

Penerapan Metode Least Significant Bit Dalam Perlindungan Hak Cipta Pada Kain Cepuk

Made Yayang Eka Prananda^{a1} | Gusti Agung Gede Arya Kadyanan^{a2}, I Gusti Ngurah Anom Cahyadi
Putra^{a3}, I Ketut Gede Suhartana^{a4}

^aProgram Studi Informatika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Udayana
Kuta Selatan, Badung, Bali, Indonesia

¹yayangp32@gmail.com

²gungde@unud.ac.id

³anom.cp@unud.ac.id

⁴ikg.suhartana@unud.ac.id

Abstract

Cepuk cloth is one of the typical crafts of Tanglad Village, Nusa Penida District, Klungkung Regency, Bali, which comes from ancestors and is passed down from generation to generation. Cepuk cloth also supports tourist attractions in Nusa Penida which need development and preservation such as digitalization. However, digitalization will add new problems in terms of ownership. Therefore, the author wants to conduct research that is used to build a website-based application by inserting valid proof of ownership using a digital signature, namely a Quick Response (QR) code. Proof of ownership will be encrypted using the Advanced Encryption Standard (AES) cryptographic algorithm before being used as a digital signature. Meanwhile, the insertion method uses the LSB method. The research carried out was successful based on the results of computational testing in tests without attacks showing imperceptibility, there was no difference between the stego image and the original image, then fidelity obtained an average MSE value of 0.5 and PSNR 51 dB, the recovery results stated that the inserted embedded image was successfully extracted, and tests with attacks on robustness by manipulating or editing truncation, changing resolution and inversion have unextractable results. Meanwhile, the rotation of the stego image can be maintained and produces plaintext when extracted. Another measure of success is based on software testing using black box testing to find that the functional application works well and there are no problematic features.

Keywords: LSB, AES, QR Code, Copyright Protection, Cepuk Cloth

1. Pendahuluan

Kain cepuk adalah salah satu kerajinan khas Desa Tanglad, Kecamatan Nusa Penida, Kabupaten Klungkung, Bali, yang berasal dari nenek moyang dan diwariskan secara turun temurun. Nama kain tenun cepuk itu berasal dari bahasa Sanskerta, yakni cepuk yang artinya kayu canging. Kayu canging adalah jenis tumbuhan yang digunakan sebagai bahan dasar pembuatan kain tenun. Selain itu cepuk juga berasal dari kata tepuk yang berarti bertemu, dimana setiap motif yang ada dalam kain cepuk selalu saling bertemu, salah satunya membentuk geometris belah ketupat. Hal ini terkait dengan kisah Barong dan Rangda, yang dimana ilmu penengen bertemu ilmu pengiwa sehingga tercipta keseimbangan antara diri dan alam semesta. Kain cepuk juga menjadi penunjang tempat wisata di Nusa Penida yang perlu perkembangan dan pelestarian seperti digitalisasi.

Digitalisasi adalah proses mengubah media analog menjadi bentuk digital. Digitalisasi ini memudahkan setiap kalangan mengakses dan mengunduh desain kain cepuk sehingga kain ini dapat dikenal di berbagai penjuru. Namun hal ini menambah masalah baru dalam hal kepemilikan. Masyarakat desa Tanglad mengkhawatirkan motif desain kain Cepuk yang begitu beragam apabila didigitalisasi akan diakui ataupun di plagiat. Oleh sebab itu, dibutuhkanlah media untuk membantu melindungi hak cipta kepemilikan pada desain kain cepuk yang telah di digitalisasi.

Dalam pembuatannya, diperlukan teknik untuk melindungi kepemilikan hak cipta atas data tersebut, yaitu teknik steganografi. Steganografi adalah proses penyembunyian atau penyisipan informasi rahasia di dalam suatu media dengan cara yang tidak terdeteksi. Informasi rahasia (*embedded object*)

dan media penyisipan (*cover object*) yang digunakan merupakan tipe data bervariasi seperti teks, gambar, audio, dan video [5]. Salah satu metode steganografi adalah metode *Least Significant Bit* (LSB). Metode LSB memiliki kelebihan dalam mengamankan *embedded object* yaitu perubahan pada *cover object* sangat kecil, sehingga sulit untuk manusia mengetahuinya. Hal itu dikarenakan penyisipannya dilakukan pada bit terakhir dari nilai biner RGB (*red*, *green*, dan *blue*) *cover object* [4]. Metode LSB menyisipkan informasi ke dalam bit rendah atau paling kanan pada data pixel yang menyusun file tersebut dan format yang mempunyai nilai *bits redundancy* tinggi [1].

Berdasarkan permasalahan yang ada, penulis ingin melakukan penelitian yang digunakan untuk membangun sebuah aplikasi berbasis website dengan cara bukti kepemilikan yang sah disisipkan menggunakan tanda tangan digital. Tanda tangan digital adalah sarana otentikasi dan verifikasi identitas penanda tangan untuk melindungi informasi elektronik. Informasi elektronik yang dibagikan atau dikirimkan melalui media elektronik dapat dinyatakan sebagai persetujuan yang dikonfirmasi dalam bentuk tanda tangan digital dan bukan tanda tangan basah yang dipindai oleh mesin [2].

Salah satu bentuk tanda tangan digital yang sering digunakan adalah Quick Response (QR) Code. QR code terdiri dari latar belakang putih dengan pola kotak hitam dan berisi informasi dalam arah vertikal dan horizontal. QR code dapat berisi data numerik serta data dalam format ASCII [3]. Untuk meningkatkan keamanan, bukti kepemilikan akan dienkripsi menggunakan algoritma kriptografi *Advanced Encryption Standard* (AES) sebelum dijadikan tanda tangan digital. Sedangkan metode penyisipannya sendiri dengan metode LSB dikarenakan proses penyisipan dan ekstraksi yang cepat dan mudah.

2. Metode Penelitian

2.1. Pengumpulan Data

Data yang digunakan merupakan data primer yang dikumpulkan dengan menggunakan Teknik Observasi berupa dokumentasi. Pengambilan gambar kain Cepuk sebagai *cover image* dalam format *.png. Sedangkan data tanda tangan digital yang digunakan sebagai *embedded image*, diketik langsung di website dan akan di ubah menjadi QR Code. Pengambilan gambar kain Cepuk dilakukan di desa Tanglad, kecamatan Nusa Penida, kabupaten Klungkung. Untuk sumber data dari tanda tangan digital dilakukan dengan wawancara mengenai kepemilikan kain tersebut.

2.2. Variabel Penelitian

Variabel adalah segala sesuatu yang ingin diteliti oleh peneliti untuk memperoleh informasi dan menarik kesimpulan. Dalam penelitian ini, terdapat variabel bebas dan variabel terikat. Variabel-variabel tersebut dapat dijabarkan sebagai berikut

2.2.1. Variabel Bebas

Variabel bebas adalah variabel yang dapat mempengaruhi hasil variabel lain apabila nilainya berubah. Variabel bebas dalam penelitian ini berupa jumlah kata yang diinput sebagai hak cipta.

2.2.2. Variabel Terikat

Variabel terikat merupakan variabel yang dipengaruhi oleh variabel bebas. Variabel terikat dalam penelitian ini adalah ukuran gambar *stego*.

2.3. Analisis Kebutuhan

Tahapan ini menganalisis persyaratan sistem, pengumpulan data dilakukan untuk menentukan kondisi dan fitur yang harus dimiliki sistem untuk memenuhi kebutuhan dan keinginan pengguna.

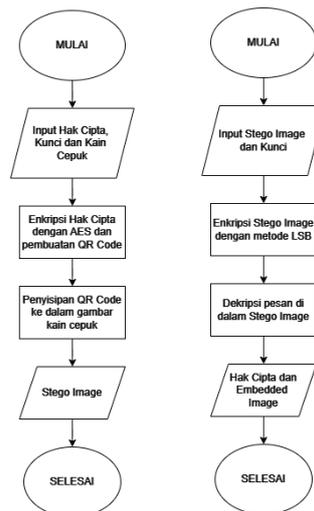
1. Website ini dapat melakukan proses enkripsi kalimat yang merupakan hak cipta.
2. Website ini dapat menyisipkan kalimat *chipertext* ke gambar.
3. Website ini dapat melakukan ekstraksi gambar yang telah disisipkan QR Code dan membacanya.
4. Website ini dapat mendekripsi *chipertext*.

2.4. Desain Perancangan Sistem

Gambar 1 menjelaskan bahwa sistem akan berjalan dengan proses sebagai berikut :

1. *User* menginput hak cipta berupa kalimat, kunci untuk enkripsi dan gambar *cover image* yang akan di-enkripsi.
2. Sistem akan mengenkripsi hak cipta dengan kriptografi AES lalu akan diubah menjadi QR Code.
3. QR Code (file) dari *chipertext* kemudian disisipkan ke dalam *cover image* (*embed*) dan menyimpan gambar yang sudah disisipkan pesan (*stego image*).
4. Untuk mengambil pesan asli (hak cipta), yaitu dengan cara mengekstraksi pesan dalam gambar. *User* akan menginput kunci dan *stego image* kemudian sistem melakukan ekstraksi sehingga QR Code yang berisi *chipertext* dapat diambil.

5. *Chipertext* tersebut akan di-dekripsi dengan AES sehingga *plaintext* yang berupa pesan hak cipta didapatkan.

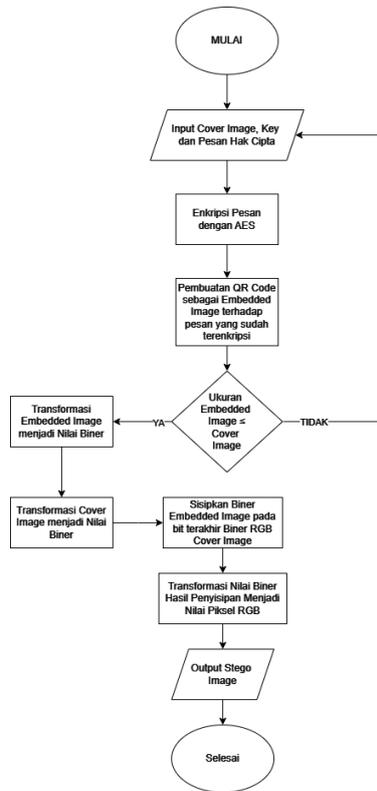


Gambar 1. Skema Umum Jalannya Sistem

2.4.1. Rancangan Komputasi Aplikasi

a. Enkripsi dan Penyisipan

Flowchart pada gambar 2 merupakan alur secara umum dari proses Enkripsi dan Penyisipan, dimulai dengan *user* menginputkan Gambar Kain Cepuk (*Cover Image*), Kunci dan Hak Cipta. Sistem akan melakukan enkripsi pada Hak Cipta dengan menggunakan kriptografi *Advanced Encryption Standard* (AES) dan langsung mengubahnya dalam bentuk *QR Code* sebagai *Embedded Image*. Sistem akan mengecek apakah ukuran *embedded image* kurang dari atau sama dengan *cover image*. Jika tidak, sistem akan kembali untuk melakukannya penginputan dari awal. Jika iya, *embedded image* dan *cover image* akan ditransformasi menjadi nilai Biner. Setelah itu nilai biner dari *embedded image* akan disisipkan ke dalam bit terakhir Biner RGB dari *cover image*. Nilai Biner hasil penyisipan akan ditransformasi kembali menjadi nilai piksel RGB. Setelah proses selesai, sistem akan mengeluarkan *output* berupa Gambar yang telah berisi pesan hak cipta (*Stego Image*).



Gambar 2. Flowchart Proses Penyisipan

b. Ekstraksi dan Dekripsi

Flowchart pada gambar 3 merupakan alur secara umum dari proses Ekstraksi dan Dekripsi, dimulai dengan *user* menginputkan *stego image* dan kunci. Sistem akan melakukan transformasi *stego image* menjadi nilai biner lalu melakukan ekstraksi pada bit terakhir biner RGB. Hasil dari ekstraksi tersebut akan ditransformasi menjadi nilai piksel RGB yang dimana berupa QR Code. QR Code tersebut akan langsung di *scan* dan hasilnya yang berupa *chipertext* akan didekripsi menggunakan kriptografi AES. *Plaintext* tersebut merupakan pesan hak cipta.



Gambar 3. Flowchart Proses Ekstraksi

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Data Penelitian

Data penelitian yang digunakan adalah gambar Kain Cepuk sebagai *cover image* dan tanda tangan digital yang nantinya akan di ubah menjadi QR Code sebagai *embedded image*. Pada penelitian dan pengujian yang dilakukan, proses *encode* atau penyisipan tanda tangan digital pada gambar Kain Cepuk berdasarkan kepemilikannya. Lalu pada proses *decode* atau ekstraksi gambar hasil penyisipan atau *stego image* yang tampak seperti *cover image* atau gambar Kain Cepuk aslinya, akan diekstrak dan menghasilkan tanda tangan digital yang telah disisipkan sebelumnya.

Table 1. Data Kain Cepuk

| Gambar Kain Cepuk | Identitas Kain Cepuk | |
|---|----------------------|------------------------------------|
|  | Judul | Kain Cepuk Kecubung 2 |
| | Kepemilikan | Desa Tanglad Kecamatan Nusa Penida |
| | Ukuran | 2,54 MB |
| | Resolusi | 1170 x 2080 |
| | Ekstensi | .png |

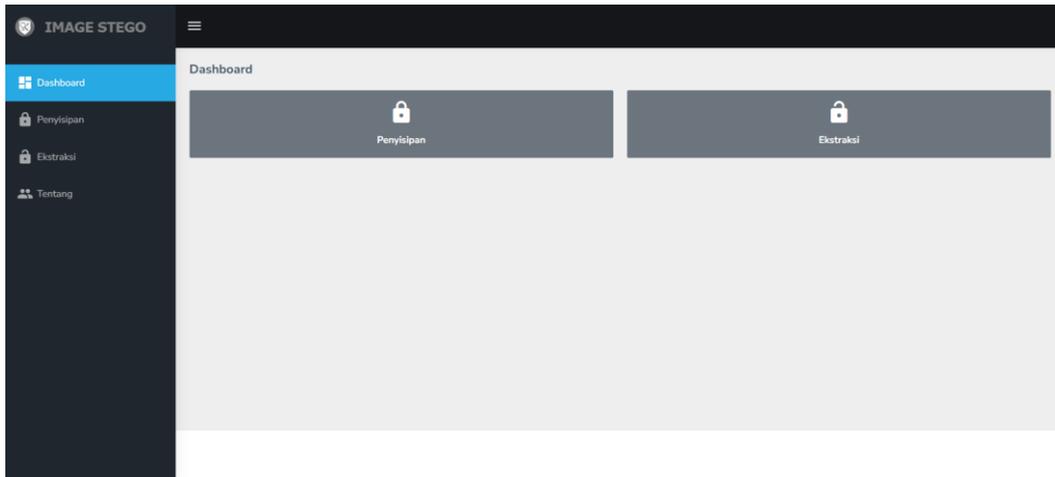
| | | |
|---|-------------|------------------------------------|
|  | Judul | Kain Cepuk Kurung 1 |
| | Kepemilikan | Desa Tanglad Kecamatan Nusa Penida |
| | Ukuran | 3,52 MB |
| | Resolusi | 1512 x 2016 |
| | Ekstensi | .png |
|  | Judul | Kain Cepuk Kurung 2 |
| | Kepemilikan | Desa Tanglad Kecamatan Nusa Penida |
| | Ukuran | 4,16 MB |
| | Resolusi | 1512 x 2016 |
| | Ekstensi | .png |

3.2. Implementasi Sistem

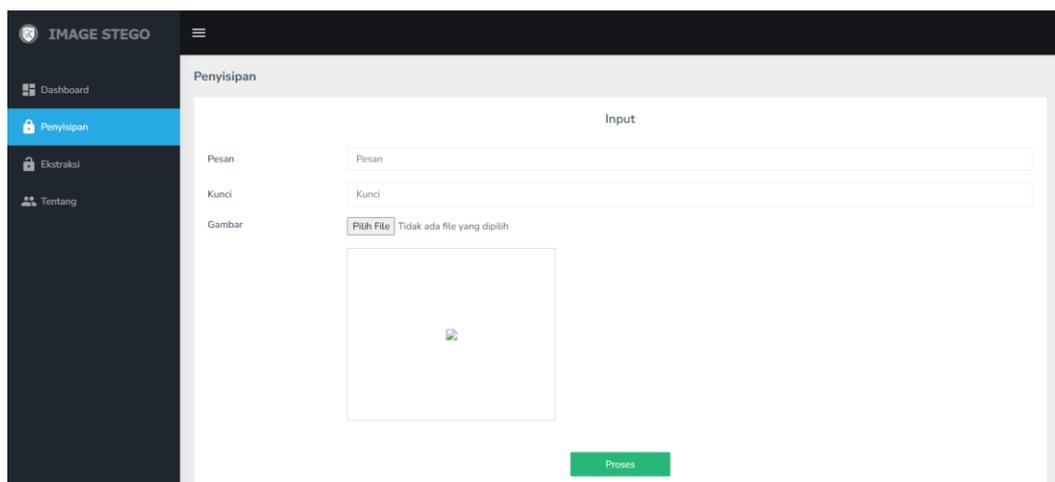
Hasil implementasi perangkat lunak berupa website dengan proses sesuai pada rancangan yang dibangun dengan beberapa penambahan halaman untuk menyesuaikan dengan kebutuhan yang digunakan. Antarmuka aplikasi dibagi menjadi beberapa bagian halaman yaitu Halaman utama, Halaman penyisipan, Halaman hasil penyisipan, Halaman ekstrasi, Halaman hasil ekstrasi dan Halaman Tentang.

Gambar 4 menampilkan halaman utama yang berisi beberapa opsi seperti penyisipan, ekstrasi dan tentang. Apabila user ingin melakukan penyisipan hak cipta, *user* dapat memilih opsi “Penyisipan”. Apabila *user* ingin melakukan ekstrasi hak cipta kepada gambar desain kain cepuk, *user* dapat memilih opsi “Ekstrasi”. Apabila *user* ingin mengetahui mengenai penjelasan mengenai *website*, *user* dapat memilih opsi “Tentang”. Pada gambar 5 menampilkan halaman penyisipan, *user* akan diminta menginputkan pesan hak cipta, kunci dan gambar desain kain cepuk. Gambar 6 menampilkan *output* yang dihasilkan pada proses penyisipan, dimana *user* dapat mengunduh *stego image* yang merupakan gambar desain kain cepuk yang telah disisipkan pesan hak cipta.

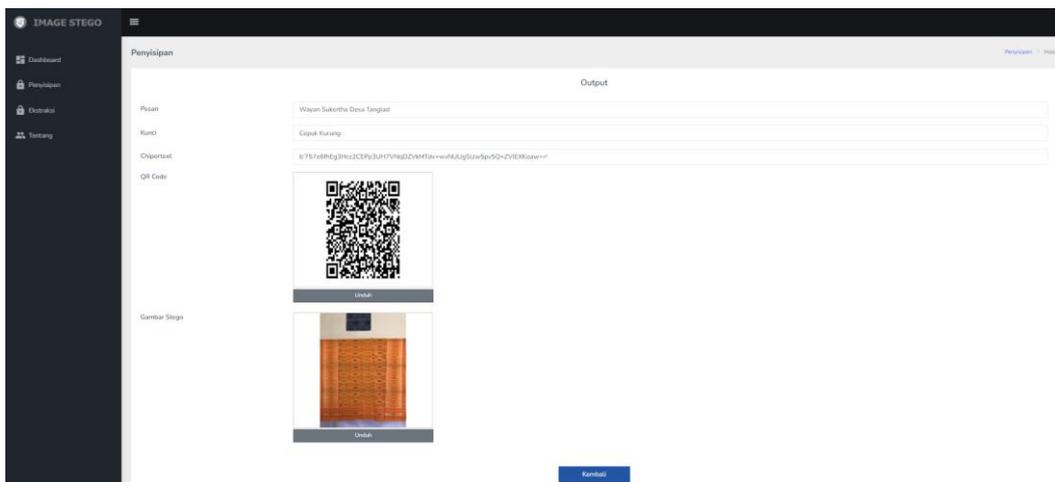
Pada gambar 7 menampilkan halaman ekstrasi, yang dapat digunakan *user* ketika ingin melakukan ekstrasi pada *stego image*, disana *user* diminta untuk menginputkan kunci dan juga *stego image*. Hasil dari proses ekstrasi dapat dilihat di gambar 8, dimana sistem akan menampilkan hasil ekstrasi berupa QR Code, *chipertext* hasil pembacaan QR Code dan *plaintext* yang merupakan pesan hak cipta. Untuk gambar 9 menampilkan identitas sistem dan penjelasan singkat mengenai opsi-opsi yang tersedia di dalam sistem.



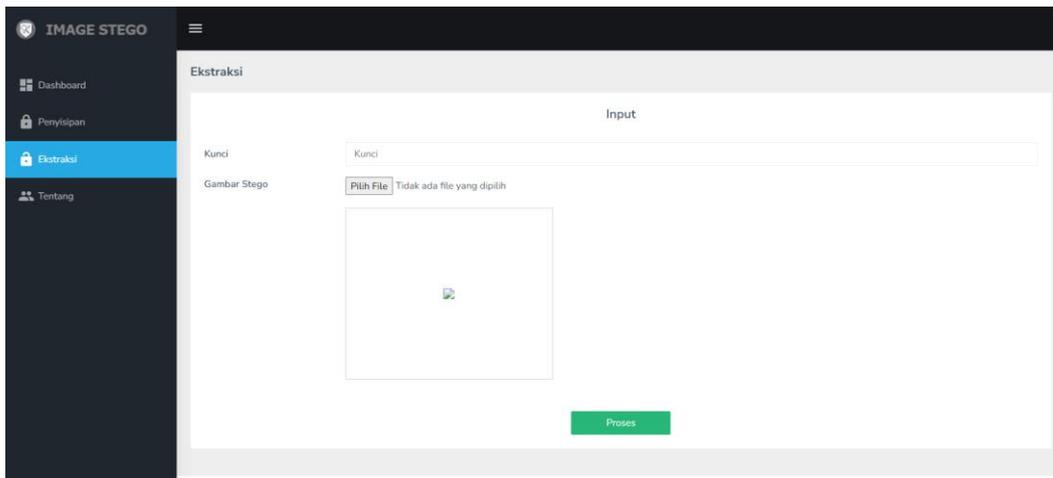
Gambar 4. Halaman Utama



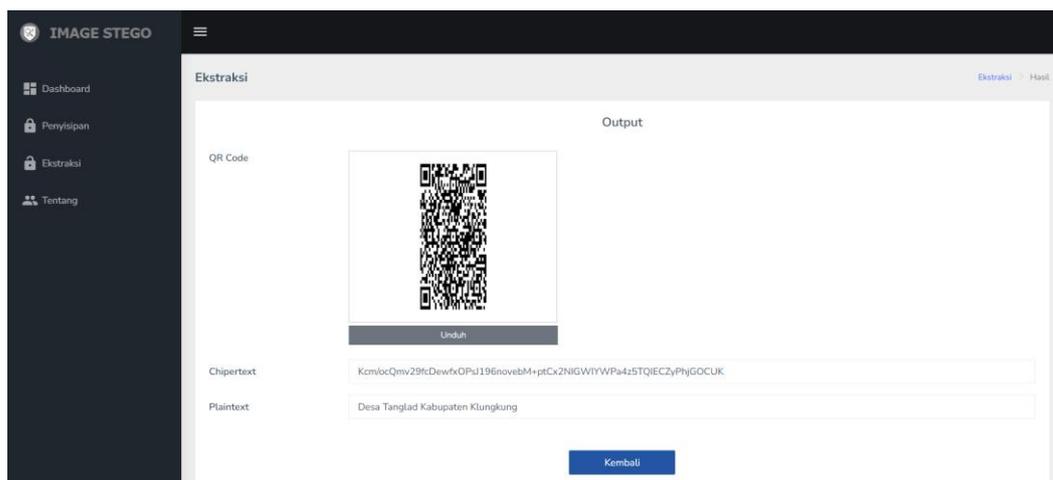
Gambar 5. Halaman Penyisipan



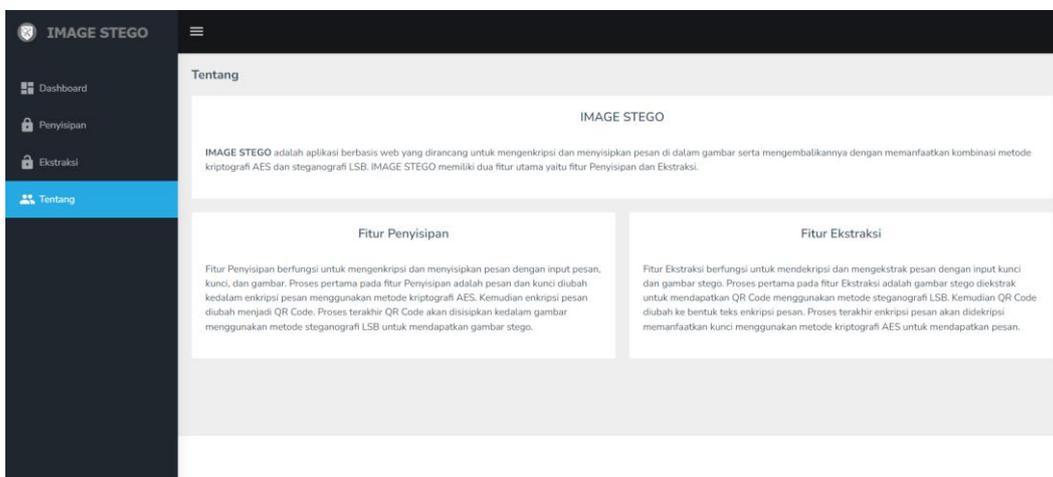
Gambar 6. Halaman Hasil Penyisipan



Gambar 7. Halaman Ekstraksi



Gambar 8. Halaman Hasil Ekstraksi



Gambar 9. Halaman Tentang

3.3. Pengujian Sistem

3.3.1. Pengujian Komputasi

a. Imperceptibility

Pengujian *imperceptibility* dilakukan dengan cara menyebarkan kuesioner perbedaan gambar asli dan *stego image*. Hasil kuesioner dari 20 responden dan telah dirangkum tanggapannya pada tabel 1.

Tabel 2. Kuesioner Uji *Imperceptibility*

| No | Judul Gambar Desain Kain Cepuk | Jawaban | | Persentase | |
|----|--------------------------------|---------|-------|------------|-------|
| | | Ya | Tidak | Ya | Tidak |
| 1 | Cepuk Kecubung 1 | 2 | 18 | 10 | 90 |
| 2 | Cepuk Kecubung 2 | 2 | 18 | 10 | 90 |
| 3 | Cepuk Kurung 1 | 1 | 19 | 5 | 95 |
| 4 | Cepuk Kurung 2 | 3 | 17 | 15 | 85 |
| 5 | Cepuk Liking Paku 1 | 3 | 17 | 15 | 85 |
| 6 | Cepuk Liking Paku 2 | 2 | 18 | 10 | 90 |
| 7 | Cepuk Mekawis 1 | 3 | 17 | 15 | 85 |
| 8 | Cepuk Mekawis 2 | 2 | 18 | 10 | 90 |
| 9 | Cepuk Sudamala 1 | 1 | 19 | 5 | 95 |
| 10 | Cepuk Sudamala 2 | 1 | 19 | 5 | 95 |
| 11 | Cepuk Tangi Gede 1 | 1 | 19 | 5 | 95 |
| 12 | Cepuk Tangi Gede 2 | 2 | 18 | 10 | 90 |

b. *Fidelity*

Hasil dari pengujian *fidelity* terdapat pada tabel 2 dimana memiliki hasil yang hampir sama yaitu rata-rata nilai MSE 0,5 dan rata-rata nilai PSNR 51 dB. Dari hasil nilai tersebut dapat disimpulkan bahwa nilainya cukup baik karena nilai MSE kurang dari 0,6 dan pada PSNR memiliki nilai lebih dari 30 dB.

Tabel 3. Pengujian *Fidelity*

| No | Judul Gambar Desain Kain Cepuk | Key | MSE | PSNR |
|----|--------------------------------|-------------------|---------|-------------|
| 1 | Cepuk Kecubung 1 | cepuk kecubung | 0.51489 | 51.01364 dB |
| 2 | Cepuk Kecubung 2 | cepuk kecubung | 0.49946 | 51.14579 dB |
| 3 | Cepuk Kurung 1 | cepuk kurung | 0.43794 | 51.71666 dB |
| 4 | Cepuk Kurung 2 | cepuk kurung | 0.49876 | 51.15192 dB |
| 5 | Cepuk Liking Paku 1 | cepuk liking paku | 0.50042 | 51.13745 dB |
| 6 | Cepuk Liking Paku 2 | cepuk liking paku | 0.49935 | 51.13745 dB |
| 7 | Cepuk Mekawis 1 | cepuk mekawis | 0.49936 | 51.14668 dB |
| 8 | Cepuk Mekawis 2 | cepuk mekawis | 0.49919 | 51.14808 dB |
| 9 | Cepuk Sudamala 1 | cepuk sudamala | 0.49898 | 51.14999 dB |
| 10 | Cepuk Sudamala 2 | cepuk sudamala | 0.49945 | 51.14587 dB |
| 11 | Cepuk Tangi Gede 1 | cepuk tangi gede | 0.48819 | 51.24488 dB |
| 12 | Cepuk Tangi Gede 2 | cepuk tangi gede | 0.50001 | 51.14101 dB |

c. *Recovery*

Hasil pengujian *recovery* yaitu berhasil dilakukan ekstrak pada *stego image* menggunakan kunci yang sama. Hasilnya dipaparkan pada tabel 3.

Tabel 4. Pengujian *Recovery*

| No | Judul Gambar Desain Kain Cepuk | Key | Hasil Ekstrasi | Status |
|----|--------------------------------|-------------------|----------------------------------|----------|
| 1 | Cepuk Kecubung 1 | cepuk kecubung | Desa Tanglad Kabupaten Klungkung | Berhasil |
| 2 | Cepuk Kecubung 2 | cepuk kecubung | Desa Tanglad Kabupaten Klungkung | Berhasil |
| 3 | Cepuk Kurung 1 | cepuk kurung | Gede Diari Desa Tanglad | Berhasil |
| 4 | Cepuk Kurung 2 | cepuk kurung | Wayan Sukertha Desa Tanglad | Berhasil |
| 5 | Cepuk Liking Paku 1 | cepuk liking paku | Desa Tanglad Kabupaten Klungkung | Berhasil |
| 6 | Cepuk Liking Paku 2 | cepuk liking paku | Desa Tanglad Kabupaten Klungkung | Berhasil |

| | | | | |
|----|--------------------|------------------|----------------------------------|----------|
| 7 | Cepuk Mekawis 1 | cepuk mekawis | Desa Tanglad Kabupaten Klungkung | Berhasil |
| 8 | Cepuk Mekawis 2 | cepuk mekawis | Desa Tanglad Kabupaten Klungkung | Berhasil |
| 9 | Cepuk Sudamala 1 | cepuk sudamala | Desa Tanglad Kabupaten Klungkung | Berhasil |
| 10 | Cepuk Sudamala 2 | cepuk sudamala | Desa Tanglad Kabupaten Klungkung | Berhasil |
| 11 | Cepuk Tangi Gede 1 | cepuk tangi gede | Desa Tanglad Kabupaten Klungkung | Berhasil |
| 12 | Cepuk Tangi Gede 2 | cepuk tangi gede | Desa Tanglad Kabupaten Klungkung | Berhasil |

d. Pengujian dengan Serangan

Pengujian dengan serangan dilakukan dengan pengujian *robustness* yang merupakan salah satu dari kriteria *steganografi*. Uji ketahanan dilakukan dengan memanipulasi atau mengedit *stego image* untuk mengetahui keawetan dan keberhasilan *image* yang disematkan saat diekstraksi. Untuk hasil pengujian pemotongan (*cropping*) terdapat pada tabel 4, pengujian mengubah resolusi (*resizing*) terdapat pada tabel 5, pengujian pembalikan (*flipping*) terdapat pada tabel 6 dan pengujian rotasi (*rotation*) terdapat pada tabel 7.

Tabel 5. Pengujian Cropping

| No | Judul Stego Image | Kunci | Proses Ekstraksi |
|----|---------------------|-------------------|------------------|
| 1 | Cepuk Kecubung 1 | cepuk kecubung | Gagal |
| 2 | Cepuk Kecubung 2 | cepuk kecubung | Gagal |
| 3 | Cepuk Kurung 1 | cepuk kurung | Gagal |
| 4 | Cepuk Kurung 2 | cepuk kurung | Gagal |
| 5 | Cepuk Liking Paku 1 | cepuk liking paku | Gagal |
| 6 | Cepuk Liking Paku 2 | cepuk liking paku | Gagal |
| 7 | Cepuk Mekawis 1 | cepuk mekawis | Gagal |
| 8 | Cepuk Mekawis 2 | cepuk mekawis | Gagal |
| 9 | Cepuk Sudamala 1 | cepuk sudamala | Gagal |
| 10 | Cepuk Sudamala 2 | cepuk sudamala | Gagal |
| 11 | Cepuk Tangi Gede 1 | cepuk tangi gede | Gagal |
| 12 | Cepuk Tangi Gede 2 | cepuk tangi gede | Gagal |

Tabel 6. Pengujian Resizing

| No | Judul Stego Image | Ukuran Resolusi | | Kunci | Proses Ekstraksi |
|----|---------------------|-----------------|------------|-------------------|------------------|
| | | Sebelum | Sesudah | | |
| 1 | Cepuk Kecubung 1 | 1512 x 2016 | 756 x 1008 | cepuk kecubung | Gagal |
| 2 | Cepuk Kecubung 2 | 1170 x 2080 | 585 x 1040 | cepuk kecubung | Gagal |
| 3 | Cepuk Kurung 1 | 1512 x 2016 | 756 x 1008 | cepuk kurung | Gagal |
| 4 | Cepuk Kurung 2 | 1512 x 2016 | 756 x 1008 | cepuk kurung | Gagal |
| 5 | Cepuk Liking Paku 1 | 1512 x 2016 | 756 x 1008 | cepuk liking paku | Gagal |
| 6 | Cepuk Liking Paku 2 | 1224 x 1632 | 612 x 816 | cepuk liking paku | Gagal |
| 7 | Cepuk Mekawis 1 | 1337 x 1933 | 669 x 967 | cepuk mekawis | Gagal |
| 8 | Cepuk Mekawis 2 | 444 x 836 | 222 x 418 | cepuk mekawis | Gagal |
| 9 | Cepuk Sudamala 1 | 720 x 960 | 360 x 480 | cepuk sudamala | Gagal |
| 10 | Cepuk Sudamala 2 | 1170 x 2080 | 585 x 1040 | cepuk sudamala | Gagal |
| 11 | Cepuk Tangi Gede 1 | 435 x 960 | 218 x 480 | cepuk tangi gede | Gagal |
| 12 | Cepuk Tangi Gede 2 | 2080 x 1560 | 1040 x 780 | cepuk tangi gede | Gagal |

Tabel 7. Pengujian Flipping

| No | Judul Stego Image | Flipping | Kunci | Proses Ekstraksi |
|----|-------------------|-----------------|----------------|------------------|
| 1 | Cepuk Kecubung 1 | flip vertical | cepuk kecubung | Gagal |
| 2 | Cepuk Kecubung 2 | flip horizontal | cepuk kecubung | Gagal |
| 3 | Cepuk Kurung 1 | flip horizontal | cepuk kurung | Gagal |

| | | | | |
|----|---------------------|-----------------|-------------------|-------|
| 4 | Cepuk Kurung 2 | flip vertical | cepuk kurung | Gagal |
| 5 | Cepuk Liking Paku 1 | flip vertical | cepuk liking paku | Gagal |
| 6 | Cepuk Liking Paku 2 | flip horizontal | cepuk liking paku | Gagal |
| 7 | Cepuk Mekawis 1 | flip vertical | cepuk mekawis | Gagal |
| 8 | Cepuk Mekawis 2 | flip horizontal | cepuk mekawis | Gagal |
| 9 | Cepuk Sudamala 1 | flip vertical | cepuk sudamala | Gagal |
| 10 | Cepuk Sudamala 2 | flip horizontal | cepuk sudamala | Gagal |
| 11 | Cepuk Tangi Gede 1 | flip horizontal | cepuk tangi gede | Gagal |
| 12 | Cepuk Tangi Gede 2 | flip vertical | cepuk tangi gede | Gagal |

Tabel 8. Pengujian *Rotation*

| No | Judul Stego Image | Rotation | Kunci | Hasil | Proses Ekstraksi |
|----|---------------------|----------|-------------------|----------------------------------|------------------|
| 1 | Cepuk Kecubung 1 | 90° | cepuk kecubung | Desa Tanglad Kabupaten Klungkung | Berhasil |
| 2 | Cepuk Kecubung 2 | -90° | cepuk kecubung | Desa Tanglad Kabupaten Klungkung | Berhasil |
| 3 | Cepuk Kurung 1 | 180° | cepuk kurung | Gede Diari Desa Tanglad | Berhasil |
| 4 | Cepuk Kurung 2 | -180° | cepuk kurung | Wayan Sukertha Desa Tanglad | Berhasil |
| 5 | Cepuk Liking Paku 1 | 270° | cepuk liking paku | Desa Tanglad Kabupaten Klungkung | Berhasil |
| 6 | Cepuk Liking Paku 2 | -270° | cepuk liking paku | Desa Tanglad Kabupaten Klungkung | Berhasil |
| 7 | Cepuk Mekawis 1 | -180° | cepuk mekawis | Desa Tanglad Kabupaten Klungkung | Berhasil |
| 8 | Cepuk Mekawis 2 | 90° | cepuk mekawis | Desa Tanglad Kabupaten Klungkung | Berhasil |
| 9 | Cepuk Sudamala 1 | 180° | cepuk sudamala | Desa Tanglad Kabupaten Klungkung | Berhasil |
| 10 | Cepuk Sudamala 2 | -270° | cepuk sudamala | Desa Tanglad Kabupaten Klungkung | Berhasil |
| 11 | Cepuk Tangi Gede 1 | 90° | cepuk tangi gede | Desa Tanglad Kabupaten Klungkung | Berhasil |
| 12 | Cepuk Tangi Gede 2 | 270° | cepuk tangi gede | Desa Tanglad Kabupaten Klungkung | Berhasil |

3.3.2. Pengujian Perangkat Lunak

Pengujian dilakukan dengan *black box testing* agar *input* dan *output* pada *website* dapat berjalan sesuai dengan yang telah dirancangkan. Hasilnya dapat dilihat pada tabel 8.

Tabel 9. Pengujian *Black Box*

| No | Pengujian | Hasil Pengujian |
|----|--|-----------------|
| 1 | Memencet tombol <i>dashboard</i> untuk menampilkan tampilan awal | Berhasil |
| 2 | Memencet tombol penyisipan pada tampilan awal untuk menuju ke halaman penyisipan | Berhasil |
| 3 | Memencet tombol ekstrasi pada tampilan awal untuk menuju ke halaman ekstrasi | Berhasil |
| 4 | Memencet tombol tentang pada tampilan awal untuk menuju ke halaman tentang | Berhasil |
| 5 | Memasukkan pesan, kunci dan <i>cover image</i> lalu sistem menampilkan hasil gambar dan judulnya pada halaman penyisipan | Berhasil |
| 6 | Memencet tombol proses pada halaman penyisipan untuk melakukan proses penyisipan | Berhasil |
| 7 | Melakukan proses penyisipan | Berhasil |
| 8 | Menampilkan pesan, kunci, pesan terenkripsi, <i>QR Code</i> dan <i>stego image</i> | Berhasil |
| 9 | Memasukkan key dan <i>stego image</i> lalu sistem menampilkan hasil gambar dan judulnya pada halaman ekstrasi | Berhasil |

| | | |
|----|--|----------|
| 10 | Memencet tombol proses pada halaman ekstraksi untuk melakukan proses ekstraksi | Berhasil |
| 11 | Menampilkan pesan, kunci, pesan terenkripsi, QR Code dan Cover image | Berhasil |

4. Kesimpulan

Performa sistem untuk melakukan komputasi dalam penyisipan dan ekstraksi dengan menggunakan metode dianalisis berdasarkan pengujian komputasi yaitu pengujian tanpa serangan dan dengan serangan. Pada hasil pengujian tanpa serangan, memiliki tiga kriteria yaitu *imperceptibility*, *fidelity*, dan *recovery*. Hasil yang diperoleh pada kriteria *imperceptibility* menunjukkan bahwa responden yang telah mengisi kuesioner menjawab perbandingan gambar *original* dan gambar *stego* sama, yang mana berarti gambar *stego* ketika dibandingkan dengan gambar *original* tidak memiliki perbedaan yang cukup terlihat secara langsung. Kriteria *fidelity* mempunyai hasil nilai MSE dan PSNR dengan nilai rata-rata MSE 0,5 dan nilai rata-rata PSNR 51 dB. Hasil tersebut dapat dikatakan cukup baik. Selanjutnya pada hasil kriteria *recovery* mendapatkan hasil bahwa *stego image* berhasil diekstrak dengan kunci yang sama. Pengujian selanjutnya yang dilakukan dengan serangan pada kriteria *robustness* dengan manipulasi atau editing pemotongan (*cropping*), mengubah resolusi (*resizing*) dan pembalikan (*flipping*) memiliki hasil yang tidak dapat diekstraksi dikarenakan *embedded image* yang terdapat pada *stego image* tidak tahan terhadap proses manipulasi atau editing pada *stego image* ketika diekstrak. Sedangkan untuk rotasi (*rotation*) *stego image* dapat tahan dan menghasilkan *plaintext* ketika diekstrak.

Referensi

- [1] A. Hernandez, H. Hartini, and D. Sartika, "Steganografi Citra Menggunakan Metode Least Significant Bit (LSB) Dan Linear Congruential Generator (LCG)," *JATISI (Jurnal Teknik Informatika dan Sistem Informasi)*, vol. 5, no. 2, pp. 137–146, 2019.
- [2] Abraham, F. Z., Santosa, P. I., & Winarno, W. W. (2018). Tantangan Digital Sebagai Solusi Teknologi Informasi Dan Komunikasi (TIK) Hijau: Sebuah Kajian Literatur. *J. Masy. Telemat. Dan Inf*, 9(2), 111–124. <https://doi.org/10.17933/mti.v9i2.120>
- [3] Ahamed, M. S., & Mustafa, H. A. (2019). A secure QR code system for sharing personal confidential information. 2019 International Conference on Computer, Communication, Chemical, Materials and Electronic Engineering (IC4ME2), 1–4. <https://doi.org/10.1109/IC4ME247184.2019.9036521>
- [4] Alvin, A. Wicaksana, and M. I. Prasetyowati, "Digital Watermarking for Color Image Using DHWT and LSB," in *2019 5th International Conference on New Media Studies (CONMEDIA)*, 2019, pp. 94–99. doi: 10.1109/CONMEDIA46929.2019.8981835.
- [5] I. J. Kadhim, P. Premaratne, P. J. Vial, and B. Halloran, "Comprehensive survey of image steganography: Techniques, Evaluations, and trends in future research," *Neurocomputing*, vol. 335, pp. 299–326, 2019.