

BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Subjek Penelitian

Subjek penelitian ini difokuskan pada graf roda (*wheel graph*), graf helm (*helm graph*), graf *shell-butterfly*, graf *octopus*, dan graf *lotus* untuk menentukan nilai *strong rainbow antimagic coloring*. Dalam konteks aplikasi, subjek penelitian berupa citra Liska yang direpresentasikan dalam tiga kanal warna, yaitu *Red*, *Green*, dan *Blue*. Setiap kanal warna memiliki nilai intensitas piksel dalam rentang 0-255. Nilai piksel pada setiap kanal tersebut kemudian dienkripsi menggunakan *Stream Cipher* dengan *keystream* yang dibangkitkan dari bobot SRAC pada graf roda, graf helm, graf *shell-butterfly*, graf *octopus*, atau graf *lotus*. Dengan demikian, subjek penelitian mencakup dua aspek utama, yaitu aspek teoretis berupa graf sebagai dasar pembentukan bobot SRAC dan aspek aplikatif berupa citra RGB sebagai objek yang dienkripsi dan didekripsi.

3.2 Metode Analisis

Penelitian ini dilakukan dengan pendekatan teoretis-komputasional. Pendekatan teoretis digunakan untuk menentukan nilai *Strong Rainbow Antimagic Coloring* (SRAC) pada graf roda, graf helm, graf *shell-butterfly*, graf *octopus*, dan graf *lotus*. Sementara itu, pendekatan komputasional digunakan untuk mengonstruksi bobot SRAC sebagai *keystream* dan menerapkannya dalam proses enkripsi serta dekripsi citra RGB menggunakan *Stream Cipher*.

3.2.1 Analisis Struktur Graf

Tahap pertama adalah menganalisis struktur graf yang digunakan dalam penelitian. Pada setiap graf ditentukan himpunan titik $V(G)$, himpunan sisi $E(G)$, banyaknya titik $|V(G)|$, banyaknya sisi $|E(G)|$, diameter, dan struktur keterhubungannya, serta karakteristik struktur graf. Analisis struktur ini menjadi dasar dalam menyusun pola pelabelan titik, menentukan bobot sisi, dan membuktikan sifat *strong rainbow antimagic coloring*.

3.2.2 Konstruksi Pelabelan Titik dan Penentuan Bobot Sisi

Tahap kedua adalah mengonstruksi pelabelan titik secara bijektif. Pelabelan titik didefinisikan sebagai fungsi bijektif $f: V(G) \rightarrow \{1, 2, \dots, |V(G)|\}$. Setelah pelabelan titik diperoleh, setiap sisi $uv \in E(G)$ diberi bobot berdasarkan jumlah label titik ujungnya, yaitu $w(uv) = f(u) + f(v)$.

Selanjutnya, dilakukan pengecekan apakah setiap dua sisi berbeda, yaitu $e_i \neq e_j$, menghasilkan bobot yang berbeda, yaitu $w(e_i) \neq w(e_j)$. Jika seluruh bobot sisi berbeda, maka pelabelan tersebut memenuhi sifat *edge-antimagic vertex labeling*. Himpunan bobot sisi ditulis sebagai $W(G) = \{w(e_1), w(e_2), \dots, w(e_m)\}$, dengan $m = |E(G)|$.

3.2.3 Pembuktian *Strong Rainbow Antimagic Coloring* (SRAC)

Tahap ketiga adalah membuktikan sifat *strong rainbow antimagic coloring*. Pembuktian dilakukan dengan menunjukkan bahwa untuk setiap pasangan titik $u, v \in V(G)$ terdapat *geodesic* $P = uv = u = x_0, x_1, x_2, \dots, x_k = v$ yang merupakan lintasan pelangi tanpa mengulang simpul. Jika kondisi tersebut terpenuhi, maka pelabelan yang dibangun merupakan *strong rainbow antimagic labeling*. Selanjutnya, nilai SRAC untuk masing-masing graf dinotasikan dengan $srac(G)$. Penentuan nilai $srac(G)$ dilakukan melalui analisis batas bawah terbesar dan batas atas terkecil. Batas bawah diperoleh dari karakteristik graf, sedangkan batas atas diperoleh dari konstruksi pelabelan yang telah dibuat. Jika keduanya menghasilkan nilai yang sama, maka diperoleh nilai eksak $srac(G) = k$.

3.2.4 Konstruksi Kunci Dinamis Berbasis Bobot SRAC

Tahap keempat adalah mengonstruksi bobot SRAC sebagai *keystream*. Bobot sisi yang telah diperoleh disusun dalam bentuk deret $W = (w_1, w_2, \dots, w_m)$. Karena nilai piksel pada setiap kanal citra RGB berada pada rentang 0-255, maka bobot SRAC dinormalisasi menggunakan operasi modulo 256, yaitu $K_i = w_i \bmod 256$. Dengan demikian, diperoleh deret *keystream* dasar $K = (K_1, K_2, K_3, \dots, K_m)$. *Keystream* citra RGB dapat ditulis sebagai $K_c(i, j)$.

3.2.5 Representasi Citra RGB dalam Bentuk Matriks

Tahap kelima adalah merepresentasikan citra RGB sebagai tiga matriks piksel, yaitu kanal *Red*, *Green*, dan *Blue*, yang masing-masing berukuran $M \times N$. Setiap nilai piksel pada ketiga kanal tersebut kemudian dienkripsi menggunakan *keystream* berbasis bobot SRAC.

3.2.6 Proses Enkripsi dan Dekripsi dengan XOR

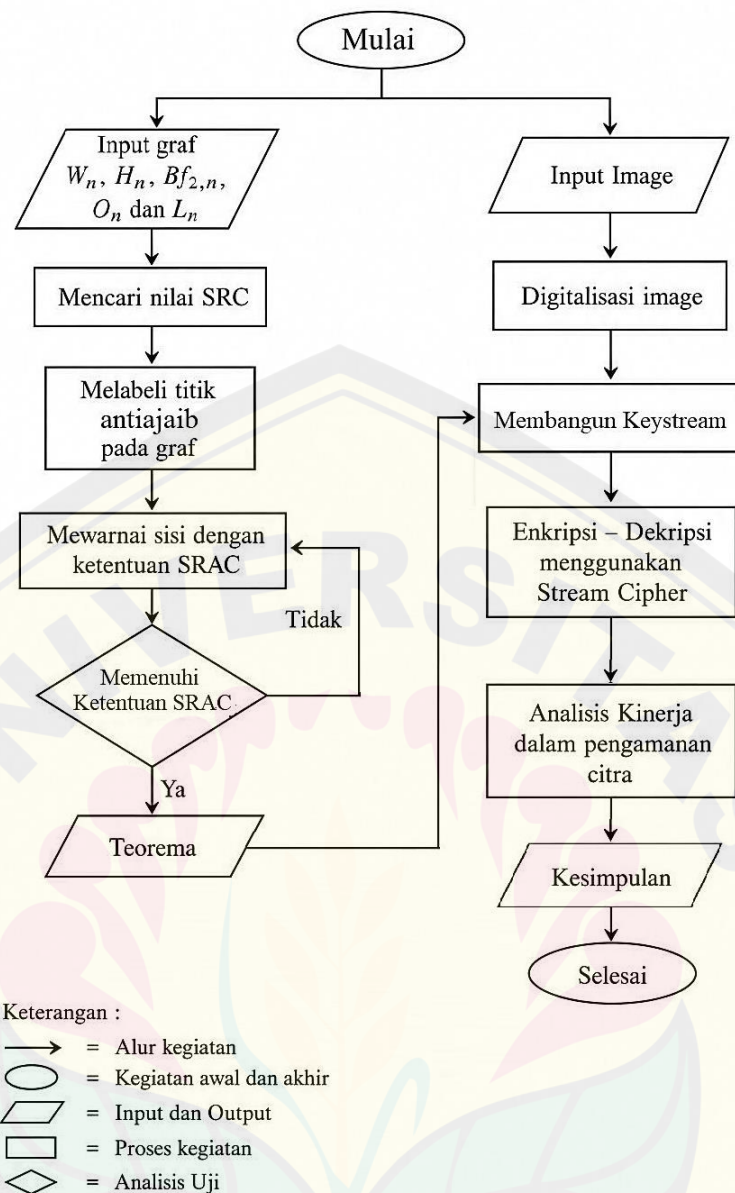
Tahap keenam adalah melakukan proses enkripsi dan dekripsi citra RGB menggunakan *stream cipher*. Proses enkripsi dilakukan pada setiap kanal warna dengan operasi XOR antara nilai piksel dan *keystream*. Rumus enkripsi pada masing-masing kanal menggunakan Persamaan (2.3). Karena operasi XOR bersifat reversibel, proses dekripsi dilakukan menggunakan *keystream* yang sama menggunakan Persamaan (2.4). Proses dekripsi dinyatakan berhasil apabila memenuhi Persamaan (2.5).

3.2.7 Evaluasi dan Analisis Kinerja Metode

Tahap terakhir adalah mengevaluasi hasil enkripsi dan dekripsi citra RGB. Evaluasi dilakukan melalui analisis visual, histogram setiap kanal warna, serta ukuran kuantitatif seperti *Mean Squared Error* (MSE), *Peak Signal-to-Noise Ratio* (PSNR), dan *Unified Average Changing Intensity* (UACI). MSE digunakan untuk mengukur perbedaan antara citra asli dan citra hasil dekripsi pada setiap kanal warna dapat dihitung dengan menggunakan rumus pada Persamaan (2.6). Sementara itu, PSNR digunakan untuk mengukur kualitas citra hasil dekripsi terhadap citra asli, dengan rumus pada Persamaan (2.7). Selain itu, UACI digunakan untuk mengukur intensitas perubahan rata-rata antara citra asli dan citra terenkripsi dengan rumus pada Persamaan (2.8).

3.3 Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian merupakan langkah-langkah yang akan dilakukan sebagai pedoman untuk memperoleh hasil yang sesuai dengan tujuan dari penelitian. Berikut diagram alur dari prosedur penelitian yang akan dilakukan dalam penelitian pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Bagan penelitian