

PENINGKATAN PERFORMA METODE STEGANOGRAFI BERBASIS DIFFERENCE EXPANSION MENGGUNAKAN REDUKSI SELISIH

Muhammad Holil¹⁾ dan Tohari Ahmad²⁾

¹⁾Teknik Informatika

Sekolah Tinggi Ilmu Komputer Hafshawaty
Kraksaan, Indonesia

²⁾Teknik Informatika, Fakultas Teknologi Informasi

Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya, Indonesia

e-mail: moch.holil@gmail.com¹⁾, tohari@if.its.ac.id²⁾

ABSTRAK

Pertukaran data medis dilakukan untuk mempermudah profesional kesehatan untuk merawat pasien. Untuk hal itu, otentikasi menjadi perhatian utama untuk menjamin data medis yang bersangkutan adalah milik pasien yang benar dan juga berasal dari sumber yang benar. Salah satu metode yang dapat digunakan untuk keperluan tersebut adalah data hiding. Namun, metode yang digunakan tidak boleh menyebabkan distorsi yang permanen terhadap media yang digunakan karena dapat menyebabkan kesalahan diagnosa. Difference Expansion adalah satu metode yang mampu memenuhi persyaratan tersebut. Metode ini masih bisa menjadi topik yang menarik untuk diteliti. Khususnya pada kapasitas penyisipan data dan similarity antara cover image dengan stego image. Metode yang baik adalah metode yang mampu menyediakan kapasitas dan similarity citra yang tinggi.

Pada penelitian ini, kami mengusulkan metode berbasis DE dengan berfokus pada dua masalah tersebut. Secara lebih terperinci, kami melakukan reduksi terhadap nilai selisih piksel agar menghasilkan tingkat similarity yang lebih baik dan mampu menyediakan kapasitas pesan yang lebih besar. Selain itu, kami menggunakan piksel median sebagai base point untuk menghitung selisih menggantikan piksel pertama pada masing-masing blok. Hasil percobaan yang dilakukan pada 5 citra medis menunjukkan bahwa metode yang diusulkan berhasil meningkatkan PSNR serta kapasitas penyisipan.

Kata Kunci: *Reduced Difference Expansion, Reversible Data Hiding, Steganografi.*

ABSTRACT

Medical data exchange is done to make it easier for health professionals to treat patients. For that activity, authentication is a major concern to ensure that the relevant medical data belong to the correct patient and also come from the right sources. One method that can be used for this purpose is data hiding. However, the used method should not cause permanent distortion to the media, because it can result in mis-diagnosis. Difference expansion is a method which is able to meet this requirement. This method is still an interesting topic to investigate. Specifically, the insertion of data capacity and the similarity between the cover and the stego images. An appropriate method should provide a higher capacity and image similarity. In this paper, we propose a method based on Difference Expansion by focusing on those problems. In more detail, we perform a reduction process to difference pixels value in order to produce a better similarity level and able to provide a greater message capacity. Moreover, we use median instead of the first pixel in each block as a base point for calculating the difference. The experimental results which are performed on five medical images depict that the pro-posed method successfully improves the PSNR and embedding capacity.

Keywords: *Reduced Difference Expansion, Reversible Data Hiding, Steganography*

I. PENDAHULUAN

PERKEMBANGAN teknologi informasi sudah merambah berbagai bidang, termasuk bidang kesehatan. Para profesional kesehatan seperti dokter bisa berkomunikasi dan bertukar data satu sama lain sehingga pasien bisa ditangani lebih cepat. Namun, kemudahan ini harus diimbangi dengan keamanan agar tidak disalah gunakan. Selain itu, integritas data juga penting untuk diperhatikan, kesalahan data yang disebabkan perubahan yang disengaja

ataupun tidak dapat menyebabkan keselamatan pasien terancam. Salah satu solusi yang dapat dilakukan adalah dengan menyisipkan data pasien ke dalam media yang akan dikirimkan menggunakan metode *data hiding*.

Sebagai mana kita ketahui bersama, citra medis memiliki karakteristik yang tidak bisa mentolerir adanya distorsi, karena dapat menyebabkan kesalahan diagnosa. Untuk hal itu, metode yang digunakan harus memiliki kriteria reversibility, yaitu kemampuan untuk mengembalikan media yang digunakan ke keadaan semula. Metode-metode yang memiliki kemampuan ini biasa disebut dengan reversible data hiding seperti Difference Expansion (DE) [1].

Kelebihan dari metode DE adalah metode ini mampu menyediakan kapasitas penyisipan yang besar dengan kompleksitas yang rendah [2]. Metode yang diusulkan pada tahun 2003 ini bekerja dengan menyisipkan bit data pada selisih pasangan piksel serta tetap menjaga nilai rata-ratanya. Pada tahun yang sama, Alattar [3] mengembangkan metode DE dengan mengganti jumlah piksel dalam blok dari dua menjadi tiga untuk meningkatkan kapasitas penyisipan. Di tahun berikutnya, Alattar mengembangkannya lagi menjadi quad [4] dan dilanjutkan menjadi vektor [5]. Di tahun 2006, Jabber dan Yaqub [6] memodifikasi vektor DE [5] dengan cara menggunakan piksel median sebagai base point. Sedangkan, Hsiao dkk [7] menggunakan blok dengan ukuran 3*3 untuk tujuan yang sama. Berbeda dengan metode-metode sebelumnya, Lou dkk [8] mengusulkan Reduced Different Expansion (RDE) untuk mengurangi ekspansi yang dilakukan pada metode DE [1] agar selisih setelah proses penyisipan mendekati nilai aslinya.

Metode-metode yang telah disebutkan sudah mampu memiliki kemampuan reversibility, namun masih terdapat dua masalah lain, yaitu: similarity (kesamaan antara cover image dan stego image) dan kapasitas data yang bisa ditampung. Pada penelitian ini, kami fokus pada dua masalah yang terakhir dengan tetap mempertahankan kriteria reversibility dari metode Generalized Difference Expansion (GDE) [5] dan Reduced Difference Expansion (RDE) [8].

Struktur makalah ini selanjutnya dapat digambarkan sebagai berikut. Bagian II menjelaskan penelitian yang berhubungan dengan metode yang diusulkan. Bagian III adalah detail metode yang diusulkan dengan hasil percobaan pada bagian IV. Terakhir, kesimpulan terdapat pada bagian V.

II. DIFFERENCE EXPANSION DAN VARIASINYA

Bagian ini menjelaskan metode-metode yang mendukung metode yang diusulkan, yaitu *Difference Expansion*, *Generalized Difference Expansion*, dan *Reduced Difference Expansion*.

A. *Difference Expansion (DE)*

DE menggunakan selisih dari sepasang piksel yang bersebelahan untuk menyisipkan data. Jika u_1 dan u_2 adalah piksel yang saling bersebelahan pada 8 bit citra *grayscale*, maka selisih piksel v dan rata-rata m dari sepasang piksel tampak seperti (1).

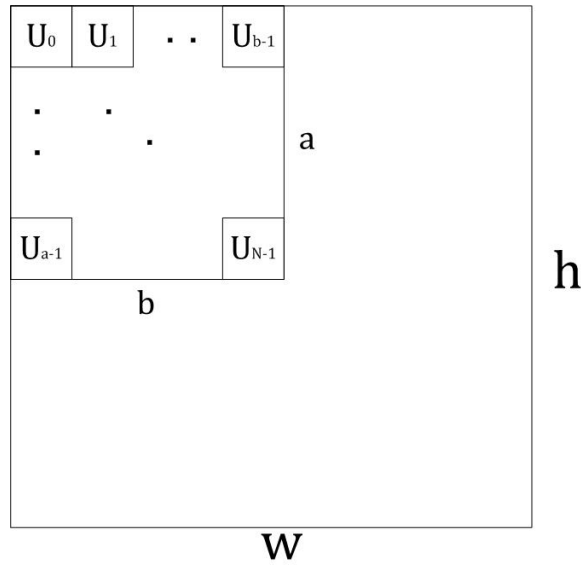
$$m = \left\lfloor \frac{u_1 + u_2}{2} \right\rfloor, v = u_1 - u_2 \quad (1)$$

Penyisipan dilakukan dengan cara melakukan ekspansi terhadap selisih piksel v . Untuk bit data b , proses penyisipan secara ekspansi dilakukan berdasarkan (2).

$$\tilde{v} = 2 \times v + b \quad (2)$$

Selisih piksel \tilde{v} yang telah mengandung data, kemudian digunakan untuk membentuk piksel baru. Pembentukan dilakukan dengan menggunakan rata-rata piksel yang tidak berubah seperti pada (3).

$$u'_1 = m + \left\lfloor \frac{\tilde{v} + 1}{2} \right\rfloor, u'_2 = m - \left\lfloor \frac{\tilde{v}}{2} \right\rfloor \quad (3)$$



Gambar 1. Blok piksel pada GDE (Sumber: [5])

Piksel baru u'_1 dan u'_2 , tidak boleh mengalami *overflow* (piksel baru lebih besar dari 255) dan *underflow* (piksel baru lebih kecil dari 0). Untuk mencegah hal itu, maka selisih piksel yang telah berisi data harus memenuhi persyaratan yang ada pada (4).

$$\begin{cases} |\tilde{v}| \leq 2 \times (255 - m), & \text{if } 128 \leq m \leq 255 \\ |\tilde{v}| \leq 2 \times m + 1, & \text{if } 0 \leq m \leq 127 \end{cases} \quad (4)$$

B. Generalized Difference Expansion (GDE)

Pada metode ini [5], blok piksel yang digunakan berbentuk vektor $u = (u_0, u_1, \dots, u_{N-1})$ dari himpunan piksel tetangga axb seperti pada Gambar 1. Jika w dan h adalah lebar dan tinggi citra, maka $1 \leq a \leq h, 1 \leq b \leq w$ dan $a + b \neq 2$. Penyisipan dimulai dengan menghitung selisih piksel menggunakan (5), dimana $[\cdot]$ adalah fungsi pembulatan kebawah, v_0 adalah rata-rata piksel, dan v_1 sampai v_{N-1} adalah selisih piksel yang digunakan untuk penyisipan data.

$$\begin{cases} v_0 = \left\lfloor \frac{\sum_{i=0}^{N-1} u_i}{N} \right\rfloor \\ v_1 = u_1 - u_0 \\ \dots \\ v_{N-1} = u_{N-1} - u_0 \end{cases} \quad (5)$$

Untuk bit data b_i , Penyisipan dilakukan dengan dua cara, menggunakan (6) atau (7). Blok piksel yang menggunakan (6) untuk menyisipkan data ditandai sebagai *expandable*. Jika menggunakan (6) menyebabkan *overflow* atau *underflow*, proses penyisipan diganti menggunakan (7) dan ditandai sebagai *changeable*. Selain itu, blok ditandai sebagai *unchangeable* jika tidak tergolong pada dua kategori ini.

$$\begin{cases} \tilde{v}_1 = 2 \times v_1 + b_1 \\ \dots \\ \tilde{v}_{N-1} = 2 \times v_{N-1} + b_{N-1} \end{cases} \quad (6)$$

$$\begin{cases} \tilde{v}_1 = 2 \times \left\lfloor \frac{v_1}{2} \right\rfloor + b_1 \\ \dots \\ \tilde{v}_{N-1} = 2 \times \left\lfloor \frac{v_{N-1}}{2} \right\rfloor + b_{N-1} \end{cases} \quad (7)$$

Selisih piksel yang telah disisipi data harus memenuhi (8) untuk menghindari terjadinya *overflow* dan *underflow*.

$$\begin{cases} 0 \leq v_0 - \left\lfloor \frac{\sum_{i=0}^{N-1} \tilde{v}_N}{N} \right\rfloor \leq 255 \\ 0 \leq v'_1 + v_0 - \left\lfloor \frac{\sum_{i=0}^{N-1} \tilde{v}_N}{N} \right\rfloor \leq 255 \\ \dots \\ 0 \leq v'_{N-1} + v_0 - \left\lfloor \frac{\sum_{i=0}^{N-1} \tilde{v}_N}{N} \right\rfloor \leq 255 \end{cases} \quad (8)$$

Setelah proses penyisipan selesai, proses dilanjutkan dengan membentuk piksel baru u'_i berdasarkan (9).

$$\begin{cases} u'_0 = v_0 + \left\lfloor \frac{\sum_{i=0}^{N-1} v_i}{N} \right\rfloor \\ u'_1 = v_1 + u_0 \\ \dots \\ u'_{N-1} = v_{N-1} + u_0 \end{cases} \quad (9)$$

C. Reduced Difference Expansion (RDE)

Penyisipan data pada metode berbasis DE menyebabkan selisih piksel menjadi dua kali lebih besar. Berdasarkan fakta ini, Lou dkk. [8] mengusulkan RDE untuk mengatasi masalah ini. Metode ini melakukan reduksi terhadap selisih piksel sebelum proses penyisipan data dilakukan. Proses reduksi dilakukan hanya pada selisih piksel yang bernilai lebih besar dari satu, selain itu akan diacuhkan sesuai (10).

$$\bar{v}_i = \begin{cases} v_i, & \text{jika } v_i < 2 \\ v_i - 2^{\lfloor \log_2 |v_i| - 1 \rfloor}, & \text{jika } v_i \geq 2 \end{cases} \quad (10)$$

Selisih piksel \bar{v}_i yang telah direduksi akan ditandai dengan 1, sedangkan yang tidak akan ditandai dengan 0. Selanjutnya, penanda-penanda tersebut akan disimpan dalam *location map LM*. Nantinya, *location map* yang dibentuk digunakan untuk melakukan *recovery* terhadap selisih yang telah direduksi. Proses *recovery* dilakukan sesuai dengan (11). Dari proses ini, selisih piksel bisa kembali ke bentuk semula.

$$v = \begin{cases} \bar{v} + 2^{\lfloor \log_2 |\bar{v}| - 1 \rfloor}, & \text{if } LM = 0 \\ \bar{v} + 2^{\lfloor \log_2 |\bar{v}| \rfloor}, & \text{if } LM = 1 \end{cases} \quad (11)$$

III. METODE YANG DIUSULKAN

Sama seperti pada penelitian sebelumnya, metode ini terdiri dari dua bagian yaitu: Penyisipan dan Ekstraksi. Metode yang diusulkan merupakan pengembangan dari metode *Generalized Difference Expatation* (GDE) dan *Reduced Difference Expansion* (RDE).

A. Penyisipan

TABEL I
DUA BIT PERTAMA PADA LOCATION MAP (SUMBER: [10])

Kategori	Location Map (LM)	
	Bit pertama	Bit Kedua
Expandable RDE	1	1
Expandable non-RDE	1	0
Changeable	0	1
Unchangeable	0	0

Seperti pada penelitian kami sebelumnya [9] [10], blok piksel dikategorikan menjadi 4 yaitu: *expandable RDE*, *expandable non-RDE*, *changeable*, dan *unchangeable*. Penyisipan hanya dilakukan pada tiga kategori pertama, sedangkan blok *unchangeable* akan diacuhkan. Berbeda dengan metode sebelumnya, base point yang digunakan pada metode ini tidak lagi menggunakan piksel pertama, melainkan piksel median dari masing-masing blok seperti yang dilakukan pada [6]. Hal ini bertujuan agar selisih piksel menjadi lebih kecil, sehingga dengan sendirinya kapasitas dan kualitasnya meningkat. Oleh sebab itu, penghitungan selisih piksel tidak lagi dilakukan berdasarkan (5) melainkan menggunakan (12), dimana u_m adalah piksel median. Untuk blok dengan jumlah piksel ganjil maka nilai median dari blok tersebut digunakan untuk u_m , sedangkan jika piksel di dalam blok berjumlah genap maka nilai yang digunakan adalah piksel yang terdekat dan lebih kecil dari nilai median.

$$\begin{cases} v_1 = u_1 - u_m \\ v_2 = u_2 - u_m \\ \dots \\ v_{N-1} = u_{N-1} - u_m \end{cases} \quad (12)$$

Selisih-selisih piksel tersebut kemudian direduksi menggunakan modifikasi RDE sebelum proses penyisipan data dilakukan. Proses reduksi dilakukan sesuai dengan (13) sehingga menghasilkan \bar{v} . Berbeda dengan RDE, urutan piksel setelah dan sebelum proses penyisipan pada metode ini tetap terjaga, untuk hal itu, selisih piksel pada metode ini dapat bernilai positif dan negatif. Selain itu, blok yang telah direduksi akan ditandai sebagai *expandable RDE* jika nilai $|\bar{v}_i|$ lebih kecil dari nilai $|v_i|$, dan untuk blok dengan $|\bar{v}_i|$ sama dengan $|v_i|$ akan ditandai sebagai *expandable non-RDE*.

$$\bar{v}_i = \begin{cases} v_i, & \text{if } -2 < v_i < 2 \\ v_i + 2^{\lfloor \log_2 |v_i| \rfloor - 1}, & \text{if } -2 \geq v_i \\ v_i - 2^{\lfloor \log_2 |v_i| \rfloor - 1}, & \text{if } v_i \geq 2 \end{cases} \quad (13)$$

Setelah proses reduksi selesai, selisih piksel \bar{v}_i kemudian akan disisipi data menggunakan (6) sehingga menghasilkan \tilde{v}_i . Selisih yang telah mengandung data selanjutnya digunakan untuk membentuk piksel baru sesuai dengan (14), dimana piksel u_m yang digunakan sebagai base point langsung digunakan tanpa ada perubahan.

$$\begin{cases} u'_m = u_m \\ u'_1 = \tilde{v}_1 + u_m \\ u'_2 = \tilde{v}_2 + u_m \\ \dots \\ u'_{N-1} = \tilde{v}_{N-1} + u_m \end{cases} \quad (14)$$

Piksel yang telah terbentuk harus memenuhi (15) untuk menghindari terjadinya *overflow* dan *underflow*. Selain itu, untuk menjamin citra dapat kembali ke bentuk aslinya, base point u_m pada masing-masing blok tidak boleh berubah posisinya ataupun nilainya. Jika hal itu terjadi maka proses penyisipan pada blok yang bersangkutan akan ditandai sebagai *changeable*, dimana detail penyisipannya dilakukan seperti pada GDE, yaitu menggunakan (5), (7), dan (9) secara berurut untuk melakukan perhitungan selisih, penyisipan data, dan pembentukan piksel baru, tapi tanpa mengikut

sertakan v_0 . Namun, jika piksel yang dihasilkan tetap bernilai *overflow* atau *underflow* maka blok tersebut akan ditandai sebagai *unchangeable* blok.

$$\begin{cases} 0 \leq u'_m \leq 255 \\ 0 \leq u'_1 \leq 255 \\ \dots \\ 0 \leq u'_{N-1} \leq 255 \end{cases} \quad (15)$$

Sebagai mana telah disebutkan sebelumnya, *location map LM* digunakan untuk menentukan kategori blok yang akan digunakan pada saat melakukan ekstraksi dan *recovery*. Dua bit pertama pada *LM* menunjukkan kategori blok seperti pada Tabel I. Pada blok *expandable RDE*, bit ketiga dan seterusnya ditentukan berdasarkan (16), sedangkan untuk blok *changeable* ditentukan sesuai bit LSB dari selisih piksel sebelum dilakukan proses penyisipan. Untuk blok *expandable non-RDE*, sisa bit terakhir bernilai 0 karena blok ini tidak membutuhkan informasi tambahan. Untuk ukuran dari *LM* ditentukan berdasarkan jumlah blok serta jumlah selisih piksel di dalam blok. Diasumsikan bahwa p adalah jumlah blok yang terdapat dalam citra dan l adalah jumlah selisih piksel maka ukuran dari *LM* adalah sebesar $p \times (l + 2)$. *Location map* yang telah dibentuk kemudian dikompres dengan *Arithmetic Coding (AC)* dan digabungkan dengan plaintext dengan menggunakan fungsi *concat* untuk disisipkan ke dalam citra.

$$LM = \begin{cases} 0, & \text{if } \bar{v}_i \pm 2^{\log_2|\bar{v}_i|-1} = v_i \\ 1, & \text{if } \bar{v}_i \pm 2^{\log_2|\bar{v}_i|-1} \neq v_i \end{cases} \quad (16)$$

B. Ekstraksi dan Recovery

Ekstraksi data dilakukan dengan mengambil bit LSB dari selisih piksel pada blok *embedable* (semua blok yang termasuk *expandable RDE*, *expandable non-RDE*, dan *changeable*), hal ini dimungkinkan karena blok *unchangeable* sebelum dan setelah proses penyisipan tidak mengalami perubahan. Setelah semua data berhasil diekstrak, serta *plaintext* dan *location map* telah dipisah, maka proses *recovery* dapat dimulai.

Proses *recovery* dimulai dengan menghitung selisih piksel \bar{v}_i menggunakan (12) seperti halnya pada proses penyisipan. Untuk blok *expandable* (baik *RDE* ataupun *non-RDE*), selisih piksel tersebut kemudian dilakukan *right shift* sebanyak satu bit untuk dikembalikan ke nilai aslinya. Khusus untuk blok *expandable RDE*, selisih piksel selanjutnya didereduksi untuk dikembalikan ke nilai aslinya menggunakan (17).

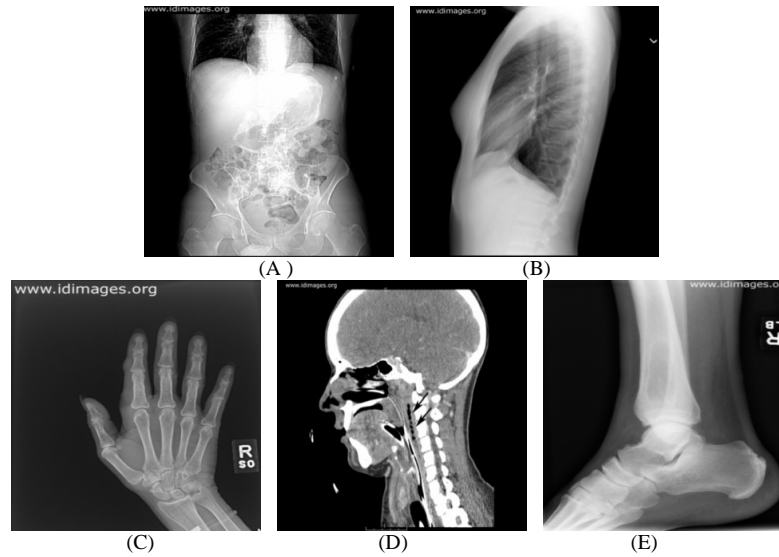
$$v_i = \begin{cases} \bar{v}_i - 2^{\log_2|\bar{v}_i|-1}, & \text{if } LM = 0 \\ \bar{v}_i - 2^{\log_2|\bar{v}_i|}, & \text{if } LM = 1 \end{cases} \quad (17)$$

Selisih piksel v_i yang telah kembali ke nilai asalnya digunakan untuk membentuk piksel asli citra seperti sebelum proses penyisipan menggunakan (14). Sedangkan, untuk blok *changeable* detail proses *recovery* dilakukan persis dengan GDE.

IV. ANALISA DAN HASIL UJI COBA

Evaluasi terhadap metode dilakukan dengan menyisipkan data dengan berbagai ukuran sampai dengan ukuran terbesar yaitu sebanyak yang bisa ditampung oleh *cover image*. *Cover image* yang digunakan berupa 5 citra *grayscale* dengan ukuran 512x512 yang diambil dari idimages [11]. Citra-citra yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 2. Setiap penyisipan dilakukan dengan menggunakan blok dengan ukuran 2x2, 3x3, 4x4, 5x5, dan 6x6. Selain itu, kami juga mengimplementasikan metode GDE sebagai pembandingan.

Similarity dari *stego image* dengan *cover image* dihitung dengan menggunakan *Peak-Signal-to-Noise-Ratio (PSNR)* sesuai (18), dimana *MSE* adalah *mean square error*. Semakin besar nilai PSNR yang dihasilkan menunjukkan tingkat *similarity* yang lebih baik.



Gambar. 2. Citra Medis (A) Abdominal (B) Chest (C) Hand (D) Head (E) Leg (Sumber: [11])

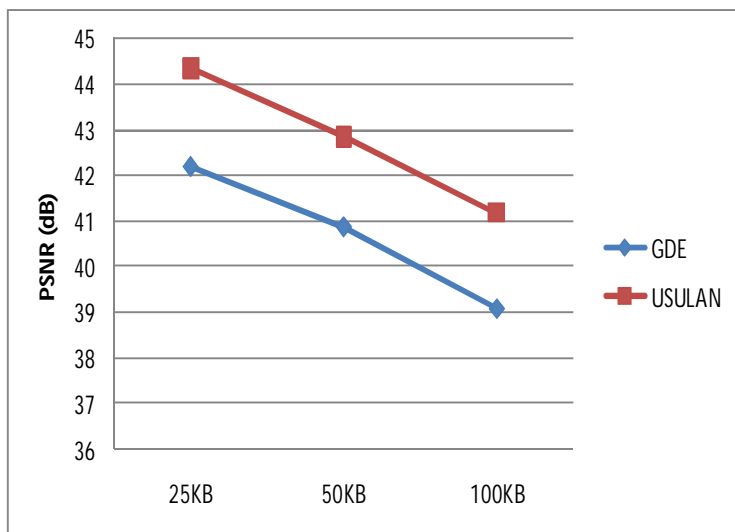
$$\begin{cases} PSNR = 10 \log_{10} \frac{255^2}{MSE} \\ MSE = \frac{1}{HxW} \sum_{i=1}^H \sum_{j=1}^W (Y_{ij} - \hat{Y}_{ij})^2 \end{cases} \quad (18)$$

Tabel II menunjukkan kapasitas maksimal yang bisa disisipkan pada kelima citra medis untuk masing-masing metode. Secara umum, metode yang diusulkan mampu memberikan kapasitas penyisipan yang lebih besar dari metode GDE. Peningkatan nilai kapasitas tertinggi terjadi ketika menggunakan citra Head yaitu sebesar 1542 bit pada ukuran blok 2x2. Kapasitas penyisipan mengalami penurunan hanya pada citra Leg yaitu sebesar 75 bit pada blok 4x4 dan 504 bit pada blok 5x5. Secara keseluruhan, hasil uji coba menunjukkan bahwa ukuran blok berbanding lurus dengan kapasitas penyisipan, semakin besar ukuran blok yang digunakan, semakin besar pula kapasitas yang akan dihasilkan.

Sama dengan kapasitas penyisipan, PSNR dari metode yang diusulkan masih menghasilkan nilai

TABEL III
PSNR HASIL PENYISIPAN DENGAN DATA MAKSIMAL

Citra	Metode	Ukuran Blok				
		2x2	3x3	4x4	5x5	6x6
Abdominal	GDE	35,7	34,48	33,71	33,05	32,82
	Usulan	38,09	36,2	35,07	33,96	33,69
Chest	GDE	40,9	39,21	37,56	36,23	35,14
	Usulan	40,24	40,45	38,75	37,49	36,17
Hand	GDE	35,58	34,45	33,68	32,9	32,06
	Usulan	39,13	36,18	35,26	34,14	33,25
Head	GDE	34,11	33,32	32,62	32,23	32,14
	Usulan	35,64	35,4	34,38	33,62	33,29
Leg	GDE	38,62	37,09	35,63	34,68	33,84
	Usulan	40,06	38,21	36,73	35,89	34,98



Gambar. 3. PSNR dengan Penyisipan Data Kurang dari Sama dengan 100 kb

yang lebih baik dibandingkan dengan metode GDE seperti tampak pada Tabel III. Peningkatan nilai PSNR yang tertinggi adalah sebesar 3,55 dB yang terjadi ketika menggunakan citra Hand dengan ukuran blok 2x2. Nilai PSNR yang mengalami penurunan hanya terjadi pada citra Chest dengan ukuran blok 2x2 sebesar 0,66 dB. Berbeda dengan kapasitas penyisipan, nilai PSNR berbanding terbalik dengan ukuran blok, dimana nilai PSNR akan mengalami penurunan jika ukuran blok diperbesar. Begitu juga dengan sebaliknya, nilai PSNR akan meningkat ketika ukuran blok piksel yang digunakan diperkecil. Hal ini terjadi sebagai dampak dari meningkatnya kapasitas.

Untuk mengetahui sejauh mana peningkatan performa dari metode yang diusulkan, kami juga menyisipkan data dengan ukuran 25, 50, dan 100 kb. Rata-rata PSNR yang dihasilkan oleh metode yang diusulkan masih menunjukkan trend yang sama dengan percobaan sebelumnya, dimana metode yang diusulkan mampu memberikan nilai PSNR yang lebih tinggi dibanding metode GDE. Metode yang diusulkan mampu memberikan peningkatan nilai PSNR sebesar 2 dB untuk masing-masing penyisipan sesuai pada Gambar 3. Seperti pada penjelasan sebelumnya, Gambar 3 juga menunjukkan bahwa kapasitas penyisipan yang meningkat akan mengakibatkan penurunan pada nilai PSNR yang dihasilkan.

V. KESIMPULAN

Pada penelitian ini, kami mengusulkan metode *reversible data hiding* berbasis DE dengan base point median piksel. Pada usulan metode ini, langkah-langkah penyisipan dilakukan seperti pada GDE. Namun, selisih piksel pada metode ini direduksi terlebih dahulu sebelum proses penyisipan data dilakukan. Hasil uji coba menunjukkan bahwa metode yang diusulkan mampu meningkatkan nilai PSNR hingga 3,55 dB dengan rata-rata PSNR sebesar 36,25 dB. Selain itu, kapasitas penyisipan juga meningkat hingga 1542 bit dengan rata-rata kapasitas penyisipan sebesar 226 kb. Ukuran blok yang digunakan juga berdampak pada kapasitas dan nilai PSNR yang dihasilkan. Ukuran blok yang diperbesar menghasilkan kapasitas yang besar pula, namun mengakibatkan penurunan pada nilai PSNR.

DAFTAR PUSTAKA

[1] Jun Tian, "Reversible data embedding using a difference expansion," *IEEE Trans. Circuits Syst. Video Techn.* 13.8, hal. 890-896, 2003.
 [2] Diljith M Thodi dan Jeffrey J. Rodriguez, "Expansion embedding techniques for reversible watermarking," *Image Processing, IEEE Transactions on* 16.3, hal. 721-730, 2007.

- [3] Adnan M Alattar, "Reversible watermark using difference expansion of triplets," in *Image Processing, 2003. ICIP 2003. Proceedings. 2003 International Conference on. Vol. 1. IEEE*, 2003, hal. I-501.
- [4] Adnan M Alattar, "Reversible watermark using difference expansion of quads," in *Acoustics, Speech, and Signal Processing, 2004. Proceedings.(ICASSP'04). IEEE International Conference*, 2004, hal. III-377.
- [5] Adnan M. Alattar, "Reversible watermark using the difference expansion of a generalized integer transform," *Image Processing, IEEE Transactions on* 13.8, hal. 1147-1156., 2004b.
- [6] Ahmed Al-Jaber dan Mohammad K. Yaqub, "Reversible Watermarking Using Modified Difference Expansion," *International Journal of Computing & Information Sciences* 4.3, hal. 134-142, 2006.
- [7] Ju-Yuan Hsiao, Ke-Fan Chan, dan J. Morris Chang, "Block-based reversible data embedding," in *Signal Processing* 89 , 2009, hal. 556-569.
- [8] Der-Chyuan Lou, Ming-Chiang Hu, dan Jiang-Lung Liu, "Multiple layer data hiding scheme for medical images," *Computer Standards & Interfaces* 31, hal. 329 –335, 2009.
- [9] Tohari Ahmad dan Muhammad Holil, "Increasing the Performance of Difference Expansion-based Steganography for Securing Medical Data," [unpublished].
- [10] Tohari Ahmad, Muhammad Holil, Waskitho Wibisono, dan Royyana Muslim Ijtihadi, "An Improved Quad and RDE-based Medical Data Hiding Method," in *CYBERNETICSCOM 2013*, 2013, hal. 141-145.
- [11] (2013, September) Partners Infectious Disease Images, Emicrobes Digital Library. [Online]. Tersedia: <http://www.idimages.org/images/browse/ImageTechnique/>