

FUSI CITRA DENGAN SCALE INVARIANT FEATURE TRANSFORM (SIFT) SEBAGAI REGISTRASI CITRA

Irma Wulandari
Politeknik Elektronika Negeri Surabaya,
Jl. Raya ITS, Kampus PENS Sukolilo
irma@pens.ac.ac.id

Abstrak

Fusi citra adalah proses menggabungkan dua atau lebih citra ke dalam satu citra, dengan mempertahankan fitur penting dari masing-masing gambar. Fusi citra adalah salah satu cara untuk menyelesaikan masalah gambar yang tidak fokus hasil dari penggunaan kamera non-profesional. Fusi citra juga dapat digunakan dalam penginderaan jauh, pengamatan, dan aplikasi medis. Dalam penelitian ini, diusulkan teknik fusi citra baru dengan menggunakan SIFT (Scale Invariant Feature Transform) sebagai registrasi citra. Prosedur fusi dilakukan dengan mencocokkan fitur gambar SIFT menggunakan RANSAC dan kemudian menggabungkan dua citra dengan aturan rata-rata piksel. Langkah terakhir membandingkan hasil fusi citra menggunakan Q_{ABF} , intensitas rata-rata piksel dan standard deviasi. Hasil eksperimental menunjukkan bahwa metode yang diusulkan mengungguli teknik fusi konvensional, terutama untuk citra yang mengalami translasi atau rotasi.

Kata Kunci: Fusi citra, SIFT (Scale Invariant Feature Transform), Registrasi citra

Abstract

Image fusion is the process of combining two or more images into a single image, which retains important features from each. Image fusion is one way to resolve the problem of un-focused images produced by non-professional camera users. Image fusion also can be use in remote sensing, surveillance and medical application. In this research, a new image fusion technique for multi-focus images based on the SIFT (Scale Invariant Feature Transform) is proposed. The fusion procedure is performed by matching the image features of SIFT using RANSAC and then fusing two images by pixel averaging. The last step is comparing fused images using Q_{ABF} , average pixel intensity and standard deviation. Experimental results show that the proposed method outperforms the conventional fusion techniques, especially for images with translation or rotation.

Keywords: Image fusion, SIFT (Scale Invariant Feature Transform), Image registration

PENDAHULUAN

Fusi citra merupakan proses penggabungan dua atau lebih citra menjadi satu citra yang memiliki hasil yang lebih baik, salah satu metode fusi citra dengan Wavelet Diskrit menggunakan PCA dapat memperbaiki dua citra yang sama dengan kerusakan yang berbeda [1]. Pada citra hasil penginderaan

jauh (*remote sensing*) diperlukan perbaikan kualitas citra, untuk itu B. Purba menggunakan metode Contrast Stretching untuk mendapatkan citra baru yang lebih berkualitas [2]. Shutao Li, dkk. memberikan hasil penelitian untuk beberapa metode fusi citra pixel-level pada penginderaan jauh (*remote sensing*), medis, pengamatan dan fotografi [3]. Untuk citra muti-fokus, S. Paul

menggunakan metode fusi citra multi-fokus dan *multi-exposure* menggunakan Haar wavelet [4].

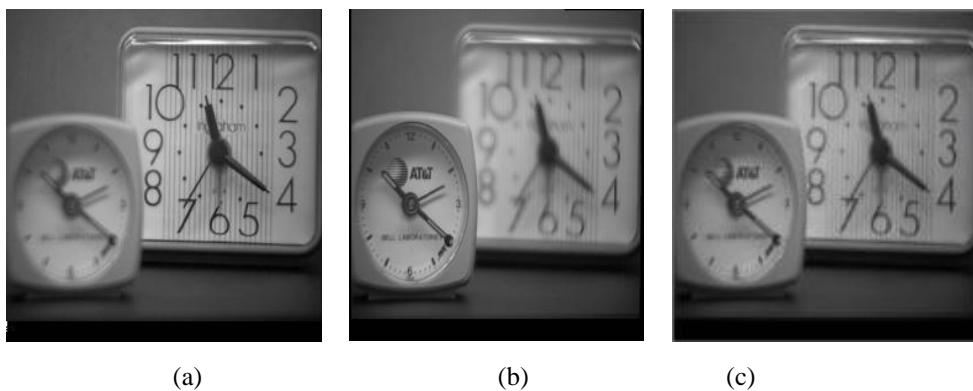
Dalam penelitian ini, kami mempertimbangkan fusi citra dengan multi-fokus seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1. Sebelum citra yang dipilih menyatu, registrasi citra menggunakan SIFT (*Scale Invariant Feature Transform*) diterapkan pada citra. Korespondensi fitur diperkirakan, invarian pertama terhadap kemungkinan deformasi gambar. Perhatikan bahwa deskripsi fitur yang sesuai dari gambar yang menyatu harus sangat mirip. SIFT dipilih karena invariannya untuk rotasi gambar, penskalaan, rotasi maupun translasi [5]. Gambar-gambar menyatu dengan aturan mean-max dari koefisien wavelet. Untuk mengukur kualitas fusi gambar, kami menggunakan Petkovic Metric Parameter $Q^{AB/F}$, yang merupakan indeks pelestarian informasi tepi yang relevan untuk kualitas fusi [6].

METODE PENELITIAN

Metodologi yang digunakan dalam penelitian ini meliputi beberapa tahapan yaitu: registrasi citra, pencocokan citra, fusi citra, transformasi wavelet diskrit (*discrete wavelet transform/dwt*), dan pengukuran kualitas fusi citra.

1. Registrasi Citra

Registrasi citra merupakan proses untuk mendapatkan kesesuaian posisi yang benar dari beberapa gambar pada scene yang sama dengan berbagai kondisi yang berbeda. Kondisi yang berbeda dalam hal pengambilan gambar dapat berupa waktu pengambilan gambar, sudut gambar, alat pengambil gambar atau intensitas cahaya. Pada penelitian, digunakan SIFT (*Scale Invariant Feature Transform*) sebagai registrasi citra. SIFT mendeskripsikan sebuah gambar dengan menemukan titik-titik (disebut juga *keypoint*) yang menonjol dari gambar, berikut langkah-langkah untuk menghasilkan fitur SIFT [7]:



Gambar 1. Citra Awal dengan (a) Fokus Kanan, (b) Fokus Kiri, (c) Hasil Fusi

(a) *Scale-space extrema detection*: Tahap pertama dari pencarian adalah mencari semua skala dan lokasi citra. Ini diimplementasikan secara efisien dengan menggunakan fungsi Difference-of-Gaussian untuk mengidentifikasi interest point potensial yang tidak berubah terhadap skala dan orientasi. (b) *Keypoint localization*: Di setiap lokasi kandidat, model terperinci dicocokkan untuk menentukan lokasi dan skala. *Keypoint* dipilih berdasarkan ukuran kestabilannya. (c) *Removing low contrast features*: Jika besarnya intensitas pada piksel dalam gambar difference-of-Gaussians kurang dari nilai tertentu, maka ditolak. (d) *Orientation assignment*: Satu atau lebih orientasi ditentukan pada setiap lokasi *keypoint* berdasarkan arah gradien citra asal. (e) *Keypoint descriptor*: Gradien citra asal dihitung pada skala tertentu di area sekitar setiap *keypoint*.

2. Pencocokan Citra

Pencocokan citra menjadi bagian dasar dari beberapa permasalahan pada computer vision, termasuk pengenalan objek, menyelesaikan bentuk 3D dari beberapa citra dan pelacakan pergerakan. Fiturinya invariant pada citra yang di skala dan di rotasi, dan invariantnya bersifat sebagian untuk perubahan pada pencahayaan dan sudut pandang pada kamera 3D.

Kemampuan untuk mencocokkan secara efisien *keypoint* SIFT dari citra asal dengan citra lain atau dari basis data *keypoint*

adalah hal yang mendasar. *Keypoint* SIFT dan fitur citra lainnya biasanya digunakan untuk menghitung transformasi - matriks dasar atau homograf planar, misalnya - di antara citra. Secara khusus, fitur citra dicocokkan antara citra, pencocokan yang dibentuk dapat digunakan secara analitik untuk menghitung transformasi yang diinginkan.

Algoritma RANSAC [8] banyak digunakan untuk melakukan perhitungan tersebut dengan kemungkinan adanya kecocokan fitur *outlier*. RANSAC (Random Sample Consensus) telah populer pada permasalahan regresi dengan sampel yang memiliki dengan *outlier*. RANSAC mampu menafsirkan atau menghaluskan data yang mengandung persentase kesalahan kotor [8].

3. Fusi Citra

Misalkan $I_1(x, y)$ dan $I_2(x, y)$ adalah dua gambar input yang diperoleh dengan teknik yang berbeda. Diasumsikan bahwa mereka selaras dalam semua aspek dan siap untuk menyatu. Selanjutnya, asumsikan bahwa $I_f(x, y)$ adalah gambar output. Proses pencampuran $I_1(x, y)$ dan $I_2(x, y)$ menjadi $I_f(x, y)$ disebut citra fusi [9].

Dalam penggabungan level pixel, ada dua metodologi utama yaitu, dekomposisi non-multiskala dan multiskala. Dalam dekomposisi non-multiskala, gambar input $I_1(x, y)$ dan $I_2(x, y)$ digabungkan dalam suatu fungsi untuk membuat gambar keluaran yang menyatu Jika (x, y) . Tidak ada transformasi domain yang melintasi dalam seluruh proses.

Jika fungsi f adalah operator fusi, maka jika (x, y) ditulis dapat dilihat pada Persamaan 1.

$$I_f(x, y) = f(I_1(x, y), I_2(x, y)) \quad (1)$$

Metode *Pixel Averaging* berlaku untuk fusi tingkat piksel domain waktu serta mengubah fusi tingkat piksel domain. Idennya pada dasarnya adalah untuk menghitung rata-rata (tertimbang) dari input dan mencerminkan hasilnya secara langsung ke output. Metode-metode ini bekerja dengan menggabungkan nilai-nilai piksel dari dua atau lebih gambar yang akan menyatu secara linear atau non-linear [10].

Ekspresi matematika untuk rata-rata tingkat piksel menggunakan Persamaan 2.

$$I_F = \frac{(c_0 \cdot I_1) + (c_1 \cdot I_2)}{c_0 + c_1} \quad (2)$$

dimana c_0 dan c_1 adalah bobot yang bebas piksel. Kemudian output menyatu untuk gambar I_1 dan I_2 .

4. Transformasi Wavelet Diskrit (Discrete Wavelet Transform/DWT)

Metode wavelet merupakan salah satu cara untuk mendekomposisi citra, pada Gambar 2 merupakan contoh transformasi wavelet 3 level.

5. Pengukuran Kualitas Fusi Citra

Kerangka kerja $Q^{AB/F}$ ialah mengaitkan informasi visual penting dengan informasi gradien dan menilai fusi dengan mengevaluasi keberhasilan transfer informasi gradien dari input ke citra fusi.



Gambar 2. Tranformasi Wavelet 2 Dimensi untuk 3 Level

Algoritma fusion yang mentransfer lebih banyak informasi gradien input ke dalam fusi citra dengan lebih akurat dikatakan berkinerja lebih baik. Secara khusus, dengan asumsi dua citra input A dan B dan hasil citra fusi yang dihasilkan F, operator tepi Sobel diterapkan untuk menghasilkan informasi kekuatan g dan orientasi α ($\in [0, \pi]$) untuk setiap input dan piksel gambar leburan. Menggunakan parameter ini, kekuatan relatif dan orientasi "perubahan" faktor G dan A, antara setiap input dan gambar yang menyatu, diturunkan Persamaan 3 dan 4.

$$G_{n,m}^{AF} = \left\{ \begin{array}{l} \frac{g_{n,m}^F}{g_{n,m}^A}, \text{ if } g_{n,m}^A > g_{n,m}^F \\ \frac{g_{n,m}^A}{g_{n,m}^F}, \text{ otherwise} \end{array} \right\} \quad (3)$$

$$G_{n,m}^{AF} = 2\pi^{-1} \left| \alpha_{n,m}^A - \alpha_{n,m}^F \right| - \frac{\pi}{2} \quad (4)$$

Faktor-faktor ini adalah dasar dari ukuran untuk menjaga informasi tepi yang diperoleh dengan pemetaan sigmoid faktor kekuatan dan perubahan orientasi. Kuantitas ini memodelkan hilangnya persepsi informasi input dalam gambar yang menyatu dan konstanta Γ , κ_g , σ_g , κ_α , σ_α menentukan bentuk persis dari pemetaan sigmoid (Persamaan 5).

$$Q_{n,m}^{AF} = \left(1 + e^{K_g (G_{n,m}^{AF} - \sigma_g)} \right)^{-1} \quad (5)$$

Kinerja fusi total $Q^{AB/F}$ dievaluasi sebagai jumlah nilai pelestarian informasi tepi tertimbang untuk gambar input Q^{AF} dan Q^{BF} di

mana faktor bobot w^A dan w^B mewakili kepentingan perseptual masing-masing piksel gambar input (Persamaan 6). Kisarannya adalah $0 \leq Q^{AB/F} \leq 1$, di mana 0 berarti kehilangan total informasi input telah terjadi dan $Q^{AB/F} = 1$ menunjukkan "fusi ideal" tanpa kehilangan informasi input. Dalam bentuknya yang paling sederhana, bobot perseptual w^A dan w^B mengambil nilai parameter kekuatan gradien yang sesuai g_A dan g_B .

$$Q_{F}^{AB} = \frac{\sum_{\forall n,m} Q_{n,m}^{AF} w_{n,m}^A + Q_{n,m}^{BF} w_{n,m}^B}{\sum_{\forall n,m} w_{n,m}^A + w_{n,m}^B} \quad (6)$$

Frekuensi spasial mengukur tingkat aktivitas keseluruhan dalam suatu citra. Untuk blok citra F ukuran $M \times N$, dengan nilai abu-abu $F(m, n)$ pada posisi (m, n) , frekuensi spasial didefinisikan pada Persamaan 7.

$$SF = \sqrt{RF^2 + CF^2} \quad (7)$$

Dimana RF dan CF adalah frekuensi baris (Persamaan 8) dan frekuensi kolom (Persamaan 9).

$$RF = \sqrt{\frac{1}{MN} \sum_{m=1}^M \sum_{n=2}^N [F(m, n) - F(m, n-1)]^2} \quad (8)$$

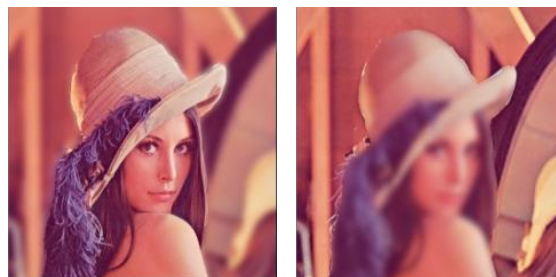
$$CF = \sqrt{\frac{1}{MN} \sum_{n=1}^N \sum_{m=2}^M [F(m, n) - F(m-1, n)]^2} \quad (9)$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada langkah pertama, fitur citra didapatkan dengan SIFT. Langkah selanjutnya pencocokan citra dengan menemukan *keypoint* yang meminimalkan Jarak Euclidean

minimum, dan kemudian, memperkirakan parameter transformasi dengan RANSAC. Dalam penelitian ini, kami menggunakan citra uji yang dikumpulkan dari beberapa situs web pemrosesan citra, seperti www.imfsr.com dan www.ImageFusion.org. Kami menggunakan SIFT sebagai registrasi citra dalam penelitian ini. Kami mengkhususkan pada penggabungan citra multi-fokus, yaitu citra dengan "fokus kiri dan fokus kanan" atau "fokus latar depan dan fokus latar belakang". Langkah pertama metode kami adalah menemukan fitur citra dengan SIFT. Kami juga mencoba citra uji dengan ground truth (GT) untuk evaluasi kinerja. Untuk menghasilkan citra multi-fokus yang disimulasikan ini, pertama-tama kami memilih citra dengan fokus baik (Lena

sebagai contoh) dan membuat dua tiruannya, satu untuk latar depan dan satu untuk latar belakang, ditunjukkan pada Gambar 2. Kemudian gambar multi fokus yang disimulasikan dihasilkan oleh Gaussian blur di wilayah yang ditentukan, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3. Langkah selanjutnya setelah menemukan fitur citra adalah pencocokan gambar. Kesesuaian terbaik dalam *database* untuk setiap *keypoint* ditemukan oleh kondisi tetangga terdekat dalam jarak Euclidean. Setelah kandidat pencocokan fitur citra diperoleh, RANSAC (*Random Sample Consensus Algorithm*) digunakan untuk mengenali *outlier* dan memperkirakan model transformasi.



Gambar 2. Citra Input



Gambar 3. Fitur SIFT



Gambar 4. Pencocokan Fitur Citra

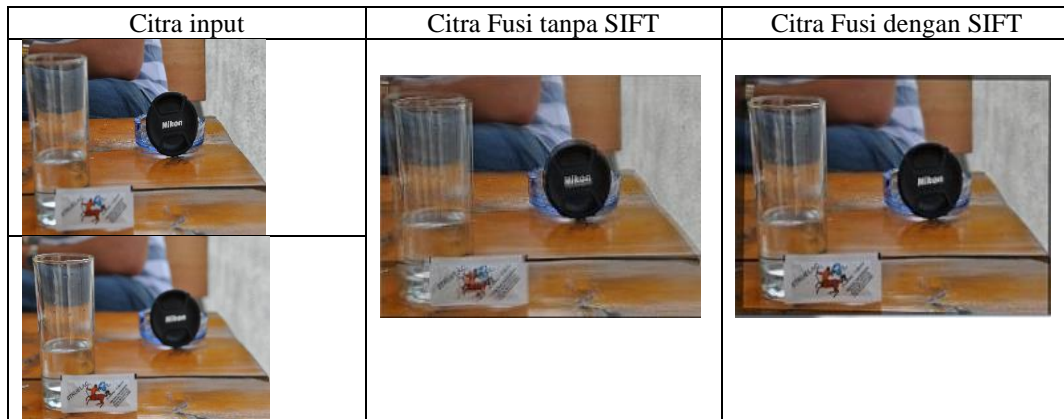
Gambar 4 menunjukkan implementasi pencocokan fitur citra. Langkah berikutnya adalah melakukan fusi citra, pada Gambar 5 citra yang digunakan sebagai input adalah dua citra yang memiliki perbedaan fokus. Berikutnya citra input yang digunakan adalah citra yang mengalami pergeseran seperti pada Gambar 6 dan pada Gambar 7 citra input yang digunakan adalah citra yang dirotasi.

Untuk menganalisis secara objektif dan mengevaluasi skema fusi yang diusulkan, beberapa metrik kualitas obyektif tanpa *ground truth* (GT) digunakan. Kesimpulan ini

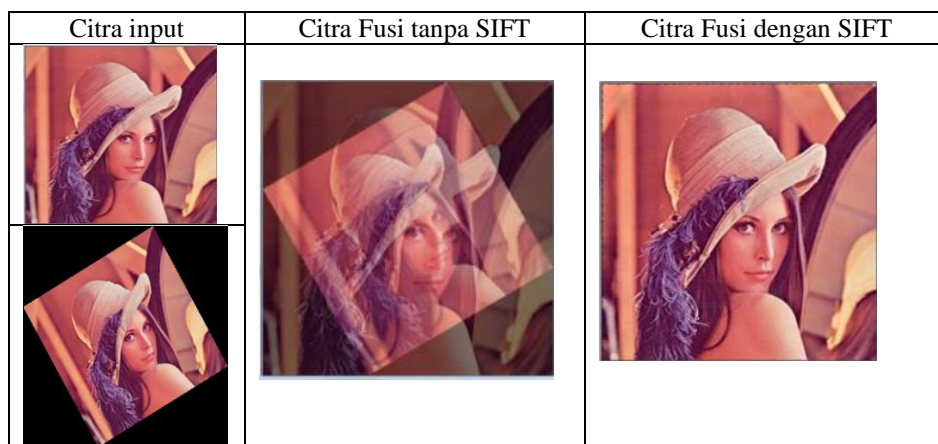
dapat berguna untuk analisis kinerja fusi ketika *ground truth* tidak tersedia. Di antara mereka, parameter metrik Petrovic ($Q^{AB/F}$) adalah indeks pelestarian informasi tepi. $Q^{AB/F}$ dianggap lebih relevan dalam fusi citra [6]. Tabel 1 menunjukkan nilai $Q^{AB/F}$ untuk teknik fusi yang dibahas. Kami juga menggunakan metrik kualitas gambar lainnya, termasuk Intensitas Piksel Rata-Rata (*Average Pixel Intensity*), Penyimpangan Standar (*Standard Deviation*), dan Frekuensi Spasial (*Spatial Frequency*).

Citra input	Citra Fusi tanpa SIFT	Citra Fusi dengan SIFT
		

Gambar 5. Hasil Fusi Citra dengan Beda Fokus



Gambar 6. Hasil Fusi Citra dengan Pergeseran



Gambar 7. Hasil Fusi Citra dengan Rotasi

Hasil masing-masing perhitungan dapat dilihat pada Tabel 2 sampai dengan Tabel 4. Intensitas Pixel Rata-rata adalah indeks untuk kontras, *Standard Deviation* mencerminkan penyebaran dalam data. Frekuensi spasial dapat digunakan untuk mencerminkan

kejelasan suatu citra. Kita dapat melihat dari Tabel 1 bahwa metode yang diusulkan memiliki nilai $Q^{AB/F}$ yang lebih baik daripada metode lainnya. Secara keseluruhan, menambahkan SIFT dalam citra dapat meningkatkan kinerja

Tabel 1. Perbandingan Nilai $Q^{AB/F}$

Metode	Buku	Gelas	Lena	Lena dengan rotasi
1. Averaging	0.771	0.444	0.547	0.309
2. SIFT + Averaging	0.761	0.611	0.543	0.706
3. SIIFT + DWT + averaging	0.7864	0.641	0.661	0.764
4. CVT – DWT [11]	0.666	-	-	-
5. CNT [12]	0.283	-	-	-

Tabel 2. Perbandingan Intensitas Pixel Rata-Rata

Metode	Buku	Gelas	Lena	Lena dengan rotasi
1. Averaging (mean)	82.97	115.06	128.11	98.0
2. SIFT + Averaging	82.86	110.85	127.78	127.36
3. SIIFT + DWT + averaging	83.19	110.39	128.03	127.78
4. CVT – DWT [11]	85.58	-	-	-
5. CNT [12]	86.24	-	-	-

Tabel 3. Perbandingan Nilai Standard Deviasi

Metode	Buku	Gelas	Lena	Lena dengan rotasi
1. Averaging (mean)	67.66	49.05	53.79	51.06
2. SIFT + Averaging	67.50	51.32	53.71	56.57
3. SIIFT + DWT + averaging	68.40	55.37	57.55	58.01
4. CVT – DWT [11]	63.18	-	-	-
5. CNT [12]	61.31	-	-	-

Tabel 4. Perbandingan Nilai Frekuensi Spasial

Metode	Buku	Gelas	Lena	Lena dengan rotasi
1. Averaging (mean)	18.59	9.73	10.0	12.39
2. SIFT + Averaging	18.22	12.45	10.25	14.0
3. SIIFT + DWT + averaging	22.81	18.26	18.37	18.60

KESIMPULAN DAN SARAN

Dalam penelitian ini fusi gambar multi-fokus diselidiki. Salah satu masalah utama adalah menggunakan SIFT sebagai registrasi gambar. Metode yang diusulkan menunjukkan peningkatan yang signifikan untuk gambar yang menyatu dengan terjemahan atau rotasi. Kita dapat melihat bahwa gambar yang menyatu dengan kolaborasi SIFT dan metode *Averaging Pixel* memberikan gambar dengan kualitas yang lebih baik, baik secara subyektif dan obyektif, meskipun diperlukan lebih banyak waktu. Untuk kedepannya bisa menambahkan metode lain sehingga akan memperbaiki performa fusi citra dan mencoba citra hasil fotografi secara *real time*.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. T. Alvian, R. H. Sianipar dan M. Irwan, "Fusi citra berbasis transformasi wavelet diskrit menggunakan PCA (Prinsip Komponen Analisis)," *Dielektrika*, vol. 6, no. 1, Feb., hal. 75-83, 2019.
- [2] B. Purba, "Aplikasi perbaikan kualitas citra hasil penginderaan jauh (*remote sensing*) dengan metode *contrast stretching*," *Jurnal Technology Informatics & Computer System (Times)*, vol 6, no. 2, Des., hal. 26-36, 2017.
- [3] X. Le, X. Kang, L. Fang, dan H. Yin, "Pixel-level image fusion: a survey of the state of the art," *Information*

- Fusion*, vol. 33, Jan., hal. 100-112, 2017.
- [4] S. Paul, I. S. Sevcenco dan P. Agathoklis, "Multi-exposure and multi-focus image fusion in gradient domain," *Journal of Circuit, Systems and Computers*, vol. 25, no. 10, 2016.
- [5] H. Khusnuliawati, "Multi-feature fusion menggunakan integrasi fitur scale invariant feature transform dan local extensive binary pattern untuk pengenalan pembuluh darah pada jari," tesis master, Institut Teknologi Surabaya, Surabaya, 2016.
- [6] P. Shah, S. N. Merchant, dan U. B. Desai, "An Efficient spatial domain fusion scheme for multifocus images using statistical properties of neighborhood," Dalam Proc. 2011 IEEE International Conference on Multimedia and Expo, 2011, hal. 1-6.
- [7] D. G. Lowe, "Distinctive image features from scale-invariant key points," *International Journal of Computer Vision*, vol. 60, hal. 91-110, 2004.
- [8] M. A. Fischler dan R. C. Bolles, "Random sample consensus: a paradigm for model fitting with applications to image analysis and automated cartography," *Communications of the ACM*, vol. 24, no. 6, June, hal. 381-395, 1981.
- [9] N. Mitianoudis dan T. Stathaki, "Pixel-based and region-based image fusion schemes using ICA bases," *Information Fusion*, vol. 8, Apr., hal. 131-142, 2007.
- [10] R. Maruthi, dan K. Sankarasubramanian, "Multi focus image fusion based on the information level in the regions of the images," *Journal of Theoretical and Applied Information Technology*, vol. 3, no. 4, Des., hal. 80-85, 2007.
- [11] S. Li dan B. Yang, "Multifocus image fusion by combining curvelet and wavelet transform," *Pattern Recognition Letters*, vol. 29, no. 9, Juli, hal. 1295-1301, 2008.
- [12] S. Ibrahim dan M. Wirth, "Visible and IR data fusion technique using the contourlet transform," Dalam Proc. IEEE International Conference Science and Engineering, 2009, hal. 42-47.