Majalah Ilmiah Matematika & Komputer, April 2007
ISSN 0216-4728

Nomor 1/Tahun XXIII

IMPLEMENTASI SANDI HILL DALAM PEMBUATAN PROGRAM APLIKASI PENYANDIAN CITRA

Busono Soerowirdjo[1]
Ardian Adi Wibowo[2]
[1,2]Fakultas Teknologi Industri,Universitas Gunadarma
Jalan Margonda Raya 100.
[1]busono@yahoo.com, [2] ardian_ia01 @staff.gunadarma.ac.id

ABSTRAK

Sandi Hill merupakan salah satu teknik penyandian teks. Dalam penelitian ini, pemakaian sandi Hill diperluas dari teks menjadi citra 24 bit. Matriks yang dipakai adalah matriks yang berordo 2x2 dan 3x3. Hasil percobaan menunjukkan bahwa sandi Hill cocok digunakan untuk enkripsi citra dengan variasi nilai Merah Hijau Biru (MHB) antar piksel berdekatan yang tinggi (seperti foto), tapi tidak cocok untuk citra dengan variasi nilai MHB yang rendah (seperti gambar kartun) karena pola citra asli masih tampak dalam citra sandi. Sandi Hill juga memiliki kelemahan dalam hal tidak tunggalnya matriks kunci yang dapat dipakai. Akan tetapi untuk pemakaian biasa, dengan pemilihan matriks kunci yang baik, sandi Hill dapat dipakai untuk penyandian karena hanya melibatkan operasi matriks biasa sehingga prosesnya relatif cepat.

Kata Kunci : Sandi Hill, Citra, MHB.

PENDAHULUAN

Dewasa ini, kriptografi dirasakan semakin penting. Keamanan pengiriman informasi melalui komputer menjadi bagian yang tak terpisahkan dalam kehidupan sehari-hari. Seiring dengan peningkatan kepentingannya, banyak metode yang ditemukan maupun diperluas penggunaannya. Di antara metode tersebut terdapat metode yang hanya membutuhkan operasi matematika sederhana, tetapi juga terdapat metode yang melibatkan teori yang rumit dan sulit implementasinya. Salah satu metode yang sangat sederhana dalam kriptografi adalah dengan melakukan penggeseran karakter dalam abjad. Jika enkripsi dilakukan dengan menggeser tiga (3) huruf ke kanan, maka huruf A disandikan dengan D, huruf B dengan E dan seterusnya. Metode tersebut memiliki kelemahan, yaitu apabila satu huruf tertebak, maka semua huruf akan tertebak pula.

Sandi Hill merupakan metode yang diciptakan untuk menutupi kelemahan tersebut. Penyandian dengan sandi Hill dilakukan dengan memanfaatkan operasi matriks biasa. Penyandian dilakukan pada tiap blok teks yang berukuran sama dengan ordo matriks yang digunakan. Sebagai perluasannya, dalam aplikasi ini sandi Hill diimplementasikan untuk menyandikan sebuah citra. Ini dimungkinkan mengingat sebuah citra merupakan deretan piksel-piksel yang komponen M (Merah), H (Hijau) dan B (Biru) merupakan bilangan bulat sehingga dapat dioperasikan dalam sebuah matriks.

Penelitian ini dimaksudkan untuk mengimplementasikan sandi Hill dalam penyandian citra yang dapat mendukung keamanan data terutama data citra tersebut.

Dalam pembuatan aplikasi ini, dibatasi format berkas citra hasil penyandian. Format berkas yang diperkenankan pada aplikasi ini adalah format "png." Sedangkan matriks yang dipakai sebagai matriks kunci adalah matriks bujur sangkar berordo 2x2 dan 3x3 dengan elemen bilangan bulat. Untuk ukuran, citra yang dapat dioperasikan disini adalah citra dengan ukuran maksimum 640 x 480.

LANDASAN TEORI

Sandi Hill merupakan salah satu algoritma yang dapat digunakan untuk melakukan enkripsi (penyandian) pada sutu teks. Penyandian pada menggunakan Sandi Hill memanfaatkan matriks

sebagai kunci penyandi. Untuk mengembalikan teks yang sudah disandikan, matriks kunci dicari terlebih dahulu inversenya. Matriks kebalikan tersebut yang akan dijadikan kunci pembuka. Hal yang perlu diperhatikan adalah matriks kunci harus mempunyai kebalikan. Untuk memiliki kebalikan, determinan matriks kunci harus relatif prima dengan modulo tertentu.

Langkah-langkah untuk menyandikan teks dengan sandi Hill adalah (1). memilih matriks bujur sangkar A yang dipakai sebagai kunci; (2). mentransformasikan tiap huruf dalam teks ke bilangan bulat yang sesuai (A=0, B=1, ..,Z = 25); (3). mengelompokkan barisan angka yang didapat kedalam beberapa blok vektor p yang panjangnya sama dengan ukuran matriks A; (4). menghitung c = A.p (mod 256) untuk tiap vektor p; (5). mengembalikan tiap angka dalam vektor sandi c ke huruf yang sesuai untuk mendapatkan teks sandi.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini diawali dengan analisis kebutuhan sistem perangkat lunak, kegiatannya antara lain mempelajari dan menganalisis algoritma Sandi Hill terhadap kemungkinan aplikasinya dalam proses penyandian data citra, menentukan kebutuhan awal bagi sistem perangkat lunak yang akan dikembangkan.

Langkah selanjutnya adalah membuat model bagi rancangan perangkat lunak menggunakan pendekatan model berorientasi pada objek, yang nantinya akan diperoleh sejumlah kelas yang akan digunakan dalam program beroreintasi pada objek.

Berdasarkan kelas yang terbentuk dari hasil rancangan, maka akan dilakukan pemrograman, menggunakan bahasa pemrograman yang mendukung pemrograman berorientasi pada objek, dalam hal ini menggunakan C++.

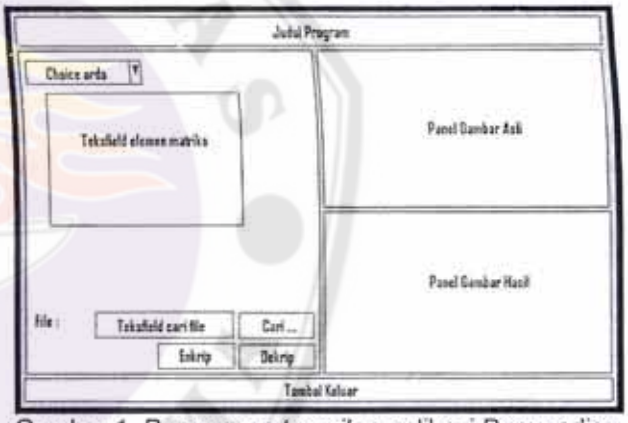
Setelah proses penulisan program, langkah selanjutnya adalah uji coba program dan dilakukan analisis terhadap hasil uji coba tersebut.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam penelitian ini, penggunaan Sandi Hill diperluas untuk melakukan penyandian citra. Algortima untuk menyandikan citra dengan Sandi Hill adalah sebagai berikut:

Pilih matriks bujur sangkar A yang dipakai sebagai kunci.
Ambil MHB dari masing-masing piksel pada citra.
Kelompokkan barisan angka yang didapat ke dalam
beberapa blok vektor p yang panjangnya sama dengan ukuran matriks A.
Hitung c = A.p (mod 256) untuk tiap vektor p
Bentuk citra baru dari matriks hasil perkalian matriks.

Rancangan Output. Secara umum tampilan output dari program yang dibuat terlihat seperti pada Gambar 1.



Gambar 1. Rancangan tampilan aplikasi Penyandian Citra

Alur Program. Ketika program pertama kali dijalankan, program akan melakukan inisialisasi *aplet*. Program akan menampilkan bingkai beserta objek yang ada di dalamnya.

Setelah bingkai ditampilkan, pengguna dipersilahkan untuk memasukkan berbagai masukan yang diperlukan dalam proses penyandian citra. Masukan tersebut diantaranya matriks kunci penyandi. Matriks kunci penyandi haruslah matriks yang memiliki determinan dan determinan dari matriks tersebut memiliki kebalikan dalam modulo 256. Masukan lain yang dibutuhkan yaitu berkas gambar yang ingin dilakukan operasi penyandian. Citra yang dapat dioperasikan pada aplikasi ini hanyalah citra yang memiliki ukuran maksimal 640 x 480.

Setelah itu, pengguna dapat melakukan penekanan pada tombol enkrip atau dekrip. Sebelum proses dijalankan, program akan memeriksa masukan terlebih dahulu. Apabila masukan dari pengguna salah, program akan menampilkan pesan kesalahan melalui kotak pesan. Pesan kesalahan yang muncul berbeda-beda, tergantung kesalahan apa yang terjadi. Apabila masukan sudah benar, program akan melakukan proses penyandian.

Setelah proses penyandian selesai, program akan menampilkan citra hasil penyandian. Sampai disini pengguna dapat keluar dari aplikasi dengan menekan tombol keluar atau dapat mengulang proses penyandian dengan matriks kunci atau citra yang berbeda.

Kelas-kelas Pada Aplikasi Penyandian Citra. *Kelas TugasAkhir* : Kelas ini merupakan kelas utama dari aplikasi penyandian citra ini. Pada kelas ini dibuat bingkai dengan judul *bingkai* "Tugas Akhir" dan dengan ukuran 700 x 500. Setelah itu tata letak dari bingkai tersebut diatur menjadi *BorderLayout*. Setelah itu, diletakkan paneljudul di sebelah atas *bingkai*, paneltengah di sebelah tengah bingkai dan panelkeluar di sebelah bawah bingkai. Ketiga *panel* tersebut masing-masing merupakan objek dari kelas PanelJudul, PanelTengah dan PanelKeluar.

Kelas PanelJudul merupakan cetak biru untuk membuat objek panel, yang dibuat pada kelas TugasAkhir. Kelas ini digunakan untuk menuliskan judul program pada panel judul, dimana penulisannya memanfaatkan *Label* yang telah disediakan bahasa pemrograman java. Hal tersebut terlihat dari potongan program berikut :

```
Label teks = new Label ("IMPLEMENTASI
             SANDI HILL PADA
             PENYANDIAN CITRA");
```

Pertama, dibuat objek teks yang dideklarasikan sebagai *Label*. Setelah objek teks dibuat, objek teks tersebut diletakkan pada *panel* PanelJudul.

```
add(teks);
```

Kelas PanelTengah merupakan cetak biru untuk membuat objek panel yang dibuat pada kelas TugasAkhir. Pada kelas ini dibuat objek panelproses dan panelkanvas yang masing-masing dibentuk dari kelas PanelProses dan PanelKanvas. Untuk menentukan tata letak semua panel, digunakan *GridLayout* dengan jumlah baris 1 dan jumlah kolom 2. Panel panelproses diletakkan di sebelah kiri sedangkan panel panelkanvas diletakkan di sebelah kanan.

Kelas PanelProses merupakan cetak biru untuk membuat objek panel, dimana pada objek tersebut akan diletakkan panel panelmatriks dan panel enkrip. Objek panel panelmatriks dibentuk dari kelas PanelMatriks, sedangkan objek panel enkrip dibentuk dari kelas Enkripsi. Untuk menentukan tata letak dari panel tersebut, digunakan *BorderdLayout*. Objek panelmatriks diletakkan di tengah, sedangkan objek enkrip diletakkan di sebelah bawah.

Kelas PanelMatriks merupakan cetak biru untuk membuat panel, dimana pada panel tersebut akan diletakkan objek panelordomatriks, panelelemenmatriks dan panelcarigambar. Ketiga objek tersebut merupakan objek panel yang dibentuk dari kelas PanelOrdoMatriks, PanelElemenMatriks dan PanelCariGambar. Untuk menentukan tata letak dari semua panel itu, digunakan *BorderdLayout*. Objek panelordomatriks diletakkan di sebelah atas, objek panelelemenmatriks diletakkan di tengah dan objek panelcarigambar diletakkan di sebelah bawah.

Kelas PanelOrdoMatriks merupakan cetak biru untuk membuat panel, dimana pada panel tersebut akan diletakkan objek *Label* labelordo dan objek *Choice* dok. Pada objek dok ditambahkan pilihan ordo matriks, yaitu "Matriks 2 x 2" dan "Matriks 3 x 3".

```
dok.addItem("Matriks 2 x 2");
dok.addItem("Matriks 3 x 3");
```

Apabila yang dipilih adalah "Matriks 2 x 2", variabel ord yang bertipe integer diberi nilai 2, sedangkan apabila yang dipilih adalah "Matriks 2 x 2", variabel ord yang bertipe integer diberi nilai 3. Setelah itu metode setOrdo yang terdapat pada kelas PanelElemenMatriks akan

dijalankan dengan parameter isi dari variabel ord.

```
parent.panelelemenmatriks.setOrdo(ord);
```

Kelas PanelElemenMatriks merupakan cetak biru untuk membuat sebuah objek panel, dimana pada panel tersebut akan diletakkan objek mat yang dibentuk dari kelas *TextField*. Objek tersebut bertipe array berdimensi 2 yang masing-masing menyatakan baris dan kolom. Pada kelas ini terdapat metode sembunyi.

```
private void sembunyi()
  {
    for(int i=0;i<3;i++)
        for(int j=0;j<3;j++)
            mat[i][j].setVisible(false);
  }
```

Metode tersebut akan menyembunyikan objek mat yang telah dideklarasikan sebelumnya. Selain itu juga terdapat metode setOrdo.

```
public void setOrdo(int ordo)
  {
    sembunyi();
        for(int i=0;i<ordo;i++)
          for(int j=0;j<ordo;j++)
              mat[i][j].setVisible(true);
  }
```

Metode tersebut digunakan untuk menampilkan kembali objek mat yang disembunyikan. Metode ini menerima nilai melaui parameter ordo yang dikirim dari kelas PanelOrdoMatriks. Jadi, jumlah objek yang akan ditampilkan adalah sejumlah ordo*ordo.

Kelas PanelCariGambar merupakan cetak biru untuk membuat sebuah objek panel, dimana pada panel tersebut akan diletakkan objek labelcari, teksfield dan tombolcari yang masing-masing dibentuk dari kelas *Label*, *TextField* dan *Button*. Untuk menentukan tata letak dari semua panel tersebut, digunakan *BorderdLayout*. Urutan peletakannya yaitu; labelcari di sebelah kiri, teksfield di tengah dan tombolcari di sebelah kanan. Pada kelas ini terdapat penangan *event* apabila tombol tombolcari ditekan.

```
public void actionBrowse() {
  try {
    BerkasDialog berkas = new BerkasDialog
    (new Bingkai(), "Buka Berkas Gambar",

BerkasDialog.LOAD);
    berkas.setVisible(true);
     if (berkas.getBerkas() != null) {
       f = berkas.getDirectory() + berkas.getBerkas();
          repaint();
        teksfield.setText(f);
     }
  }
  catch(Exception e) { System.err.print(e + "\n"); } }
```

Apabila tombol tombolcari ditekan, program akan menampilkan sebuah *FileDialog*. *FileDialog* tersebut akan digunakan untuk mengambil berkas gambar yang ingin dilakukan operasi penyadian citra. Kemudian alamat dari berkas yang dituju akan ditulis pada teksfield. Selanjutnya alamat dari berkas gambar ini digunakan untuk menampilkan citra di kanvas pada panel yang nantinya dibentuk dari kelas PanelGambarAsli.

Kelas CariRGB merupakan kelas yang digunakan untuk mendapatkan komponen warna dari sebuah citra. Proses pengambilan komponen warna dari citra tersebut dilakukan pada *metode* mhb. Langkah yang pertama adalah membuka berkas sesuai alamat yang terdapat pada teksfield pada panel yang dibentuk oleh kelas PanelCariGambar. Kemudian dibuat suatu *BufferedImage* yang bernama gambar.

```
try
  {
    String namaberkas = parent.teksfield.getText();
    BerkasInputStream fis = new

BerkasInputStream(namaberkas);
    gambar = ImageIO.read(fis);
    fis.close();
```

```
}
```

Apabila ternyata teksfield pada panel yang dibentuk dari kelas PanelCariGambar masih kosong, program akan menampilkan *MessageDialog* yang memberitahukan bahwa nama berkas belum diisi.

```
catch (Exception e)
{
        JFrame bingkai = new JFrame();
        final String pesenError =
            "Nama berkas belum
diisi\n" +
            "Silahkan masukkan nama
berkas ...!!!";

 JOptionPane.showMessageDialog
            (bingkai, pesenError,"Error",

JOptionPane.ERROR_MESSAGE);
        gambar = null;
}
```

Setelah itu objek gambar diambil komponen warnanya. Komponen warna yang diambil adalah sebuah nilai integer yang merepresentasikan nilai warna merah, hijau dan biru untuk setiap piksel pada gambar. Nilai yang didapat, dimasukkan ke dalam variabel array pksl yang bertipe integer.

```
for(int y=0; y<gambar.getHeight(); y++)
   for(int x=0; x<gambar.getWidth(); x++)
   {
      int piksel = gambar.getRGB(x,y);
      Color warna = new Color(piksel);
       pksl[n] = warna.getRed();  n++;
       pksl[n] = warna.getGreen(); n++;
       pksl[n] = warna.getBlue();  n++;
}
```

Kelas Enkripsi merupakan kelas inti dari proses penyandian terhadap citra. Di kelas, ini untuk melakukan penyandian citra, matriks kunci yang dimasukkan pengguna dikalikan dengan matriks dari komponen warna citra. Sedangkan untuk mengembalikan citra ke keadaan semula, dilakukan dengan 2 tahap. Pertama, dilakukan operasi perkalian kebalikan determinan matriks kunci dengan setiap elemen dari adjoint matriks kunci. Kedua, hasil dari perkalian tersebut dikalikan dengan matriks gambar yang ingin dikembalikan ke keadan semula. Proses perkalian matriks tersebut dilakukan pada *metode* kaliMatriks.

```
for (int i=0; i<ordo; i++)
   for (int j=0; j<kolomB; j++)
   {
      for (k=0; k<ordo; k++)
      hasil[i][j]                    =
hasil[i][j]+matA[i][k]*matB[k][j];
      hasil[i][j] = hasil[i][j] % 256;
      while (hasil[i][j] < 0){ hasil[i][j] +=
256;}        }
```

Nilai dari setiap elemen matriks hasil harus dalam kisaran 0 sampai 255. oleh karena itu setiap elemen dari matriks hasil perkalian dilakukan operasi modulo 256. setelah itu nilai dari setiap elemen matriks disimpan dalam variabel array kali.

Pada kelas ini terdapat *metode* setGambar. *Metode* ini berfungsi untuk membentuk suatu gambar dari matriks hasil operasi perkalian pada metode kaliMatriks.

```
for(int y=0; y<ye; y++)
   for(int x=0; x<ex; x++)
   {
      int r = kali[n]; n++;
      int g = kali[n]; n++;
      int b = kali[n]; n++;
      Color warnanya = new Color(r, g, b);
      int rgbnya = warnanya.getRGB();
      pic.setRGB(x, y, rgbnya);
   }
```

Kelas PanelKanvas merupakan cetak biru untuk membuat sebuah objek panel, dimana pada panel tersebut akan diletakkan objek panelasli dan panelhasil yang masing-masing dibentuk dari kelas PanelGambarAsli dan PanelGambarHasil. Untuk menentukan tata letak panel-panel tersebut, digunakan *GridLayout* dengan jumlah baris 2 dan jumlah kolom 1.

Kelas PanelGambarAsli merupakan cetak biru untuk membuat sebuah objek panel,

dimana pada panel tersebut akan diletakkan objek asli yang dibentuk dari kelas GambarAsli. Untuk pengaturan tata letak, kelas ini menggunakan *GridLayout*. Objek panel yang dibentuk dari kelas ini akan diberi judul "Gambar Asli".

Kelas GambarAsli akan membentuk sebuah kanvas yang pada kanvas tersebut nantinya akan ditampilkan citra yang akan dilakukan operasi penyandian. Metode yang bertugas untuk melakukan penggambaran terhadap kanvas adalah metode paint.

```
public void paint(Graphics g)
{
  String berkas =
parent.parent.parent.panelproses.
panelmatriks.panelcarigambar.f;
    if (berkas != null)
    {
      Toolkit tool = getToolkit();
      Image gbr =
tool.getImage(berkas);
      g.drawImage(gbr, 120, 40, 100,
100, this);
    }
  }
```

Kelas PanelGambarHasil merupakan cetak biru untuk membuat sebuah objek panel, dimana pada panel tersebut akan diletakkan objek hasil yang dibentuk dari kelas GambarHasil. Untuk pengaturan tata letak, kelas ini menggunakan *GridLayout*. Objek panel yang dibentuk dari kelas ini akan diberi judul "Gambar Hasil".

Kelas GambarHasil akan membentuk sebuah kanvas yang pada kanvas tersebut nantinya akan ditampilkan citra hasil operasi penyandian. Metode yang bertugas untuk melakukan penggambaran terhadap kanvas adalah metode paint.

```
public void paint(Graphics g)
{
    String berkas = parent.parent.
      parent.panelproses.enkrip.berkas;
      if (berkas != null)
      {
        Toolkit tool = getToolkit();
        Image gbr =
tool.getImage(berkas);
        g.drawImage(gbr, 120, 40,
100,
          100, this);
      }
    }
```

Kelas PanelKeluar merupakan cetak biru untuk membentuk sebuah panel, dimana pada panel tersebut akan diletakkan sebuah objek tombol "tombolkeluar." Pada kelas ini terdapat sebuah metode yang bertugas melakukan penaganan event. Metode tersebut akan bekerja saat tombol tombolkeluar ditekan. Saat tombol ditekan, aplikasi akan berhenti dan kemudian keluar dari program.

```
  public boolean action(Event evt, Object
arg)
  {
    if (evt.target instanceof Button)
     if(((String)arg).equals("Keluar"))
    System.exit(0);
    return true;
  }
```

Sebelum dijalankan, program dikompilasi terlebih dahulu dengan menulis "javac TugasAkhir.java" pada DOS *prompt* dimana berkas java berada dengan mengatur jalur terlebih dahulu. Pengkompilasian ini bertujuan untuk menerjemahkan bahasa program menjadi bahasa yang dapat dimengerti oleh komputer. Dengan pengkompilasian ini akan diketahui kesalahan apa saja yang terdapat pada program yang dibuat. Apabila tidak terdapat kesalahan, akan muncul tampilan seperti Gambar 2.

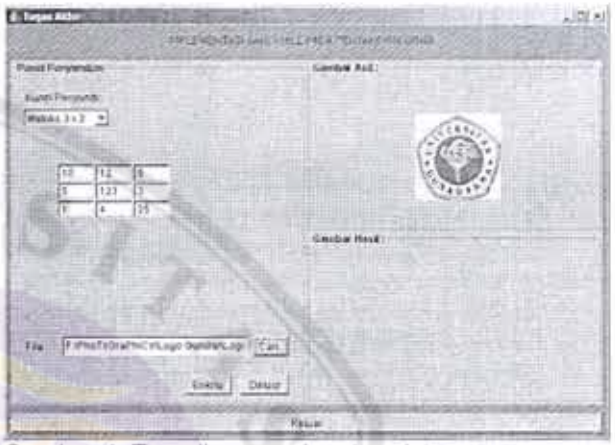
Gambar 2. Pengkompilasian program

Selanjutnya adalah mengeksekusi program. Caranya ialah dengan mengetik "java TugasAkhir". Perlu diperhatikan bahwa pada saat pengeksekusian program, ekstensi (.java) tidak dipergunakan. Output dari program dapat dilihat pada Gambar 3. Untuk menggunakan aplikasi ini, langkah yang pertama dapat dilakukan adalah memilih ordo dari matriks kunci penyandi. Pengguna dapat memilih "Matriks 2 x 2" atau "Matriks 3 x 3". Sebenarnya matriks tidak terbatas untuk dua ordo matriks tersebut, namun pada pembuatan Tugas Akhir ini,

Gambar 3. Tampilan awal aplikasi

dibatasi hanya pada penggunaan matriks kunci penyandi menjadi dua pilihan. Selanjutnya pengguna dapat memasukkan elemen dari matriks kunci. Matriks kunci yang diperkenankan adalah matriks kunci yang memiliki determinan dan determinan matriks tersebut memiliki kebalikan dalam modulo 256.

Setelah itu, pengguna dapat memasukkan nama berkas gambar yang ingin disandikan. Gambar 4 Merupakan contoh penggunaan aplikasi sampai dengan memasukkan nama berkas gambar.



Gambar 4. Tampilan penginputan data

Untuk melakukan penyandian citra, pengguna dapat menekan tombol enkrip. Setelah penekanan tombol enkrip, program akan menampilkan kotak dialog untuk penyimpanan berkas gambar hasil enkripsi. Pada aplikasi ini, format berkas yang diperkenankan untuk menyimpan citra yang dihasilkan pada operasi penyandian citra adalah format png. Apabila proses penyandian seleai, citra hasil penyandian akan ditampilkan pada panel gambar hasil. Gambar 5 merupakan tampilan jika proses penyandian citra telah selesai.

Untuk mengembalikan citra hasil penyandian, langkah yang harus dilakukan hampir sama dengan penyandian citra. Perbedaannya hanya terletak pada penekanan tombol. Jika pada penyandian citra yang ditekan adalah tombol enkrip, pada pengembalian citra menjadi citra aslinya, yang ditekan adalah tombol dekrip. Matriks kunci yang digunakan untuk melakukan proses dekripsi adalah matriks yang sama yang digunakan untuk menyadikan citra tersebut. Gambar 6 memperlihatkan hasil pengembalian citra menjadi gambar aslinya. Format berkas hasil , mungkin tidak sama

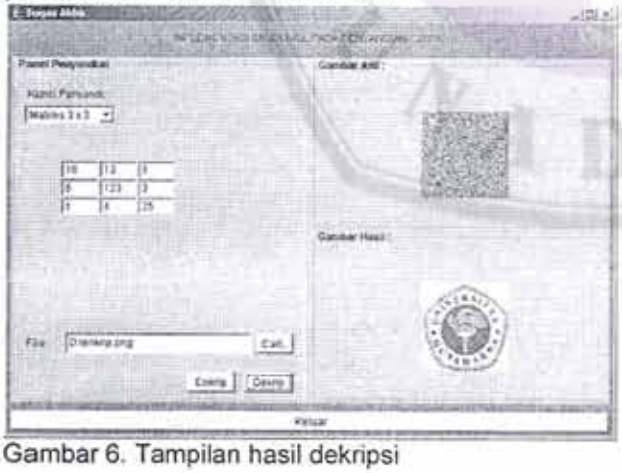
dengan format berkas pada saat citra belum di lakukan opersai penyandian. Citra hasil, memiliki format berkas png.

Gambar 5. Tampilan hasil enkripsi

PENUTUP

Kesimpulan

Setelah menggunakan Aplikasi Penyandian Citra ini, penulis mendapatkan beberapa catatan. Catatan tersebut diantaranya; sandi Hill merupakan metode penyandian sederhana yang cocok diterapkan pada citra dengan variasi warna tinggi (seperti foto), dan tidak cocok diterapkan pada citra yang warnanya tidak terlalu bervariatif. Keuntungan utama pemakaian sandi Hill untuk



Gambar 6. Tampilan hasil dekripsi

penyandian citra adalah metodenya yang sederhana sehingga prosesnya cepat. Kerugian yang terjadi adalah tidak tunggalnya matriks kunci A (dan A^{-1}) yang menyebabkan tingkat keamanannya berkurang. Hanya matriks bujur sangkar yang nilai determinannya relatif prima dengan 256 saja yang dapat dipakai untuk proses penyandian. Dekripsi. tidak bisa dilakukan jika nilai determinanya tidak relatif prima dengan 256.

Saran

Aplikasi ini belum sepenuhnya dapat memberikan solusi untuk sistem keamanan sebuah data citra, sehingga perlu dikembangkan lebih lanjut. Selain itu pada aplikasi ini belum terdapat fasilitas bantuan untuk pengguna, sehingga penulis menyarankan untuk menambahkan fasilitas tersebut apabila ada pihak yang mungkin tertarik untuk mengembangkan aplikasi ini. Serta format berkas hasil enkripsi hendaknya dapat lebih bervariasi, tidak terbatas pada format berkas png.

Sebagai pertimbangan bagi pihak yang ingin mengembangkan aplikasi ini, penyandian dapat dilakukan dengan mengelompokkan nilai mhb menjadi beberapa matriks terpisah yang masing-masing ditangani oleh matriks kunci yang berbeda.

DAFTAR PUSTAKA

Anonim. **Algoritma & Pemrograman**. Gunadarma. Jakarta. 1997.

Deitel, Harvey.M., and Paul. J. **Java™ How To Program**, Prentice Hall. New Jersey. 2003.

Kadir, Abdul. **Dasar Pemrograman Java 2**. Andi. Yogyakarta. 2004.

Leonardo, Ian. **Belajar Sendiri Pemrograman Java 2D**. PT Elex Media Komputindo. Jakarta. 2003.

Naughton, Patrick. **The Java Handbook**. McGraw-Hill, Inc. NewYork. 1996.

Sanjaya, Ridwan. **Membuat Aplikasi Windows Multi Platform dengan Java GUI**, PT Elex Media Komputindo, Jakarta. 2003.

Wicaksono, Ady. **Dasar – Dasar Pemrograman Java 2**. Elex Media Komputindo. Jakarta. 2002.