

## BAB 6

### KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini berisi tentang kesimpulan dari awal hingga akhir penelitian beserta saran untuk penelitian selanjutnya.

#### 6.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang didapat dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

- Pada penelitian ini, telah dipelajari dua metode yang digunakan dalam proses *image fusion*, yaitu *image fusion* dengan metode tradisional dan *image fusion* dengan metode yang memanfaatkan *fuzzy set*. Terdapat tiga algoritma yang dipelajari dalam melakukan *image fusion* dengan metode tradisional, yaitu algoritma minimum, algoritma maksimum, dan algoritma rata-rata. *Image fusion* dengan metode *fuzzy* melibatkan tiga tahap utama, yaitu fuzzifikasi, *fusion*, dan defuzzifikasi.
- Perangkat lunak yang dibangun telah mengimplementasikan dua metode yang digunakan dalam proses *image fusion*, yaitu *image fusion* dengan metode tradisional dan *image fusion* dengan metode yang memanfaatkan *fuzzy set*. Perangkat lunak ini menerima lima buah masukan, yaitu lokasi penyimpanan citra hasil, ukuran blok yang akan digunakan, citra masukan pertama, citra masukan kedua, dan citra referensi. Selain itu, perangkat lunak ini akan menghasilkan dua buah jenis keluaran, yaitu citra hasil proses *image fusion* yang akan disimpan dalam *file system* dan pengukuran kualitas citra hasil proses *image fusion* tersebut.
- Perangkat lunak yang dibangun menguji kualitas citra hasil *image fusion* dengan dua jenis metode pengukuran yaitu pengukuran dengan citra referensi dan pengukuran tanpa citra referensi. Pengukuran dengan citra referensi melibatkan empat buah algoritma, yaitu *root mean square error (RMSE)*, *peak-signal-to-noise-ratio (PSNR)*, *structural similarity index measure (SSIM)*, dan *correlation (CORR)*. Pengukuran tanpa citra referensi melibatkan dua buah algoritma, yaitu *spatial frequency (SF)* dan *standard deviation (STD)*.
- Pengujian fungsional telah dilakukan pada perangkat lunak yang dibangun dan hasil yang didapat sudah sesuai dengan perhitungan secara manual.
- Pengujian eksperimental telah dilakukan pada perangkat lunak yang dibangun untuk mencapai tiga tujuan, yaitu pengaruh penggunaan *fuzzy set* pada proses *image fusion* terhadap kualitas citra yang dihasilkan, pengaruh ukuran blok pada algoritma *image fusion* yang memanfaatkan *fuzzy set* terhadap kualitas citra yang dihasilkan, dan pengaruh penerapan algoritma *image fusion* pada citra berwarna.
- Pada metrik pengukuran yang menggunakan citra referensi, kualitas citra *image fusion* dengan metode *fuzzy* dinilai kurang baik. Hal ini bisa disebabkan oleh beberapa faktor, yaitu pemilihan *color model* dan *channel* yang kurang tepat, pemilihan  $\lambda$  yang kurang optimal, pemilihan blok yang kurang tepat, atau kurangnya tahap pre-proses pada *dataset* sehingga *noise* yang ada pada citra masukan mengganggu proses *image fusion* tersebut. Pada metrik pengukuran yang tidak menggunakan citra referensi, kualitas citra *image fusion* dengan metode *fuzzy* dinilai cukup baik. Ini menunjukkan bahwa *image fusion* dengan metode *fuzzy* menghasilkan citra dengan tingkat kedetailan yang cukup tinggi.

- Pada pengujian eksperimental, ukuran blok pada *image fusion* dengan metode *fuzzy* mempengaruhi kualitas dari citra hasil. Semakin besar ukuran blok yang digunakan maka semakin rendah pula kualitas citra yang dihasilkan.
- Pada pengujian eksperimental, penerapan algoritma *image fusion* pada citra berwarna dinilai tidak terlalu baik. Hal ini terlihat dengan adanya *noise* baru yang dihasilkan pada citra hasil proses *image fusion* tersebut. Selain itu, dalam beberapa kasus terjadi penurunan intensitas pada citra hasil sehingga citra tersebut terkesan terlalu gelap.

## 6.2 Saran

Saran untuk penelitian selanjutnya adalah sebagai berikut:

- Pada penelitian ini, metode yang digunakan untuk mencari besarnya  $\lambda$  optimal adalah metode *brute force* secara iteratif. Penggunaan metode ini membuat waktu eksekusi proses *image fusion* dengan metode *fuzzy* lebih lambat. Untuk penelitian selanjutnya, implementasi pencarian  $\lambda$  optimal dapat menggunakan pendekatan lain sehingga waktu eksekusi proses *image fusion* dengan metode *fuzzy* lebih cepat.
- Pada penelitian ini, tidak seluruh tahap pre-proses diterapkan pada kedua citra masukan. Untuk penelitian selanjutnya, citra masukan yang dipakai dalam pengujian dapat melalui tahap pre-proses dengan lebih maksimal sehingga proses *image fusion* dapat menghasilkan citra yang maksimal juga.
- Pada penelitian ini, proses *image fusion* dengan metode *fuzzy* dilakukan pada *HSI color model*. Untuk penelitian selanjutnya, proses *image fusion* dapat dilakukan pada *color model* lain yang mungkin menghasilkan citra lebih baik daripada citra yang menggunakan *HSI color model*.

## DAFTAR REFERENSI

- [1] Buckley, J. J. dan Eslami, E. (2002) *An Introduction to Fuzzy Logic and Fuzzy Sets* Advances in soft computing. Physica-Verlag, Heidelberg, New York.
- [2] Vlachos, I. K. dan Sergiadis, G. D. (2007) The Role of Entropy in Intuitionistic Fuzzy Contrast Enhancement. Bagian dari Melin, P., Castillo, O., Aguilar, L. T., Kacprzyk, J., dan Pedrycz, W. (ed.), *Foundations of Fuzzy Logic and Soft Computing*, pp. 104–113. Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg.
- [3] Vlachos, I. K. dan Sergiadis, G. D. (2006) Inner product based entropy in the intuitionistic fuzzy setting. *International Journal of Uncertainty, Fuzziness and Knowledge-Based Systems*, **14**, 351–366.
- [4] Mule, M. B. dan N.B., P. (2015) Basic medical image fusion methods. *International Journal of Advanced Research in Computer Engineering & Technology (IJARCET)*, **4**.
- [5] Mishra, D. dan Palkar, B. (2015) Image fusion techniques: A review. *International Journal of Computer Applications*, **130**, 7–13.
- [6] Gonzalez, R. C. dan Woods, R. E. (2008) *Digital Image Processing*, 3rd edition. Prentice Hall, Upper Saddle River, N.J.
- [7] Meruvia, O. (2019) Image representation. . Catatan kuliah COMP-3301 Visual Comput & Appl di Memorial University of Newfoundland, Canada.
- [8] Dogra, A., Goyal, B., dan Agrawal, S. (2018) Medical image fusion: A brief introduction. *Biomedical and Pharmacology Journal*, **11**, 1209–1214.
- [9] Tompunu, R., Alan Novi; Kusumanto (2011) Pengolahan citra digital untuk mendeteksi obyek menggunakan pengolahan warna model normalisasi rgb. *Semantik*, **Vol 1, No 1 (2011): Prosiding Semantik 2011**.
- [10] Haghghat, M. B. A., Aghagolzadeh, A., dan Seyedarabi, H. (2011) Multi-focus image fusion for visual sensor networks in dct domain. *Computers & Electrical Engineering*, **37**, 789 – 797. Special Issue on Image Processing.
- [11] Goldberg, S. (1986) *Probability: An Introduction* Dover Books on Mathematics Series. Dover Publications, New York.
- [12] Czogala, E. dan Leski, J. (2000) *Fuzzy and Neuro-Fuzzy Intelligent Systems* Studies in Fuzziness and Soft Computing. Physica-Verlag HD.
- [13] Al-sharhan, S., Karray, F., Gueaieb, W., dan Basir, O. (2001) Fuzzy entropy: A brief survey. *10th IEEE International Conference on Fuzzy Systems. (Cat. No.01CH37297)*, Melbourne, Vic., Australia, 02, pp. 1135–1139. IEEE.
- [14] Burden, R. (2011) *Numerical Analysis*, 9th edition. Brooks/Cole, Cengage Learning, Boston, MA.

- [15] Anton, H. dan Rorres, C. (2014) *Elementary Linear Algebra: Applications Version*, 11th edition. John Wiley & Sons Inc, Hoboken, NJ.
- [16] Kumar, M., Kaur, A., dan Amita (2018) Improved image fusion of colored and grayscale medical images based on intuitionistic fuzzy sets. *Fuzzy Information and Engineering*, **10**, 295–306.
- [17] Xu, Z. (2007) Intuitionistic preference relations and their application in group decision making. *Information Sciences*, **177**, 2363–2379.
- [18] Balasubramaniam, P. dan Ananthi, V. (2014) Image fusion using intuitionistic fuzzy sets. *Information Fusion*, **20**, 21–30.
- [19] Niveditta, T. dan Swapna, D. (2011) A new method for color image quality assessment. *International Journal of Computer Applications*, **15**, 10–17.
- [20] Hanmandlu, M., Arora, S., Gupta, G., dan Singh, L. (2016) Underexposed and overexposed colour image enhancement using information set theory. *The Imaging Science Journal*, **64**, 1–13.