

BAB 7

KESIMPULAN

Bab ini akan membahas mengenai pencapaian tujuan penelitian berdasarkan proses-proses yang dilalui dan hasil dari penelitian. Bab ini juga akan membahas mengenai uraian jawaban dari masalah yang hendak diselesaikan oleh penelitian ini. Terakhir, bab ini akan membahas mengenai topik penelitian lanjutan yang dapat dikembangkan berkaitan dengan penelitian ini.

7.1 Pencapaian Tujuan

Seperti yang sudah dijabarkan pada Subbab 1.3, tujuan dari penelitian ini adalah:

- **Melakukan eksplorasi sifat dan karakteristik lintasan serta pendekatan pengelompokan lintasan.**

Melalui studi literatur yang dilakukan pada bab 2 khususnya bagian pergerakan berkelompok 2.3, ditemukan sifat-sifat lintasan beserta dengan karakteristik lintasan baik eksplisit maupun implisit. Sifat dan karakteristik lintasan dipilih setelah melakukan eksplorasi baik secara literatur maupun eksperimen sederhana yang tertera pada bab 3.

Berdasarkan pada dasar teori subbab 2.4 tentang analisis data lintasan, dilakukan analisis dan diusulkan metodologi / pendekatan baru terhadap permasalahan *clustering* untuk data pergerakan khususnya data lintasan. Pendekatan baru termasuk pembagian proses *clustering* menjadi 3 komponen utama yang dilakukan secara terpisah, maupun penggunaan algoritma *clustering* yang masih jarang digunakan oleh penelitian lainnya. Pendekatan pengelompokan lintasan yang diusulkan merupakan gabungan dan modifikasi pendekatan atau metodologi yang digunakan oleh penelitian sebelumnya yang ditemukan pada saat eksplorasi literatur.

- **Membuat dan mengimplementasikan algoritma yang dapat mengelompokkan lintasan benda bergerak yang menggunakan beberapa aspek lintasan sekaligus**

Algoritma identifikasi pergerakan kolektif yang sesuai dengan metodologi yang diusulkan pada bab 3 yang dijabarkan melalui Subbab 2.3. Cara kerja algoritma identifikasi rombongan dapat dilihat melalui Subbab 3.4. Melalui analisis singkat, Algoritma pengelompokan lintasan yang diusulkan dapat menghasilkan hasil *clustering* lintasan yang berisikan *cluster-cluster* yang terpisah berdasarkan 3 aspek lintasan yaitu jendela waktu lintasan, atribut intrinsik lintasan, jarak antar lintasan. Rancangan perangkat lunak identifikasi rombongan dibahas pada Bab 4 memuat pertimbangan-pertimbangan serta alur kerja perangkat lunak identifikasi rombongan. Detil implementasi perangkat lunak dibahas melalui Bab 5.

- **Mengimplementasikan algoritma evaluasi kuantitatif untuk menilai kualitas perangkat lunak yang dibuat.**

Evaluasi terhadap pendekatan pengelompokan yang diimplementasikan melalui eksperimen terhadap data pergerakan dunia nyata dan menggunakan evaluasi baik secara kualitatif maupun kuantitatif. Evaluasi secara kualitatif dilakukan melalui analisis terhadap visualisasi hasil identifikasi pejalan kaki. Evaluasi secara kuantitatif dilakukan melalui perbandingan hasil identifikasi manusia dan hasil identifikasi yang dihasilkan perangkat lunak melalui nilai *F1 score*, *Rand Index*, dan *Adjusted Rand Index* sesuai dengan pembahasan teori pada subbab 2.8. Perancangan modul evaluasi kualitatif dibahas pada subbab 4.9

Berdasarkan jawaban-jawaban di atas, dapat disimpulkan bahwa tujuan penelitian yang telah dijabarkan sebelumnya dapat dicapai seluruhnya. Dengan demikian, dapat dibuat sebuah penjabaran akan jawaban dari masalah-masalah yang hendak dipecahkan oleh penelitian ini.

7.2 Jawaban Atas Masalah Penelitian

Seperti yang sudah disebutkan melalui Subbab 1.2, masalah utama yang hendak dipecahkan oleh skripsi ini adalah *Seperti apakah sifat dan karakteristik lintasan yang dapat digunakan untuk pendekatan pengelompokan lintasan* khususnya sifat dan karakteristik selain jarak antar lintasan yang sudah umum digunakan pada penelitian sebelumnya. Pemecahan masalah tersebut dilakukan dengan melakukan studi pustaka mengenai ukuran-ukuran yang terdapat dalam sebuah data lintasan. Studi pustaka mengenai lintasan dibahas secara detil pada Bab 2.

Permasalahan penggunaan ukuran jarak antar lintasan pada penelitian sebelumnya dijelaskan secara rinci pada bab 3, diantaranya adalah perbedaan arah lintasan, perbedaan bentuk lintasan, dan adanya rute utama dalam data lintasan. Melalui proses studi literatur, analisis, eksperimentasi, dan evaluasi, ditemukan bahwa ukuran arah gerak global milik lintasan dapat digunakan untuk membedakan lintasan dengan perbedaan arah yang baik signifikan ataupun minim secara konsisten. Perbedaan bentuk dapat dikenali oleh perangkat lunak melalui perbandingan ukuran lintasan berupa *sinuosity* atau derajat penyimpangan lintasan dan dalam kasus tertentu *total angular changes* atau total perubahan arah gerak yang dialami oleh objek bergerak. Untuk menyelesaikan masalah keberadaan rute utama dalam lintasan yang cenderung selalu padat, telah dilakukan studi literatur dan eksperimentasi penggunaan ukuran *time overlap* yang adalah persentase tumpang tindihnya durasi sebuah lintasan pada jendela waktu tertentu dengan durasi objek lain dalam jendela waktunya. Eksperimentasi menunjukkan bahwa penggunaan ukuran *time overlap* secara konsisten dapat memecahkan kelompok entitas yang bergerak pada rute yang sama.

Untuk melakukan evaluasi pada hasil *clustering* data lintasan menggunakan algoritma baru yang dibuat, dilakukan eksperimen terhadap beberapa data pergerakan dunia nyata seperti data ETH, ETH-hotel, atau GVEII dan evaluasi terhadap hasil eksperimen yang dilakukan. Evaluasi secara kuantitatif dilakukan dengan menghitung relevansi hasil identifikasi perangkat lunak dengan hasil identifikasi yang dilakukan oleh manusia melalui nilai *precision*, *recall*, dan *F1 score*. Secara kuantitatif, perangkat lunak yang diimplementasikan umumnya dapat dengan konsisten mengelompokkan lintasan individu bergerak dengan catatan, nilai yang dapat digunakan untuk menentukan kualitas hasil *clustering* untuk data dengan jumlah lintasan yang tinggi hanyalah *Adjusted Rand Index* yang memang diimplementasikan dengan tujuan mengatasi permasalahan akurasi metode evaluasi lain pada jumlah data yang tinggi.

Evaluasi secara kualitatif dilakukan melalui pengamatan terhadap hasil visualisasi rombongan pada rekaman video pejalan kaki. Untuk membantu kebutuhan akan visualisasi hasil identifikasi pergerakan kolektif, digunakan sebuah fungsi visualisasi data lintasan yang diimplementasikan dalam skripsi ini. Fungsi visualisasi akan menghasilkan video rekaman yang telah dimodifikasi sehingga setiap rombongan yang teridentifikasi ditandai menggunakan model warna. Setelah dilakukan pengamatan dan analisa video hasil visualisasi sebagai bentuk evaluasi kualitatif, didapatkan kesimpulan bahwa : (1) terdapat spesifikasi khusus yang perlu dipenuhi oleh data yang akan digunakan yaitu kepadatan yang tidak tinggi untuk mencapai kualitas *clustering* yang optimal. (2) Metode dan algoritma yang diusulkan pada skripsi ini memungkinkan kontrol sensitifitas yang tinggi terhadap parameter *clustering* namun juga membuat kemungkinan *overfitting* maupun *oversensitivity* yang tinggi pula. Dan (3) Untuk 3 buah skenario yang disebutkan pada bab 3, perangkat lunak mampu menangani hal tersebut dalam kondisi memiliki paramter yang tepat.

7.3 Saran Penelitian Lanjutan

Berdasarkan proses dan hasil penelitian, terdapat beberapa poin-poin menarik yang dapat dijadikan sebagai bahan penelitian lanjutan mengenai pola pergerakan kolektif rombongan. Berikut merupakan poin-poin yang dianggap dapat menjadi bahan penelitian lanjutan:

1. Melakukan eksperimen lanjutan pada lebih banyak sampel data pergerakan, khususnya pada sampel-sampel yang memiliki tingkat kepadatan entitas yang bervariasi, memiliki pola pergerakan yang tidak umum seperti adanya perbedaan bentuk lintasan yang signifikan, serta pada data pergerakan di mana entitas yang diamati bukan manusia untuk melihat apakah karakteristik yang sama dapat digunakan.
2. Melakukan eksperimen lanjutan pada kombinasi karakteristik yang digunakan dalam *clustering* dan arti dari masing-masing nilai yang digunakan.
3. Mengimplementasikan algoritma yang dapat digunakan untuk menentukan nilai batas yang optimal untuk digunakan.
4. Meningkatkan fleksibilitas perhitungan perbedaan bentuk agar dapat mengatasi masalah perbedaan bentuk lintasan minim.
5. Melakukan optimisasi terhadap kompleksitas algoritma identifikasi rombongan.

DAFTAR REFERENSI

- [1] COTA, D. A. M. (2020) Monitoring covid-19 prevention measures on cctv cameras using deep learning. Thesis. Politecnico di Torino, Rio de Janeiro.
- [2] Steenweg, R., Hebblewhite, M., Kays, R., Ahumada, J., Fisher, J., Burton, C., Townsend, S., Carbone, C., Marcus, M. R., Whittington, J., Brodie, J., Andrew Royle, J., Switalski, A., Clevenger, A., Heim, N., dan Rich, L. (2017) Scaling-up camera traps: monitoring the planet's biodiversity with networks of remote sensors. *Frontiers in Ecology and the Environment*, **15**.
- [3] Han, J. H., Hawken, S., dan Williams, A. (2015) Smart CCTV and the Management of Urban Space. IGI Global, Hershey, Pennsylvania, USA.
- [4] McArdle, G., Demšar, U., van der Spek, S., dan McLoone, S. (2014) Classifying pedestrian movement behavior from gps trajectories using visualization and clustering. *Annals of GIS*, **20**, 85–98.
- [5] Parameswaran, S. dan Ellen, J. (2014) Identifying outliers in human movement trajectories clustered by hausdorff distance. *Proceedings of The 2014 World Congress in Computer Science, Computer Engineering, and Applied Computing.*, Las Vegas, Nevada, USA, 21-24 July, pp. 1–7. CSREA Press, Nevada.
- [6] Giannotti, F., Nanni, M., dan Pedreschi, D. (2006) Efficient mining of temporally annotated sequences. *Proceedings of the Sixth SIAM International Conference on Data Mining*, Philadelphia, Pennsylvania, USA, 04, pp. 346–357. Society for Industrial and Applied Mathematics.
- [7] Guan, B., Liu, L., dan Chen, J. (2013) Using relative distance and hausdorff distance to mine trajectory clusters. *TELKOMNIKA Indonesian Journal of Electrical Engineering*, **11**, 115–122.
- [8] Pan, J., Jiang, Q., dan Shao, Z. (2014) Trajectory clustering by sampling and density. *Marine Technology Society Journal*, **48**.
- [9] Wiratma, L. (2010) Computations and measures of collective movement patterns based on trajectory data. Thesis. Utrecht University, The Netherlands.
- [10] Pellegrini, S., Ess, A., Schindler, K., dan van Gool, L. (2009) You'll never walk alone: Modeling social behavior for multi-target tracking. *2009 IEEE 12th International Conference on Computer Vision*, pp. 261–268.
- [11] Long, J. dan Nelson, T. (2012) A review of quantitative methods for movement data. *International Journal of Geographical Information Science - GIS*, **27**, 1–27.
- [12] Andrienko, G., Andrienko, N., Demšar, U., Dransch, D., Dykes, J., Fabrikant, S., Jern, M., Kraak, M.-J., Schumann, H., dan Tominski, C. (2010) Space, time and visual analytics. *International Journal of Geographical Information Science*, **24**, 1577–1600.
- [13] Dubrofsky, E. dan Woodham, R. J. (2008) Combining line and point correspondences for homography estimation. Bagian dari Bebis, G., Boyle, R., Parvin, B., Koracin, D., Remagnino, P., Porikli, F., Peters, J., Klosowski, J., Arns, L., Chun, Y. K., Rhyne, T.-M., dan Monroe,

- L. (ed.), *Advances in Visual Computing*, Berlin, Heidelberg, pp. 202–213. Springer Berlin Heidelberg.
- [14] Szeliski, R. (2011) *Computer Vision - Algorithms and Applications* Texts in Computer Science. Springer, London; New York.
- [15] Couzin, I. D. dan Sumpter, D. J. T. (2009) *Self-Organization and Collective Behavior in Vertebrates*. Princeton University Press.
- [16] Tao, Y., Both, A., Silveira, R., Buchin, K., Sijben, S., Purves, R., Laube, P., Peng, D., Toohey, K., dan Duckham, M. (2021) A comparative analysis of trajectory similarity measures. *GIScience & Remote Sensing*, **58**, 1–27.
- [17] Yanagisawa, Y., Ichi Akahani, J., dan Satoh, T. (2003) Shape-based similarity query for trajectory of mobile objects. *Mobile Data Management 2003*, Melbourne, Australia, 01, pp. 63–77. Springer-Verlag, Berlin.
- [18] Calenge, C., Dray, S., dan Royer-Carenzi, M. (2009) The concept of animals' trajectories from a data analysis perspective. *Ecological Informatics*, **4**, 34–41.
- [19] von Luxburg, U. (2007) A tutorial on spectral clustering. *CoRR*, **abs/0711.0189**.