_y : Rata-rata dari x dan y.

σ_x^2, σ_y^2 : Varian dari x dan y.

σ_{xy} : Kovarian dari x dan y.

C1, C2: Variabel kontanta untuk menjaga stabilitas pembagian jika penyebut mendekati nol.

Diagram berikut menunjukkan alur detail proses extraction dari citra stego hingga memperoleh pesan asli.



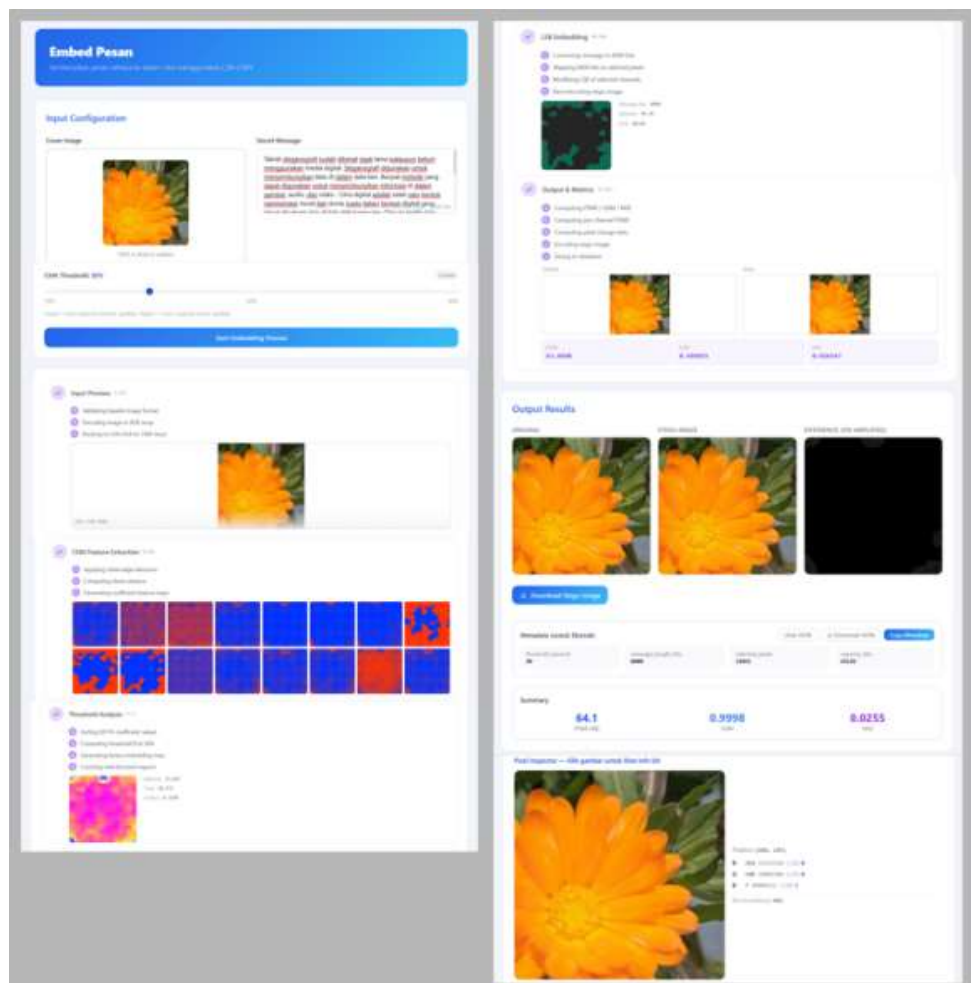
Gambar 4. Diagram Arsitektur Metode Extraction

Citra stego dimasukkan ke modul pra-pemrosesan yang sama dengan proses embedding, yaitu resize ke 224x224 dan normalisasi [-1, 1]. Citra ternormalisasi diproses oleh MobileNetV2 dengan parameter yang persis sama, sehingga menghasilkan peta koefisien yang sama persis. Metadata (threshold_percent) digunakan oleh modul thresholding untuk merekonstruksi binary map yang identik. Selanjutnya, modul extraction membaca bit dari piksel terpilih menggunakan operasi P AND 1, mengumpulkan bit string, dan mengonversinya kembali ke teks menggunakan encoding ASCII/UTF-8. Hasil akhir berupa pesan rahasia yang merupakan teks asli yang di-embed sebelumnya.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Implementasi Sistem

Sistem pada penelitian ini dibuat sebagai aplikasi web yang memanfaatkan Next.js. Styling menggunakan Tailwind CSS dan, backend dilakukan dengan REST API berformat JSON.



Gambar 5. Halaman Embed

Halaman embed pada Gambar 5. digunakan untuk menyisipkan pesan rahasia ke dalam citra. Pengguna mengunggah citra cover, memasukkan pesan rahasia dalam bentuk teks, dan mengatur nilai threshold (5%–95%) melalui slider. Hasil yang ditampilkan meliputi citra asli, citra stego, citra selisih (difference) yang diperbesar 10 kali, serta nilai PSNR, SSIM, dan MSE.

Ekstrak Pesan
Ambil pesan tersembunyi dari citra steganografi

Stego Image

Metadata

Upload file JSON metadata dari hasil embed

Pick the json

Source JSON metadata dari hasil embed

Threshold (%)

Message Length (Bit)

Start Extraction

CHN Extraction

Binary Map

Read Bits

Convert to Text

Extracted Message

Teknik steganografi sudah dikenal sejak lama walaupun belum menggunakan media digital. Steganografi digunakan untuk menyembunyikan data di dalam data lain. Banyak metode yang dapat digunakan untuk menyembunyikan informasi di dalam gambar, audio, dan video. Citra digital adalah salah satu bentuk representasi visual dari dunia nyata dalam bentuk digital yang dapat dipahami dan diolah oleh komputer. Citra ini terdiri dari elemen - elemen titik yang disebut piksel, yang tersusun dalam baris dan kolom. Setiap piksel memiliki nilai numerik yang menggambarkan tingkat kecerahan atau warna pada posisi tertentu dalam citra. Citra digital dapat diperoleh dari berbagai sumber, seperti kamera digital, scanner, atau hasil simulasi komputer. Singkatnya bahwa citra digital adalah representasi visual dalam bentuk digital yang terdiri dari piksel-piksel dengan nilai numerik. Mobilahetv adalah arsitektur jaringan saraf konvolusional yang efisien, ringan, dan dirancang khusus untuk perangkat mobile

Characters: 1000 Bits: 8000

Copy to Clipboard

Download as .txt

Gambar 6. Halaman Extract

Halaman extract yang ditunjukkan pada Gambar 6. berfungsi untuk mengekstrak pesan tersembunyi dari citra steganografi. Pengguna mengunggah citra stego dan memasukkan metadata yang diperlukan Setelah tombol ekstraksi ditekan, sistem menampilkan progres empat tahapan proses dan menampilkan hasil berupa pesan teks yang berhasil diekstrak beserta jumlah bit dan karakter.

Hasil Pengujian Sistem

Pengujian kualitas steganografi bertujuan untuk mengevaluasi tingkat imperceptibility citra stego yang dihasilkan oleh sistem. Pengujian dilakukan terhadap 20 citra sampel dengan 5 variasi threshold, yaitu 10%, 30%, 50%, 70%, dan 90%. Setiap kombinasi diukur menggunakan tiga metrik kualitas: PSNR, SSIM, dan MSE.

Tabel 1. Rata-Rata Per-threshold

Threshold	PSNR rata-rata	SSIM rata-rata	MSE rata-rata
10 %	85.86	0.999996	0.000786
30%	85.80	0.999996	0.000799
50%	85.78	0.999996	0.000786
70%	85.80	0.999996	0.000797
90%	85.80	0.999996	0.000794

Berdasarkan hasil pengujian kualitas pada Tabel 1, dapat disimpulkan bahwa: (1) seluruh 20 citra sampel menghasilkan PSNR di atas 74 dB yang jauh melampaui ambang imperceptible sebesar 30 dB, (2) pengaruh threshold terhadap kualitas relatif kecil karena panjang pesan yang digunakan masih jauh di bawah kapasitas maksimum, (3) citra smartphone menghasilkan kualitas lebih tinggi dibandingkan citra dataset Alaska, dan (4) nilai SSIM yang mendekati atau sama dengan 1.0 menunjukkan bahwa struktur citra asli terjaga dengan sangat baik pada seluruh hasil steganografi.

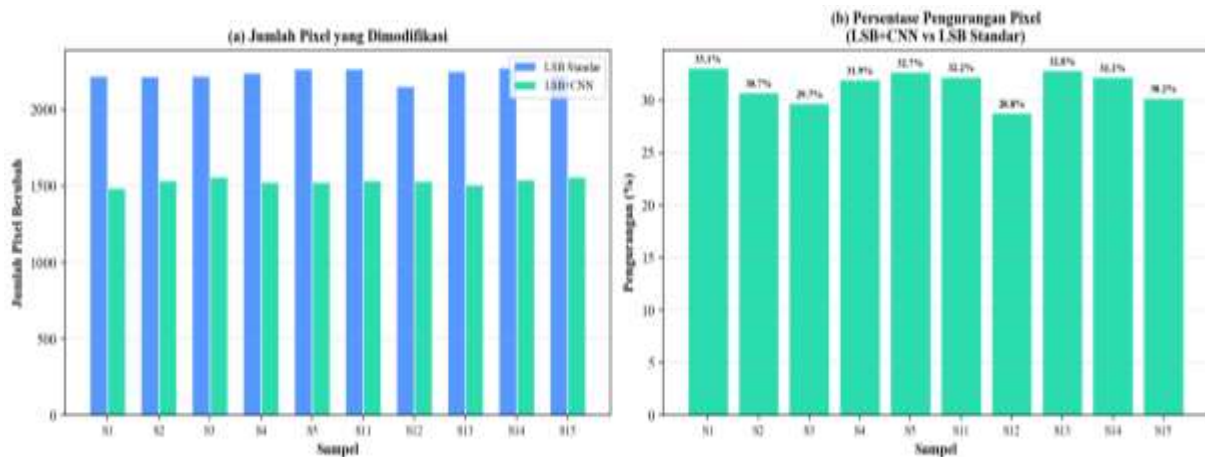
Perubahan Piksel LSB Standar VS LSB + CNN

Perbandingan dilakukan menggunakan 10 sampel citra.

Tabel 2. Perubahan Piksel

Sampel	Piksel LSB standar	Piksel LSB + CNN
1	2222	1487
2	2217	1536
3	2221	1561
4	2242	1526
5	2266	1525
6	2266	1536
7	2154	1534
8	2249	1511
9	2274	1542
10	2234	1559
Rata-rata	2234,5	1531,7

Tabel 2. menunjukkan bahwa metode LSB+CNN secara konsisten menghasilkan jumlah piksel yang berubah jauh lebih rendah dibandingkan LSB Standar pada seluruh 10 sampel, yang membuktikan bahwa CNN mampu memilih piksel secara lebih selektif berdasarkan kompleksitas tekstur.



Gambar 7. Grafik Perbandingan Perubahan Piksel antara LSB Standar dan LSB+CNN

Pada Gambar 7. Diperlihatkan Grafik (a) menunjukkan jumlah piksel yang dimodifikasi oleh kedua metode pada setiap sampel. Secara konsisten, LSB Standar memodifikasi lebih dari 2.000 piksel, sedangkan LSB+CNN hanya sekitar 1.500 piksel. Grafik (b) menunjukkan persentase pengurangan piksel yang dimodifikasi oleh CNN dibandingkan Standar.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian sistem, membuktikan bahwa pendekatan LSB + CNN menggunakan arsitektur MobileNetV2 dengan layer block_13_expand_relu untuk mengekstrak koefisien tekstur pada citra cover. Koefisien tersebut diurutkan berdasarkan nilai tertinggi dan digunakan sebagai dasar pembentukan peta biner yang menentukan lokasi penyisipan pesan mampu memilih piksel secara lebih efisien sehingga menjaga integritas visual citra dengan lebih baik sekaligus mengurangi jejak modifikasi yang dapat dideteksi oleh serangan steganalysis.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada pihak yang telah memberikan dukungan, bimbingan, dan masukan yang berharga selama proses penelitian hingga terselesaikannya artikel ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdul Jalil Rozaqi, Arief, M. R., & Sunyoto, A. (2021). Implementation of Transfer Learning in the Convolutional Neural Network Algorithm for Identification of Potato Leaf Disease. *Procedia of Engineering and Life Science*, 1(1). <https://doi.org/10.21070/pels.v1i1.820>
- Alfarisi, M. L., Herisda, M., Kalamsyah, S. A., Nugraha, Y. A., Salsabila, S., & Prasetyo, M. D. (2025). *EVALUASI MODEL ANN, CNN, DAN SVM UNTUK KLASIFIKASI GAMBAR CIFAR-10*. 9(1), 1–10.
- Catur Nugroho, & Muslihudin. (2022). Steganografi Pada Pengiriman Teks Pesan Gambar dengan Metode Least Significant Bit & Steghide. *Jurnal Ilmu Siber*, 1(vol. 1 No.2), 1–4.
- Dijaya, R. (2023). *Pengolahan Citra Digital*. <https://doi.org/https://doi.org/10.21070/2023/978-623-464-075-5>
- Ilham, M., & Kirana, C. (n.d.). *LSB DAN DCT BERDASARKAN PSNR DAN SSIM Abstraksi Keywords : Pendahuluan Tinjauan Pustaka Metode Penelitian*.
- Khozin, M., Novitaningrum, D., Aprilia, T., & Samas, M. A. (2025). Peningkatan Keamanan Steganografi Citra Berbasis Least Significant Bit dengan Integrasi Algoritma Deep Learning Convolutional Neural Network (CNN). *Jurnal Surya Informatika*, 15(1), 41–45.
- Kusuma, P., & Prayudi, Y. (2025). Implementasi Steganografi Dengan Menggunakan Metode Masking And Filtering Untuk Menyisipkan Pesan Ke Dalam Spectrogram Audio. *Ajie*, 9(January), 1–15. <https://doi.org/10.20885/ajie.vol9.iss1.art1>
- Pratama, A. S. S., Prasetya Wibawa, A., & Nur Handayani, A. (2022). Convolutional Neural Network (Cnn) Untuk Menentukan Gagrak Wayang Kulit. *Jurnal Mnemonic*, 5(2), 98–102. <https://doi.org/10.36040/mnemonic.v5i2.4671>
- Rahmatillah, S. R., Tahir, M., Detina, H. I. L., Darmasaputra, A., Laili, I. I., Aliy, Z., & Soleha, R. (2024). Steganografi Keamanan Data Dengan Metode Least. *JURSISTEKNI (Jurnal Sistem Informasi Dan Teknologi Informasi)*, 6(2), 439–447.
- Ramdani, S., & Rahmatulloh, A. (2024). Implementasi Mobilenet untuk Klasifikasi Gambar dan Deteksi Emosi Menggunakan KERAS. *Jurnal Sistem Dan Teknologi Informasi (JustIN)*, 12(2), 259. <https://doi.org/10.26418/justin.v12i2.73389>
- Uray Ristian, J. , S. H. S. (2020). Perbandingan Steganografi Metode Least Significant Bit+3 (Lsb+3) Dengan Most Significant Bit (Msb). *Coding Jurnal Komputer Dan Aplikasi*, 8(1). <https://doi.org/10.26418/coding.v8i1.39195>
- Yonathan, F. D., Nasution, H., & Priyanto, H. (2021). Aplikasi Pengaman Dokumen Digital Menggunakan Algoritma Kriptografi Hybrid dan Algoritma Kompresi Huffman. *Jurnal Edukasi Dan Penelitian Informatika (JEPIN)*, 7(2), 181. <https://doi.org/10.26418/jp.v7i2.47077>