

PEMOSAIKAN PADA CITRA-CITRA DENGAN TINGKAT KECERAHAN, KONTRAS, JENIS DERAU, DAN/ATAU TINGKAT DERAU BERBEDA

R. Rizal Isnanto, Achmad Hidayatno, Wahyu Nugroho Santoso
Signal and Image Processing Research Group
Jurusan Teknik Elektro, Universitas Diponegoro
Telp/Fax: (024)7460057; HP: 08122731568
e-mail: rizal_isnanto@yahoo.com

ABSTRAK

Dari proses pemosaikan citra yang dilakukan dapat disimpulkan beberapa hal, yaitu: algoritma yang dipakai dalam program ini telah berhasil mengolah deretan citra aras keabuan menjadi sebuah mosaik citra, dengan nilai galat registrasi yang kecil; keberhasilan proses pemosaikan citra ini bergantung pada ketepatan dan ketelitian penempatan titik-titik yang bersesuaian pada pasangan deretan citra yang dilakukan oleh pengguna; dan kualitas citra dari deretan citra aras keabuan yang akan diolah menjadi mosaik citra juga sangat berperan terhadap keberhasilan proses pemosaikan citra ini. Pemosaikan citra yang dilakukan dengan perubahan tingkat kecerahan, kontras, jenis derau maupun tingkat derau pada citra bukan-referensi, dan dilakukan pada batas lambda tertentu akan cenderung menaikkan jumlah iterasi maupun galat registrasinya, sehingga perlu dilakukan pengaturan intensitas (intensity adjustment) maupun penghapusan derau terlebih dahulu.

Kata-kunci: pemosaikan citra, tingkat kecerahan, kontras, derau, galat registrasi.

ABSTRACT

From image mosaicing process which had been done, it could be concluded some results: the algorithm used in this program had been achieved a good conversion of image sequences to be an image mosaic, with a small registration error value; the success of the image mosaicing process results depends on accuracy of locating the correspondence points in pair of images sequence held by users; and image quality factor of grey-leveled images sequence which would be processed to be an image mosaic also has a great role in the success of the image mosaicing process. Image mosaicing which had been done using the changes in intensity levels, contrast levels, noise models or noise levels on non-reference images, and had been done in certain lambda limits will tend to increase the number of iteration and its registration errors, so that it needs to provide an intensity adjustment or noise removal process first.

Keywords: image mosaicing, intensity level, contrast, noise, registration error.

I. PENDAHULUAN

Pemosaikan citra adalah penyusunan beberapa potongan citra menjadi citra beresolusi tinggi (mosaik citra) yang memproyeksikan benda 3D menjadi citra yang memberikan persepsi 2D sebagai hasil proyeksi.

Untuk pemosaikan atas subcitra-subcitra seragam (tingkat kecerahan, kontras, dan tingkat/jenis derau yang sama) akan lebih mudah dibandingkan jika subcitra-subcitra tersebut memiliki variabilitas yang tinggi, dalam artian permasalahan menjadi lebih kompleks jika parameter-parameter tingkat kecerahan, tingkat derau (dapat berupa intensitas, rerata, ataupun varians derau), dan jenis derau ikut dipertimbangkan. Oleh sebab itu penelitian ini dipandang penting, karena dalam dunia nyata, akuisisi data citra satelit ataupun akuisisi atas objek citra yang memiliki luas yang lebih besar daripada media penangkap citra, dapat dilakukan beberapa kali dengan suatu pergeseran bidang pandang/sudut citra, yang boleh-jadi diambil pada kondisi kecerahan, keteduhan, ataupun cuaca yang berbeda-beda, sehingga tingkat kecerahan (*brightness*), kontras, jenis derau

(atmosferik maupun geometrik), dan/atau tingkat derau masing-masing citra yang akan dimosaikkan memiliki variabilitas yang tinggi.

II. MOSAIK CITRA

Contoh sederhana menyusun kumpulan citra menjadi mosaik citra adalah dengan menggunakan citra planar adalah citra dokumen-dokumen, meja atau papan tulis. Misalkan kamera diarahkan tetap di atas meja. Dengan menarik dokumen pada meja bersamaan dengan kamera menangkap citra, maka bagian yang berbeda dari dokumen akan tertangkap oleh kamera. Setidaknya terdapat dua citra hasil kamera yang berhubungan satu sama lain dengan menggunakan pergeseran dan perputaran (transformasi *rigid*).

Contoh yang lain adalah kamera menangkap citra dari bagian-bagian papan tulis. Transformasi proyektif 2D digunakan untuk menghubungkan citra bagian-bagian dari papan tulis. Transformasi tersebut dapat dihitung tanpa mengetahui parameter kalibrasi dalam kamera, seperti panjang fokus dan pusat optik, atau gerakan relatif

kamera antar tiap bingkai (*frame*). Transformasi proyektif 2D dapat menangkap semua kemungkinan pemetaan (*mapping*), setidaknya untuk kamera ideal, merupakan hasil dasar dari geometri proyektif.

Beberapa teknik digunakan dalam menghitung transformasi yang berhubungan dengan penggabungan beberapa potongan citra menjadi citra yang utuh. Misalnya, penggabungan secara manual ditentukan 4 (empat) atau lebih titik yang bersesuaian antara dua potongan citra, yang cukup informasinya sehingga transformasi proyektif 2D dapat terselesaikan. Penggabungan dapat pula secara iterasi diatur posisi relatif dari citra masukan menggunakan komparator kedip (*blink comparator*), yang mempertukarkan antara dua citra dalam kecepatan tinggi, atau dengan transparansi.

Dasar dari mosaik citra adalah transformasi geometri yang menghubungkan citra dengan mosaiknya. Dalam hal ini, digunakan koordinat homogen untuk mewakili titik-titik yang merupakan titik-titik 2D (dua dimensi) pada citra planar, dinyatakan sebagai (x, y, w) . Koordinat kartesian yang bersesuaian adalah $(x/w, y/w)$. Begitu pula untuk titik-titik 3D (tiga dimensi) dengan koordinat homogen (x, y, z, w) mempunyai koordinat kartesian $(x/w, y/w, z/w)$.

Menggunakan koordinat homogen, transformasi proyektif planar 2D dapat digambarkan menggunakan perkalian matriks

$$\begin{bmatrix} x' \\ y' \\ w' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} m_0 & m_1 & m_2 \\ m_3 & m_4 & m_5 \\ m_6 & m_7 & m_8 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} x \\ y \\ w \end{bmatrix} \text{ atau } u' = M \cdot u$$

Transformasi sederhana dari golongan ini adalah pergeseran murni, yang dilanjutkan dengan pergeseran dan perputaran (transformasi *rigid/rigid transformation*), ditambah penyekalaan (transformasi kesamaan/*similarity transformation*), transformasi *affine* (*affine transformation*) dan transformasi proyektif penuh. Bentuk matriks untuk transformasi *rigid*, *affine* dan proyektif adalah

$$M_{\text{rigid-2D}} = \begin{bmatrix} \cos \theta & -\sin \theta & t_x \\ \sin \theta & \cos \theta & t_y \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$M_{\text{affine-2D}} = \begin{bmatrix} m_0 & m_1 & m_2 \\ m_3 & m_4 & m_5 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$M_{\text{proyektif-2D}} = \begin{bmatrix} m_0 & m_1 & m_2 \\ m_3 & m_4 & m_5 \\ m_6 & m_7 & 1 \end{bmatrix}$$

dengan 3 tingkat kebebasan (θ, t_x, t_y) untuk transformasi *rigid* dan 6 tingkat kebebasan $(m_0, m_1, m_2, m_3, m_4, m_5)$ untuk transformasi *affine*, sedangkan transformasi proyektif penuh mempunyai matriks M yang umum dengan 8 tingkat kebebasan $(m_0, m_1, m_2, m_3, m_4, m_5, m_6, m_7)$.

Dua matriks M ekiva-len jika saling bersesuaian secara skalar satu sama lain. Kemubaziran dihilangkan dengan menentukan $m_8 = 1$.



Gambar 1 Segi empat dengan transformasi *rigid*, transformasi *affine* dan transformasi proyektifnya.

Gambar 1 menunjukkan contoh transformasi *rigid*, transformasi *affine* dan transformasi proyektif atas suatu bidang segi empat.

III. REGISTRASI CITRA LOKAL

Pendekatan yang digunakan adalah meminimumkan secara langsung ketidaksesuaian intensitas antara pasangan citra setelah menerapkan transformasi. Keuntungan yang diperoleh dengan cara ini adalah tidak diperlukan titik-titik ciri yang mudah diidentifikasi dan optimal secara statistik, dan memberikan estimasi kemungkinan maksimum pada saat berada di sekitar solusi yang sebenarnya. Transformasi 2D dapat ditulis sebagai berikut.

$$x' = \frac{m_0 x + m_1 y + m_2}{m_6 x + m_7 y + 1}$$

$$y' = \frac{m_3 x + m_4 y + m_5}{m_6 x + m_7 y + 1}$$

Teknik yang digunakan sebelumnya dapat mengurangi jumlah kuadrat dari galat intensitas

$$E = \sum [I'(x', y') - I(x, y)]^2 = \sum e^2$$

terhadap semua pasangan bersesuaian dari piksel i dalam kedua citra $I(x, y)$ dan $I'(x', y')$. Piksel-piksel yang dipe-takan di luar batas-batas citra tidak ditambahkan. Secara umum (x', y') tidak jatuh pada bilangan bulat koordinat piksel, sehingga digunakan interpolasi bilinear dari intensitas pada I' untuk melakukan pencuplikan ulang.

Untuk mewujudkan minimalisasi, digunakan algoritma minimalisasi iterasi nonlinear Levenberg-Marquardt. Algoritma tersebut memerlukan perhitungan turunan parsial dari e_i terhadap parameter gerakan yang tidak diketahui $\{m_0 \dots m_7\}$.

$$\frac{\partial e}{\partial m_0} = \frac{x}{D} \frac{\partial I'}{\partial x'}, \dots, \frac{\partial e}{\partial m_7} = -\frac{y}{D} \left(x' \frac{\partial I'}{\partial x'} + y' \frac{\partial I'}{\partial y'} \right)$$

dengan $D_i = m_6 x + m_7 y + 1$ dan $\left(\frac{\partial I'}{\partial x'}, \frac{\partial I'}{\partial y'} \right)$ merupakan

gradien intensitas citra dari I' pada (x', y') . Dari turunan parsial yang didapat, algoritma Levenberg-Marquardt menghitung pendekatan matriks Hessian A dan vektor gradien bobot b dengan komponen-komponen

$$a_{kl} = \sum \frac{\partial e}{\partial m_k} \frac{\partial e}{\partial m_l}$$

$$b_k = - \sum e \frac{\partial e}{\partial m_k}$$

dan selanjutnya memperbaharui estimasi parameter gerakan m dengan $\Delta m = (A + \lambda I)^{-1} b$, dengan λ merupakan parameter stabilisasi yang berubah terhadap waktu (*time-varying*). Keuntungan penggunaan algoritma Levenberg-Marquardt terhadap penurunan gradien adalah terjadinya konvergensi/pemusatan dalam iterasi yang lebih sedikit.

Setelah mendapatkan transformasi terbaik M , dapat dicampurkan citra cuplikan ulang (*resampled images*) $I'(x', y')$ bersama dengan citra referensi $I(x, y)$. Untuk mengurangi artifak yang terlihat, yaitu menyembunyikan batas/tepi (*edges*) dari citra, digunakan rata-rata bobot piksel-piksel yang terdekat dari pusat tiap citra. Fungsi pembobotan merupakan fungsi bilinear sederhana

$$w(x', y') = w_t(x') w_l(y')$$

dengan w_t merupakan fungsi segitiga yang bernilai nol pada semua tepi citra. Pendekatan ini melenyapkan artifak tepi, meskipun masih terdapat “corengan” (*mottling*) frekuensi rendah jika tiap bingkai/potongan citra mempunyai pencahayaan yang berbeda.

IV. MODEL-MODEL DERAU

Terdapat tiga model derau yang umum, yaitu: derau *salt-and-pepper*, derau aditif Gaussian, dan derau multiplikatif *speckle*.

A. Derau *salt-and-pepper*

Tipe derau ini biasanya nampak selama transmisi citra [5]. Ia nampak sebagai impuls-impuls hitam dan/atau putih atas citra. Ia merupakan derau impulsif dan sumbernya bisa dari atmosferik ataupun buatan-manusia (misalnya: asap dari mesin mobil). Derau impulsif atau derau *salt-and-pepper* dapat terjadi karena galat bit acak pada saluran komunikasi [4]. Derau *salt-and-pepper* dapat dimodelkan sebagai

$$g(i, j) = \begin{cases} z(i, j) & \text{dengan peluang } p \\ f(i, j) & \text{dengan peluang } 1 - p \end{cases} \quad (1)$$

dengan $g(i, j)$ merupakan citra terobservasi atas citra asli $f(i, j)$, dan $z(i, j)$ merupakan derau impulsifnya.

B. Derau aditif Gaussian

Derau aditif Gaussian menambahkan derau putih Gaussian $n(i, j)$ dengan rerata m dan varians v pada citra asli $f(i, j)$ [10]. Contoh dari derau aditif ini adalah derau termal yang dihasilkan oleh pengindera fotoelektronik [2]. Citra berderau aditif dapat dinyatakan sebagai

$$g(i, j) = f(i, j) + n(i, j) \quad (2)$$

C. Derau multiplikatif *speckle*

Jika radiasi monokromatis disebarkan pada permukaan dengan kekasaran sesuai dengan panjang

gelombang, interferensi atas gelombang-gelombangnya menghasilkan derau yang dikenal sebagai *speckle* [2].

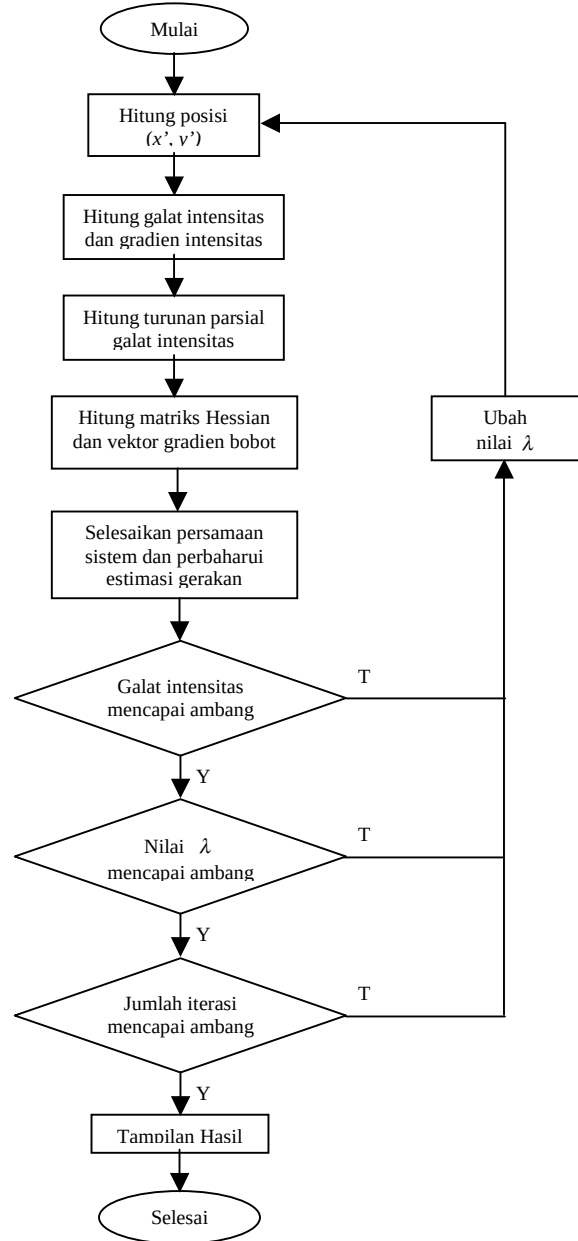
Derau multiplikatif *speckle* bersifat menambahkan derau multiplikatif pada citra $f(i, j)$, menggunakan persamaan

$$g(i, j) = f(i, j) + n(i, j) f(i, j) \quad (3)$$

dengan $n(i, j)$ merupakan derau acak terdistribusi seragam dengan rerata 0 dan varians v [10].

V. PERANCANGAN PROGRAM

Perancangan program pemosaikan citra planar yang dilakukan menggunakan diagram alir seperti ditunjukkan pada Gambar 2.



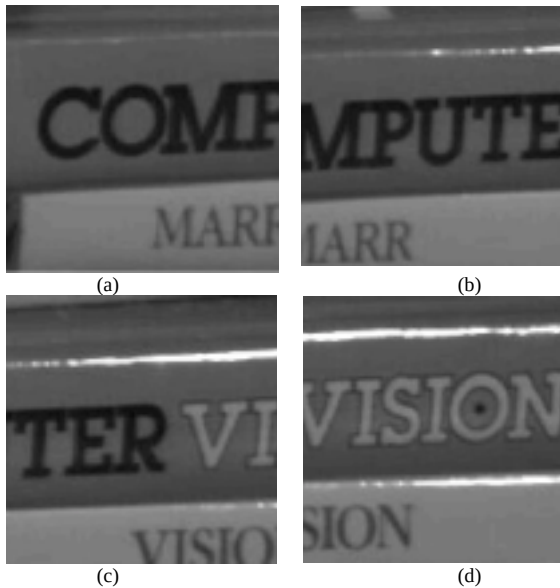
Gambar 2 Diagram alir pemosaikan citra planar.

VI. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Penelitian

Program pemosaikan citra planar dimulai dengan memanggil deretan citra aras keabuan. Setelah citra yang dikehendaki dipilih, maka akan ditampilkan pada 2 (dua) citra bagian atas jendela utama program. Pada program ini diolah 4 (empat) bingkai citra aras keabuan yang disusun menjadi mosaik citra, sebagai contoh pertama adalah citra buku (*books*), seperti tampak pada gambar 3.

Selanjutnya pengguna menentukan 4 (empat) titik bersesuaian antara kedua bingkai deretan citra aras keabuan secara manual dengan mengklik *mouse* pada kedua bingkai citra aras keabuan tersebut ataupun dengan memanggil titik-titik bersesuaian yang telah disimpan sebelumnya.



Gambar 3 (a) Citra buku bingkai 1, (b) Citra buku bingkai 2, (c) Citra buku bingkai 3, dan (d) Citra buku bingkai 4.

Secara keseluruhan diperoleh citra mosaik buku seperti tampak pada gambar 4. Statistik keseluruhan dari pemosaikan citra buku ditunjukkan pada tabel 1.



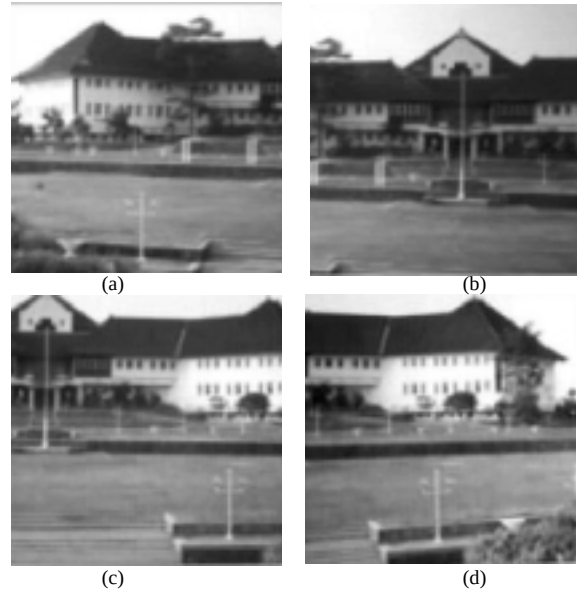
Gambar 4 Citra mosaik buku

Tabel 1 Statistik Pemosaikan Citra Buku [7]

Bingkai	Waktu Komputasi	Iterasi	Galat Registrasi	Lambda
1 dan 2	0,86 detik	2	0,81141	10^{-6}
2 dan 3	1,547 detik	5	1,3902	10^{-9}
3 dan 4	1,031 detik	2	0,92127	10^{-6}

Sebagai contoh kedua, pada program ini akan diolah 4 (empat) bingkai citra Gedung Widya Puraya yang disusun menjadi mosaik citra, seperti tampak pada gambar 5. Selanjutnya pengguna menentukan 4 (empat) titik bersesuaian antara kedua bingkai deretan citra aras

keabuan secara manual dengan mengklik *mouse* pada kedua bingkai citra aras keabuan tersebut ataupun dengan memanggil titik-titik bersesuaian yang telah disimpan sebelumnya.



Gambar 5 (a) Citra Gedung Widya Puraya bingkai 1, (b) Citra Gedung Widya Puraya bingkai 2, (c) Citra Gedung Widya Puraya bingkai 3, dan (d) Citra Gedung Widya Puraya bingkai 4.

Secara keseluruhan diperoleh citra mosaik Gedung Widya Puraya seperti tampak pada gambar 6. Statistik keseluruhan dari pemosaikan citra Gedung Widya Puraya ditunjukkan pada tabel 2.



Gambar 6 Citra mosaik Gedung Widya Puraya

Tabel 2 Statistik Pemosaikan Citra Gedung Widya Puraya [7]

Bingkai	Waktu Komputasi	Iterasi	Galat Registrasi	Lambda
1 dan 2	1,86 detik	5	1,806	10^{-9}
2 dan 3	1,593 detik	5	87,5351	10^{-9}
3 dan 4	1,687 detik	5	42,2747	10^{-9}

B. Pembahasan

Statistik pemosaikan citra planar buku secara keseluruhan dapat dilihat pada tabel 1, yang secara garis besar dapat disimpulkan sebagai berikut.

- Proses pemosaikan pada pasangan citra buku bingkai 1 dan 2 berhenti karena telah mendekati batas galat registrasi sebesar 1, meskipun nilai galat registrasinya sebesar 0,81141. Dalam hal ini terdapat pembulatan nilai ke atas.

- b. Proses pemosaikan pada pasangan citra buku bingkai 2 dan 3 berhenti karena telah mencapai batas lambda sebesar 10^{-9} .
- c. Proses pemosaikan pada pasangan citra buku bingkai 3 dan 4 berhenti karena telah mendekati batas galat registrasi sebesar 1, meskipun nilai galat registrasinya sebesar 0,92127. Dalam hal ini terdapat pembulatan nilai ke atas.

Statistik pemosaikan citra planar Gedung Widya Puraya secara keseluruhan dapat dilihat pada tabel 2, yang secara garis besar dapat disimpulkan sebagai berikut.

- a. Proses pemosaikan pada pasangan citra buku bingkai 1 dan 2 berhenti karena telah mencapai batas lambda sebesar 10^{-9} .
- b. Proses pemosaikan pada pasangan citra buku bingkai 2 dan 3 berhenti karena telah mencapai batas lambda sebesar 10^{-9} .
- c. Proses pemosaikan pada pasangan citra buku bingkai 3 dan 4 berhenti karena telah mencapai batas lambda sebesar 10^{-9} .

Pada proses pemosaikan citra buku dan Gedung Widya Puraya, tampak bahwa keberhasilan dalam proses ini sangat bergantung pada ketepatan dan ketelitian penempatan titik-titik yang bersesuaian oleh pengguna. Semakin tepat dan teliti titik-titik yang ditentukan oleh pengguna, maka semakin tinggi keberhasilan proses pemosaikan ini yang ditandai dengan nilai galat registrasi yang kecil. Hal lain yang berpengaruh terhadap proses pemosaikan citra planar ini adalah kualitas pasangan deretan citra yang diolah. Kualitas citra dalam hal ini dapat berupa tingkat kecerahan, tingkat kekontrasan serta adanya derau pada citra. Oleh karena itu pada program ini juga disimulasikan proses pemosaikan terhadap pasangan deretan citra yang telah mengalami perubahan tingkat kecerahan, tingkat kontras, dan penambahan berbagai jenis derau.

Statistik pemosaikan terhadap pasangan deretan citra bingkai 1 dan 2 atas citra buku yang telah mengalami perubahan kualitas citra, berupa perubahan tingkat kecerahan, tingkat kontras, dan penambahan berbagai jenis derau, ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3 Statistik Pemosaikan Citra dengan Berbagai Perubahan Kualitas Citra [7]

Perubahan Kualitas Citra	Iterasi	Galat Registrasi	Lambda
Penambahan derau <i>salt-and-pepper</i> (rapat derau 0,05)	7	34,0982	10^{-9}
Penambahan derau Gaussian (rerata 0 dan varians 0,01)	5	27,9972	10^{-9}
Penambahan derau <i>speckle</i> (varians 0,04)	9	14,9895	10^{-9}
Penambahan derau <i>salt-and-pepper</i> (rapat 0,05), Gaussian (rerata 0, varians 0,01), dan <i>speckle</i> (varians 0,04)	5	72,0926	10^{-9}
Kenaikan tingkat kecerahan (sebesar 10%)	5	11,2282	10^{-9}
Kenaikan tingkat kontras (sebesar 10%)	5	17,5098	10^{-9}
Kenaikan tingkat kecerahan 10%, kontras 10% dan penambahan derau <i>salt-and-pepper</i> (rapat 0,05)	5	49,3964	10^{-9}
Kenaikan tingkat kecerahan 10%, kontras 10%, dan penambahan derau Gaussian (rerata 0, varians 0,01)	5	26,8593	10^{-9}
Kenaikan tingkat kecerahan 10%, kontras 10%, dan penambahan derau <i>speckle</i> (varians 0,04)	5	13,8758	10^{-9}

Dibandingkan dengan Tabel 1, terlihat bahwa untuk semua nilai galat registrasi mengalami kenaikan yang cukup signifikan, dari 0,81141 untuk nilai lambda 10^{-6} menjadi nilai galat berorde puluhan.

Pada tabel 3 tampak bahwa semua proses pemosaikan citra dengan berbagai perubahan kualitas citra berhenti karena nilai batas lambda sebesar 10^{-9} telah dicapai. Dari statistik tersebut dapat terlihat keandalan dari algoritma yang dipakai dalam proses pemosaikan citra planar ini terhadap berbagai perubahan kualitas

citra, baik itu peningkatan kecerahan dan kontras citra maupun penambahan berbagai jenis derau.

Untuk mengatasi kondisi ini (citra bukan-acuan memiliki cacat karena beda kecerahan, kontras, ataupun derau dibanding acuannya), maka perlu dilakukan hal-hal sebagai berikut.

1. Untuk citra yang cenderung lebih gelap (histogram cenderung berpuncak di sebelah kiri) ataupun yang cenderung lebih terang (histogram cenderung berpuncak di sebelah kanan) dibandingkan citra acuannya, perlu dilakukan pengaturan intensitas,

- pergeseran histogram, dan/atau ekualisasi histogram [1].
2. Pada citra berderau *salt-and-pepper* perlu dilakukan penghapusan derau dengan penerapan tapis median [1].
 3. Pada citra berderau aditif Gaussian perlu dilakukan penghapusan derau dengan penerapan tapis Wiener [1].
 4. Pada citra berderau multiplikatif *speckle* perlu dilakukan penghapusan derau dengan penerapan tapis homomorfik [1].
 5. Pada citra-citra yang mengalami cacat gabungan antara nomor 1 sampai dengan nomor 4, perlu diberikan perlakuan gabungan pula sesuai dengan kondisi yang ada. Misalkan citra tersebut mengalami peningkatan kecerahan dan berderau *salt-and-pepper*, maka pada citra tersebut perlu dilakukan pengaturan intensitas dan penerapan tapis median.
 6. Pada citra yang mengalami dampak keteduhan, perlu dilakukan koreksi gamma [1] terlebih dahulu atas citra sebelum dimosaikkan dengan citra acuannya.
8. Schalkoff, R.J., 1994, **Digital Image Processing and Computer Vision**, Clemson University, South Carolina.
 9. Szeliski, R., **Video Mosaics for Virtual Environments**, IEEE Computer Graphics and Applications IEEE Vol. 16, No. 2: March 1996, pp. 22-30.
 10. ---, 2000, **Image Processing Toolbox User's Guide**, version 2, The MathWorks, Inc., Natick, MA.

VII. KESIMPULAN

1. Keberhasilan proses pemosaikan citra planar ini bergantung pada ketepatan dan ketelitian penempatan titik-titik yang bersesuaian pada pasangan deretan citra yang dilakukan oleh pengguna, serta kualitas citra dari deretan citra aras keabuan yang akan diolah menjadi mosaik citra.
2. Algoritma yang dipakai dalam proses pemosaikan citra planar ini juga mempunyai keandalan terhadap berbagai perubahan kualitas citra, baik itu peningkatan kecerahan dan kontras citra maupun penambahan berbagai jenis derau.
3. Untuk citra-citra yang memiliki perbedaan kecerahan, kontras, dan/atau berderau, maka padanya perlu dilakukan proses-proses prapengolahan, seperti pengaturan intensitas, koreksi gamma, ataupun penghapusan derau sebelum dilakukan proses pemosaikan.

DAFTAR PUSTAKA

1. Isnanto, R.R., 2002, **Identifikasi Kerusakan Tulang Menggunakan Analisis Citra Foto Sinar-X**, tesis S-2, Program Pascasarjana, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
2. Jain, A. K., 1995, **Fundamental of Digital Image Processing**, Prentice-Hall Inc., New Delhi.
3. Levy, Silvio, **CRC Standard Mathematical Tables and Formulas**, 30th Edition, <http://www.geom.uiuc.edu/docs/reference/CRC-formulas>, May 18, 2003.
4. Lim, J.S., 1990, **Two Dimensional Signal and Image Processing**, Prentice-Hall, Inc., New Jersey.
5. Pitas, I., 1993, **Digital Image Processing Algorithms**, Prentice-Hall International, New York.
6. Russ, J.C., 1995, **The Image Processing Handbook**, 2nd Edition, CRC Press Inc., Florida.
7. Santoso, W.N., 2003, **Pemosaikan Citra Planar Menggunakan Metode Transformasi Geometri dan**