

**SKRIPSI**

**DETEKSI KELOMPOK  
PADA DATA LINTASAN PEJALAN KAKI**



**Kelvin Adrian Darmawan**

**NPM: 2017730043**

**PROGRAM STUDI TEKNIK INFORMATIKA  
FAKULTAS TEKNOLOGI INFORMASI DAN SAINS  
UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN  
2022**



**UNDERGRADUATE THESIS**

**GROUP DETECTION  
ON PEDESTRIAN TRAJECTORY DATA**



**Kelvin Adrian Darmawan**

**NPM: 2017730043**

**DEPARTMENT OF INFORMATICS  
FACULTY OF INFORMATION TECHNOLOGY AND SCIENCES  
PARAHYANGAN CATHOLIC UNIVERSITY  
2022**



**LEMBAR PENGESAHAN**

**DETEKSI KELOMPOK  
PADA DATA LINTASAN PEJALAN KAKI**

**Kelvin Adrian Darmawan**

**NPM: 2017730043**

**Bandung, 5 Juli 2022**

**Menyetujui,**

**Pembimbing**

**Digitally signed  
by Lionov**

**Lionov, Ph.D.**

**Ketua Tim Penguji  
Digitally signed  
by Cecilia Esti  
Nugraheni**

**Dr.rer.nat. Cecilia Esti Nugraheni**

**Anggota Tim Penguji  
Digitally signed  
by Husnul  
Hakim**

**Husnul Hakim, M.T.**

**Mengetahui,**

**Ketua Program Studi  
Digitally signed  
by Mariskha Tri  
Adithia**

**Mariskha Tri Adithia, P.D.Eng**

## PERNYATAAN

Dengan ini saya yang bertandatangan di bawah ini menyatakan bahwa skripsi dengan judul:

### **DETEKSI KELOMPOK PADA DATA LINTASAN PEJALAN KAKI**

adalah benar-benar karya saya sendiri, dan saya tidak melakukan penjiplakan atau pengutipan dengan cara-cara yang tidak sesuai dengan etika keilmuan yang berlaku dalam masyarakat keilmuan.

Atas pernyataan ini, saya siap menanggung segala risiko dan sanksi yang dijatuhkan kepada saya, apabila di kemudian hari ditemukan adanya pelanggaran terhadap etika keilmuan dalam karya saya, atau jika ada tuntutan formal atau non-formal dari pihak lain berkaitan dengan keaslian karya saya ini.

Dinyatakan di Bandung,  
Tanggal 5 Juli 2022



Kelvin Adrian Darmawan  
NPM: 2017730043

## ABSTRAK

*Trajectory* adalah jalur yang terbentuk dari pergerakan entitas di suatu ruang lingkup dalam jangka waktu tertentu. Entitas adalah suatu objek atau subjek yang dapat bergerak. Data *trajectory* dapat dikumpulkan dengan menggunakan alat-alat pelacak seperti GPS dan satelit. Dari data yang terkumpul, kita bisa mendapatkan berbagai informasi, salah satunya adalah informasi mengenai entitas yang bergerak secara berkelompok. Terdapat banyak cara mendefinisikan kelompok dari kumpulan *trajectory*, beberapa diantaranya adalah: *flocks*, *convoys*, *swarms*, *crews*, dan *groups*. Pada penelitian ini, dipilih definisi pengelompokan *crews* untuk diimplementasikan pada kasus pejalan kaki.

Pada definisi *crews*, pengelompokan entitas dilakukan dengan cara melihat kesamaan interaksi antar entitas dan dinamika yang mirip. Kesamaan interaksi antar entitas memiliki arti sebagai pengaruh antara satu entitas dengan entitas lainnya. Sebagai contoh, terdapat dua orang berjalan berdekatan selama lima menit. Secara umum mereka berdua akan dianggap saling mengenal. Dinamika yang mirip berarti suatu perubahan pada pergerakan entitas-entitas yang mirip. Sebagai contoh, terdapat 30 orang berjalan bersamaan ke arah pintu masuk suatu restoran. Secara umum, seluruh orang tersebut dapat dianggap sebagai pengunjung restoran. Pengelompokan *crews* dilakukan dengan menggunakan model pohon keputusan. Pada pohon keputusan dilakukan pembagian kelompok berdasarkan parameter pembagi terbaik. Parameter pembagi yang digunakan adalah: *azimuth*, perpindahan, posisi, jarak *azimuth*, rasio jarak, rasio tortuositas, dan rasio kecepatan. Setelah diimplementasikan, eksperimen dilakukan pada data pejalan kaki. Eksperimen awal menunjukkan pengelompokan pejalan kaki yang kurang baik: terbentuknya kelompok-kelompok yang berjalan berlawanan arah, dan banyaknya hasil pengelompokan yang menjadi subset kelompok lain. Jadi dilakukan upaya untuk meningkatkan kualitas pengelompokan, misalnya: mencoba untuk menambahkan parameter pembagi baru yang bernama rata-rata jarak, menentukan nilai batas dari setiap parameter, melakukan penghapusan *child node* kanan untuk beberapa parameter, penentuan parameter yang pasti digunakan untuk membagi pohon keputusan pada level-level awal, dan membuang kelompok-kelompok yang menjadi subset.

Setelah itu dilakukan Eksperimen kembali. Evaluasi dilakukan dengan dua cara, secara kuantitatif menggunakan *precision*, *recall*, *f1-score*, dan *accuracy*. Evaluasi kualitatif dilakukan dengan melakukan pengamatan pada video yang berisi hasil visualisasi *trajectory* dan pengelompokan. Hasil evaluasi menunjukkan peningkatan, nilai *f1-score* yang dihasilkan berada pada kisaran 0.3 s.d. 0.7.

**Kata-kata kunci:** *Trajectories*, entitas bergerak, *crews*, *groups*





## ABSTRACT

A Trajectory is a path formed from the movement of an entity over a period of time. An entity is an object that can move in space. Trajectory data can be collected using tracking devices such as GPS and satellites. We can get various information from the data collected, one of which is the information on entities moving in groups. There are different definitions of grouping entities from their trajectories: flocks, convoys, swarms, crews, groups, and many more. In this research, we choose to implement the definition of crews and conduct experiments using pedestrian trajectories.

In crews, the grouping of entities is done by looking at the similarity of interactions and similar dynamics between entities. The similarity of interaction between entities is the influence between one entity and another entity. For example, two people are walking close to each other for five minutes. In general, the two of them would be considered to know each other and walking as a group. Dynamics between entities mean that entities have similar changes in their movement. For example, thirty people are walking together towards the entrance of a restaurant. In general, all of them can be considered restaurant diners. A Decision Tree model is used to group pedestrians according to the definition of Crews. At each level, the children of a node in the decision tree are made based on the best divisor parameter. The divisor parameters used are azimuth, displacement, position, azimuth distance, distance ratio, tortuosity ratio, and speed ratio.

Initial experiments showed poor results: the formation of crews walking in opposite directions and a large number of crews are a subset of other crews. Therefore, we try to improve the quality of crews in several ways, for example: trying to add a new divisor parameter called the average distance, determining a boundary value for several parameters, removing the unused child node for some parameters, choosing specific parameters to be used at a specific level in the tree, and removing the crews that are subsets of other crews. Evaluation is done in two ways, quantitatively using quantitative metrics (i.e.: precision, recall, F1-score, and accuracy) and qualitatively by observing the visualization of the crews in videos. The evaluation shows that the F1-score has a range of 0.3 to 0.7.

**Keywords:** Trajectories, moving entities, crews, groups



*Untuk orang tua yang telah menyokong pendidikan saya sampai  
sejauh ini*



## KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa karena telah memberkati dan menyertai penulis hingga dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul "Deteksi Kelompok Pada Data Lintasan Pejalan Kaki" dengan baik. Skripsi ini disusun dengan tujuan untuk memenuhi salah satu prasyarat kelulusan di Jurusan Teknik Informatika, Fakultas Teknologi Informasi dan Sains, Universitas Katolik Parahyangan. Dalam pengerjaannya penulis dibantu oleh beberapa pihak, oleh karena itu, penulis ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

- Allah Bapa, Allah Putra, dan Allah Roh Kudus dan putranya yang tunggal Yesus Kristus karena telah memberkati penulis dalam pengerjaan skripsi ini sehingga penulis mendapat hasil yang baik dan dinyatakan lulus.
- Keluarga penulis yang telah memberikan dukungan baik secara mental maupun materil.
- Bapak Lionov Wiratma selaku pembimbing yang senang tiasa sabar memberikan kritik dan saran di setiap sesi bimbingan. Terima kasih karena telah memberikan kepercayaan kepada penulis untuk maju sidang akhir.
- Teman-teman angkatan 2017 yang telah memberikan dukungan dan semangat kepada penulis hingga dapat termotivasi untuk mengerjakan skripsi.

Semoga semua pihak yang telah membantu diberikan berkat oleh Tuhan dan dapat berhasil dan sukses di setiap kegiatannya. Semoga skripsi ini juga dapat bermanfaat bagi orang yang membacanya. Penulis juga memohon maaf bila ada kesalahan dan kekurangan dalam penulisan skripsi ini.

Bandung, Juli 2022

Penulis



# DAFTAR ISI

<b>KATA PENGANTAR</b>	<b>xv</b>
<b>DAFTAR ISI</b>	<b>xvii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b>	<b>xix</b>
<b>1 PENDAHULUAN</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang . . . . .	1
1.2 Rumusan Masalah . . . . .	4
1.3 Tujuan . . . . .	4
1.4 Batasan Masalah . . . . .	4
1.5 Metodologi . . . . .	4
1.6 Sistematika Pembahasan . . . . .	5
<b>2 LANDASAN TEORI</b>	<b>7</b>
2.1 Homografi . . . . .	7
2.2 <i>Crews</i> . . . . .	8
2.2.1 Persiapan Data <i>Trajectory</i> . . . . .	11
2.2.2 Penemuan <i>Crews</i> . . . . .	15
2.3 Normalisasi . . . . .	20
2.4 <i>Groups</i> . . . . .	20
2.5 <i>K-Means</i> . . . . .	24
2.6 Evaluasi Definisi Pergerakan Kolektif . . . . .	24
2.6.1 Evaluasi Kuantitatif Definisi Pergerakan Kolektif . . . . .	24
2.6.2 Evaluasi Kualitatif Definisi Pergerakan Kolektif . . . . .	26
<b>3 PROSES PENGELOMPOKAN <i>Crews</i></b>	<b>29</b>
3.1 Contoh Kasus . . . . .	29
3.2 Penentuan Nilai Parameter . . . . .	29
3.3 Pembuatan Pohon Keputusan . . . . .	30
3.3.1 Pembentukan <i>Pair Group</i> (PG) . . . . .	30
3.3.2 Pembentukan <i>Pair Cluster</i> (PC) . . . . .	30
3.3.3 Pembentukan <i>Similarity-Based Pair Group</i> (SPG) . . . . .	34
3.3.4 Pembentukan <i>Crews</i> . . . . .	35
3.4 Analisis Pengelompokan <i>Crews</i> . . . . .	36
3.5 Analisis Data Set . . . . .	37
3.5.1 Data <i>Trajectory</i> Video . . . . .	37
3.5.2 Data <i>Trajectory</i> Dunia Nyata . . . . .	38
3.5.3 Data Hasil Pengelompokan Manusia . . . . .	38
<b>4 PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI PERANGKAT LUNAK</b>	<b>39</b>
4.1 Fungsionalitas Perangkat Lunak . . . . .	39
4.2 Spesifikasi Input dan Output . . . . .	42

4.2.1	Input	42
4.2.2	Output	43
4.3	Rancangan Modul <i>Main</i>	47
4.4	Rancangan Modul <i>Crews</i>	47
4.5	Rancangan Modul Persiapan Evaluasi dan Rekapitulasi	48
4.6	Rancangan Modul Evaluasi	49
4.7	Lingkungan Implementasi Perangkat Lunak	49
4.8	Implementasi Modul	49
4.8.1	Implementasi Modul <i>Main</i>	49
4.8.2	Implementasi Modul <i>Crews</i>	50
4.8.3	Implementasi Modul Persiapan Evaluasi dan Rekapitulasi	52
4.8.4	Implementasi Modul Evaluasi	53
<b>5</b>	<b>PENGUJIAN DAN PENYESUAIAN ALGORITMA <i>Crews</i></b>	<b>55</b>
5.1	Lingkungan Perangkat Keras	55
5.2	Data Set	55
5.3	Masalah Pengelompokkan <i>Crews</i>	57
5.4	Pohon Keputusan	57
5.5	Penambahan Parameter Baru	58
5.6	Penentuan Nilai Batas	58
5.7	Pemilihan Parameter	59
5.8	Penggabungan Hasil Pohon Keputusan	60
<b>6</b>	<b>EKSPERIMEN</b>	<b>63</b>
6.1	Eksperimen Nilai Batas	63
6.1.1	Perpindahan	63
6.1.2	Rasio Kecepatan	64
6.1.3	Jarak <i>Azimuth</i>	64
6.1.4	<i>Required Reduction</i>	64
6.1.5	<i>Time Range</i>	64
6.1.6	Gamma	66
6.1.7	Durasi Subset	66
6.1.8	Rata-Rata Jarak	66
6.1.9	Hasil Eksperimen Nilai Batas	66
6.2	Evaluasi Kuantitatif	68
6.3	Evaluasi Kualitatif	68
6.4	Perbandingan <i>Crews</i> dengan <i>Groups</i>	69
6.4.1	Data <i>Trajectory</i> ETH	69
6.4.2	Data <i>Trajectory</i> HTL	70
6.4.3	Data <i>Trajectory</i> GVEII	73
<b>7</b>	<b>KESIMPULAN DAN SARAN</b>	<b>75</b>
7.1	Kesimpulan	75
7.2	Saran	76
	<b>DAFTAR REFERENSI</b>	<b>77</b>
	<b>A KODE PROGRAM</b>	<b>79</b>



## DAFTAR GAMBAR

1.1	Satelit dan GPS	1
1.2	Pemodelan <i>trajectory</i>	2
1.3	Contoh hasil pendeteksian kelompok	2
1.4	Data set GVEII, ETH, dan HTL	4
2.1	Transformasi homografi	8
2.2	<i>Trajectory</i> setiap entitas	8
2.3	Contoh <i>crews</i>	10
2.4	Arsitektur <i>crews</i>	12
2.5	Parameter <i>crews</i> kategori PDP	13
2.6	Parameter <i>crews</i> kategori IDP	16
2.7	Kriteria pilihan pada calon SPG	18
2.8	Penggabungan SPG dengan <i>gap</i>	19
2.9	Kerumunan pada <i>groups</i>	21
2.10	<i>groups</i> $\varepsilon$ -connected pada kerumunan	22
2.11	<i>Maximum groups</i>	22
2.13	$\varepsilon$ -event pada <i>maximum group</i>	23
2.12	$\varepsilon$ -event	23
2.14	Contoh visualisasi K-means	24
2.15	<i>Confusion matrix</i>	25
2.17	Contoh visualisasi pergerakan kolektif pada video hasil rekaman	26
2.16	Ilustrasi entitas bergerak pada video rekaman pergerakan [1]	26
2.18	Contoh visualisasi entitas	27
3.1	Visualisasi contoh kasus	29
3.2	Contoh pohon keputusan	36
3.3	Rumus <i>azimuth</i>	36
3.4	Contoh Cuplikan data <i>trajectory</i> ETH	37
3.5	Format data set yang digunakan	38
4.1	Diagram konteks	39
4.2	Diagram alir data tingkat pertama	41
4.3	Contoh berkas nama-nama file persiapan evaluasi	43
4.4	Contoh berkas log	44
4.5	Contoh berkas hasil pohon keputusan	44
4.6	Contoh berkas pemakaian parameter pohon keputusan	45
4.7	Contoh berkas hasil pengelompokan awal	45
4.8	Contoh berkas rekapitulasi	45
4.9	Contoh berkas hasil pengelompokan	46
4.10	Contoh berkas hasil persiapan evaluasi	46
4.11	<i>Command-line interface</i> pengelompokan <i>crews</i>	46
4.12	<i>Command-line interface</i> evaluasi kuantitatif	47
4.13	Diagram alir proses validasi masukan	47

4.14	Diagram alir proses penerjemahan data <i>trajectory</i> . . . . .	48
4.15	Diagram alir proses penerjemahan hasil pengelompokan manusia . . . . .	48
5.1	Cuplikan data <i>trajectory</i> ETH . . . . .	56
5.2	Cuplikan data <i>trajectory</i> HTL . . . . .	56
5.3	Cuplikan data <i>trajectory</i> GVEII . . . . .	56
5.4	Hasil awal pengelompokan <i>crews</i> . . . . .	57
6.1	Visualisasi pada video . . . . .	69
6.2	Keunggulan <i>crews</i> . . . . .	70
6.3	Jauh namun sekelompok . . . . .	71
6.4	Pengelompokan berdasarkan kecepatan . . . . .	72
6.5	Dekat namun tidak terdeteksi . . . . .	72
6.6	<i>Crews maxDuration</i> (kiri), <i>crews maxObject</i> (kanan). Pengelompokan berlawanan arah. . . . .	73
6.7	Empat pejalan kaki . . . . .	74

# BAB 1

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Pada masa kini, sudah banyak teknologi untuk mencatat lokasi seperti satelit dan GPS yang dapat dilihat pada Gambar 1.1. Alat pencatat lokasi atau dikenal sebagai alat pelacak, pada umumnya digunakan untuk melihat lokasi suatu entitas yang dapat bergerak. Entitas yang dimaksudkan adalah objek atau subjek yang dapat bergerak, seperti kendaraan, hewan, serta manusia. Pada umumnya, pencatatan lokasi entitas bergerak dilakukan secara berkala atau tidak teratur, tergantung kebutuhan. Contohnya adalah penggunaan satelit oleh [Google Maps](#). Dengan menggunakan kemampuan GPS untuk mencatat lokasi pengguna secara berkala, Google Maps dapat memprediksi jalan yang dapat ditempuh oleh pengguna untuk mencapai lokasi tujuan.

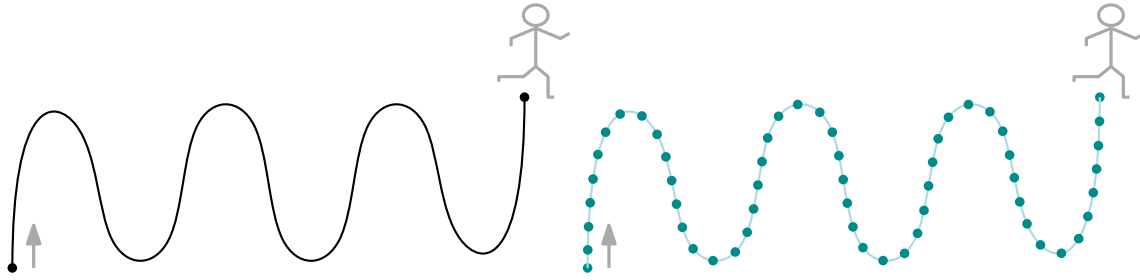


Gambar 1.1: Satelit <sup>1</sup> (kiri) dan GPS <sup>2</sup> (kanan).

Menurut Wiratma [1], setiap entitas yang bergerak pasti akan membentuk lintasan. Lintasan ini biasa juga disebut sebagai *trajectory*. Pergerakan entitas di dunia nyata selalu bersifat kontinu, atau berlanjut. Karena keterbatasan yang dimiliki oleh alat pelacak, pencatatan *trajectory* hanya dilakukan pada waktu tertentu saja. Hasil pencatatan *trajectory* akan berupa data posisi per waktu pengukuran. Untuk lebih jelasnya dapat diamati perbedaan antara *trajectory* di dunia nyata dengan *trajectory* sebagai data pada Gambar 1.2. Pada data *trajectory*, dapat terlihat ada titik-titik di dalam kurva yang terbentuk. Setiap titik tersebut merupakan posisi dari entitas bergerak pada saat alat pelacak mencatatnya. Biasanya, pergerakan entitas di antara dua titik akan dianggap bergerak lurus dengan kecepatan yang tetap.

<sup>1</sup>Newswire, 2019, diakses pada tanggal 19 April 2022, <https://teknologi.bisnis.com/read/20190403/101/907493/satelit-nusantara-satu-mengorbit-di-atas-papua>

<sup>2</sup>Rope Innovation Co., Ltd, diakses pada tanggal 19 April 2022, <https://m.made-in-china.com/product/GPS-Pet-Tracker-Activity-Hunting-Implant-Pet-Chip-Pet-Waterproof-Dog-GPS-Tracking-Collar-1905209945.html>



Gambar 1.2: *Trajectory* di dunia nyata (kiri) dan *trajectory* sebagai data (kanan) [1].



Gambar 1.3: Contoh hasil pendeteksian kelompok.

Ketersediaan data *trajectory* yang meningkat, memicu peningkatan minat untuk menganalisisnya. Salah satu analisis data *trajectory* yang cukup populer adalah pendeteksian kelompok. Contoh hasil pendeteksian kelompok dapat dilihat pada Gambar 1.3. Pada gambar tersebut dapat terlihat bahwa pendeteksian kelompok dari data *trajectory* dapat memberikan wawasan baru untuk memahami pergerakan entitas bergerak. Untuk memodelkan pola pergerakan kolektif dari data *trajectory*, perlu diperhatikan beberapa aspek, di antaranya:

1. Kedekatan spasial (*spatial proximity*): entitas yang melakukan perjalanan bersama, pada umumnya memiliki kedekatan secara spasial antara satu dengan yang lain.
2. Ukuran: jumlah minimum atau maksimum entitas yang dibutuhkan untuk membentuk kelompok.
3. Komponen temporal: waktu minimum yang dibutuhkan agar beberapa entitas yang bergerak bersama dapat dikategorikan sebagai pola pergerakan kolektif.

Penelitian-penelitian sebelumnya sudah banyak membuat model pergerakan kolektif dengan definisi-definisi yang sedikit berbeda satu sama lain, sebagai contoh: *flocks*, *moving micro-clusters*, *moving clusters*, *mobile groups*, *herds*, *convoys*, *swarms*, *traveling companions*, *gatherings*, *platoons*, *crews*, dan *groups*. Semua definisi bergantung pada setidaknya tiga parameter yang sudah dibahas sebelumnya, yaitu: parameter spasial, parameter ukuran, dan parameter temporal.

Pada tahun 2019, Loglisci [2] mendefinisikan *crews* sebagai sekelompok entitas bergerak yang mempertimbangkan interaksi antaranggota kelompok dan dinamika pergerakan dari setiap entitasnya (bagaimana gerakan berubah seiring berjalannya waktu). Model pergerakan kolektif ini berbeda dengan jenis pergerakan kolektif yang lain karena bisa untuk tidak menggunakan batasan spasial antaranggota kelompok. Dalam eksperimennya, Loglisci membandingkan *crews* dengan *swarm*. Baik *crews* dan *swarm* memungkinkan anggota kelompok keluar dari kelompoknya dan kemudian bergabung lagi setelah beberapa saat. Meskipun konsep ini agak dapat diterima dalam kehidupan nyata, tidak banyak definisi gerakan kolektif lain yang mengizinkan karakteristik semacam ini. Definisi *crews* memiliki keunikan dalam mengelompokkan, yakni hasil pengelompokan berupa diperbolehkan adanya *gap* waktu dari kelompok yang dihasilkan. Penggunaan parameter pergerakan bisa tidak selalu memperhatikan kedekatan spasial anggotanya.

Pada pengelompokan *crews*, diperhatikan juga parameter kedekatan spasial, ukuran kelompok, dan komponen temporal. Kedekatan spasial dilihat dengan menggunakan parameter posisi. Ukuran

kelompok dilihat dengan menggunakan nilai  $\mu$ . Komponen temporal dilihat dengan cara yang berbeda. Untuk melakukan pengelompokan *crews*, perlu ditentukan besar  $\tau$  dan nilai  $\gamma$  terlebih dahulu. Besar  $\tau$  adalah ukuran kelompok dari satuan waktu yang ingin dijadikan sebagai satu  $\tau$ , misalkan satu  $\tau = 5$  detik. Sementara  $\gamma$  adalah waktu maksimum dimana anggota kelompok dapat berpisah, tetapi masih dianggap sebagai anggota kelompok. Nilai  $\gamma$  disebutkan dalam satuan  $\tau$ , misal ditentukan satu  $\gamma = 2\tau$ . Pada *crews*, komponen temporal hanya bisa dilihat dari besar  $\tau$  dan nilai  $\gamma$  saja, bila ingin melihat berdasarkan waktu total sebuah kelompok bersamaan, harus dilihat di luar perhitungan *crews*. *Crews* juga melakukan pengelompokan dengan menggunakan tujuh parameter lain, yaitu: *azimuth*, perpindahan, posisi, jarak *azimuth*, rasio jarak, rasio tortuositas, dan rasio kecepatan. Parameter-parameter tersebut akan dihitung per setiap  $\tau$  dan setiap pasang  $\tau$ .

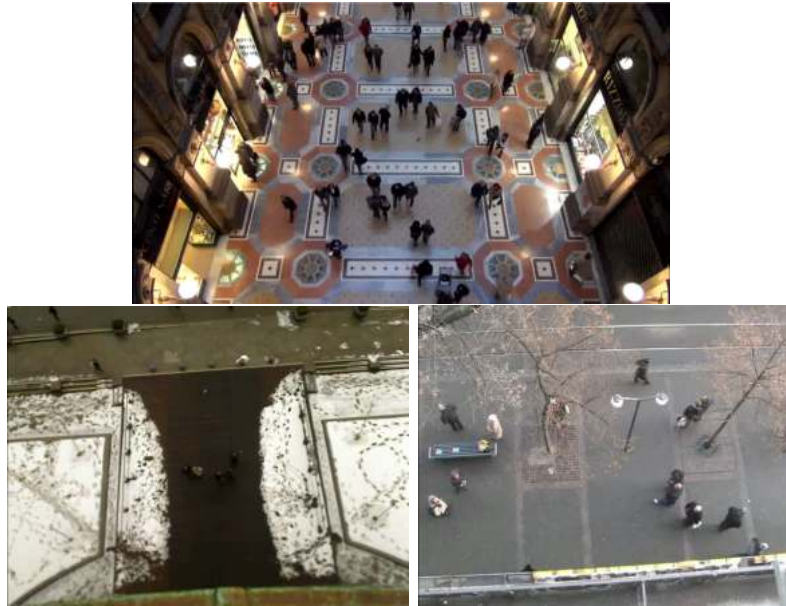
Pada skripsi ini, akan dilakukan implementasi perangkat lunak untuk pengelompokan *crews*. Pada implementasi pengelompokan *crews*, dibutuhkan data *trajectory* yang berisikan informasi mengenai posisi dan waktu dari setiap entitas bergerak. Video hasil rekaman yang akan digunakan untuk melakukan pengelompokan berasal dari video hasil rekaman kamera pengawas. Data *trajectory* yang diperlukan untuk melakukan pengelompokan sudah tersedia. Data *trajectory* yang dipakai sudah direpresentasikan ke lokasi pada lingkungan pergerakan dunia nyata. Karena perbedaan posisi entitas bergerak dalam piksel-piksel yang terdapat pada rekaman video dengan posisi entitas sesungguhnya yang bergerak dalam lingkungan pergerakan dunia nyata, maka penyedia data *trajectory* melakukan perhitungan homografi matrix untuk mendapatkan posisi dalam koordinat-koordinat dunia nyata. Dari data *trajectory* tersebut, akan diimplementasikan pengelompokan *crews*. Kemudian hasil pengelompokan akan dianalisis dan divisualisasikan dalam bentuk video yang digambarkan berdasarkan data hasil pengelompokan secara manual oleh manusia, hasil dari implementasi pengelompokan *crews*, dan data *trajectory* (koordinat dalam satuan piksel).

Pengelompokan yang akan dilakukan menggunakan *data set* pejalan kaki. Loglisci [2] membuat pengelompokan *crews* berdasarkan eksperimen yang dilakukannya terhadap data set *geolife*, dimana entitas yang dikelompokkan adalah hewan liar. Hal ini menyebabkan diperlukannya penyesuaian atau perbaikan pada cara pengelompokan *crews* agar dapat mengelompokkan pejalan kaki dengan baik.

Data set yang digunakan adalah data *trajectory* pejalan kaki. Beberapa data set yang digunakan pada disertasi Wiratma [1] akan dipakai untuk eksperimen *crews*. Data set yang dipakai berasal dari video rekaman kamera pengawas di lorong Vittorio Emanuele II Gallery, Milan, Itali (GVEII) [3], video rekaman dari depan Universitas ETH Zurich, Switzerland (ETH) dan trotoar dekat halte trem (HTL) [4]. Contoh gambar pada dataset dapat dilihat pada Gambar 1.4.

Dengan menggunakan data *trajectory*, akan dilakukan pengelompokan *crews* menggunakan perangkat lunak. Perangkat lunak yang akan dibuat, memiliki kemampuan untuk menerima masukan data *trajectory* dan melakukan pengelompokan berdasarkan definisi pengelompokan *crews*. Tentunya pengelompokan yang dilakukan oleh *crews* hasil implementasi ini akan memiliki perbedaan dengan yang dijelaskan pada definisi aslinya, karena perangkat lunak yang dibuat akan mengelompokkan berdasarkan definisi *crews* yang sudah disesuaikan agar dapat mengelompokkan data set pejalan kaki. Keluaran yang dihasilkan oleh perangkat lunak ini adalah hasil pengelompokan *crews* yang terdiri dari entitas-entitas anggota kelompok yang terbentuk, dan durasi kelompok tersebut terbentuk.

Dari hasil implementasi pengelompokan *crews*, dilakukan perbandingan hasil pengelompokan *crews* dengan hasil pengelompokan *groups* yang telah dilakukan oleh Wiratma [1]. Perbandingan yang dilakukan, bertujuan untuk melihat seberapa baik hasil pengelompokan perangkat lunak yang dibuat. Untuk melakukan perbandingan antara hasil pengelompokan *crews* dengan hasil pengelompokan *groups*, dilakukan evaluasi. Evaluasi dilakukan secara kuantitatif dan kualitatif. Evaluasi kuantitatif dilakukan dengan cara membandingkan hasil pengelompokan *crews* dengan hasil pengelompokan manusia. Evaluasi kualitatif dilakukan dengan melihat hasil visualisasi pengelompokannya. Visualisasi hasil pengelompokan *crews* yang dihasilkan oleh perangkat lunak pada rekaman video pergerakan pejalan kaki dilakukan dengan bantuan perangkat lunak visualisasi yang dibuat oleh Wiratma, dkk [5] dan Maurice Marx [6].



Gambar 1.4: Data set GVEII [3] (atas), data set ETH [4] (kiri), dan data set HTL [4] (kanan)

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian pada bagian sebelumnya, maka skripsi ini akan berusaha untuk menjawab permasalahan-permasalahan sebagai berikut:

1. Bagaimana melakukan deteksi kelompok pada entitas pejalan kaki berdasarkan definisi *crews*?
2. Bagaimana mengimplementasikan algoritma untuk melakukan deteksi kelompok berdasarkan definisi *crews*?
3. Bagaimana performa dari definisi *crews* jika dibandingkan dengan hasil pendeteksian kelompok yang telah dilakukan oleh Wiratma [1]?

## 1.3 Tujuan

Berdasarkan masalah-masalah yang sudah dirumuskan, maka skripsi ini bertujuan untuk:

1. Memahami pengelompokan entitas bergerak berdasarkan definisi *crews*
2. Membuat sebuah perangkat lunak yang dapat melakukan deteksi kelompok berdasarkan definisi *crews*
3. Melakukan eksperimen menggunakan perangkat lunak yang sudah dibuat dan mengevaluasi hasil eksperimen serta membandingkannya dengan hasil pengelompokan *groups* yang telah dilakukan oleh Wiratma [1].

## 1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah dari penelitian ini adalah evaluasi dilakukan dengan cara yang sama seperti yang dilakukan oleh Wiratma [1] yaitu secara kuantitatif dan secara kualitatif.

## 1.5 Metodologi

Langkah-langkah yang dilakukan pada penelitian ini adalah :

1. Studi literatur *trajectory*  
Pada tahap ini dilakukan studi literatur mengenai pemahaman dari *trajectory*.



2. Studi literatur *groups*  
Pada tahap ini dilakukan studi literatur mengenai cara pengelompokan entitas bergerak berdasarkan definisi *groups*.
3. Studi literatur *crews*  
Pada tahap ini dilakukan studi literatur mengenai cara pengelompokan entitas bergerak berdasarkan definisi *crews*.
4. Analisis dan perancangan perangkat lunak untuk pengelompokan entitas bergerak *crews*  
Pada tahap ini dilakukan analisis untuk menentukan parameter-parameter yang dipakai dan perancangan perangkat lunak untuk mengelompokkan entitas bergerak berdasarkan definisi *crews*.
5. Implementasi  
Pada tahap ini dilakukan implementasi pengelompokan entitas bergerak berdasarkan definisi *crews*.
6. Eksperimen  
Pada tahap ini dilakukan eksperimen terhadap perangkat lunak pengelompokan entitas bergerak *crews*.
7. Analisis hasil eksperimen  
Pada tahap ini dilakukan analisis terhadap hasil eksperimen.
8. Penulisan dan Kesimpulan  
Pada tahap ini dilakukan penulisan dokumen skripsi dan pembuatan kesimpulan dari hasil penelitian.

## 1.6 Sistematika Pembahasan

Sistematika pembahasan penelitian ini, yaitu:

1. Bab 1 Pendahuluan, berisi tentang permasalahan yang akan dibahas pada penelitian ini serta latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, batasan masalah, metode penelitian, dan sistematika pembahasan.
2. Bab 2 Landasan Teori, berisi tentang teori dasar dan pengetahuan mengenai pengelompokan entitas bergerak *groups* dan *crews*.
3. Bab 3 Analisis, berisi tentang analisis masalah yang telah dideskripsikan pada Bab 1 dan menentukan apa saja kebutuhan perangkat lunak yang akan dibangun, sebagai solusi dari masalah tersebut.
4. Bab 4 Perancangan dan Implementasi Perangkat Lunak, berisi perancangan perangkat lunak dan implementasi dari pengelompokan entitas bergerak *crews* berdasarkan hasil analisis definisi.
5. Bab 5 Pengujian dan Penyesuaian Algoritma *Crews*, berisi bahasan mengenai pengujian dan penyesuaian perangkat lunak pengelompokan *crews* agar dapat melakukan pengelompokan pada kasus pejalan kaki.
6. Bab 6 Eksperimen, berisikan eksperimen yang dilakukan menggunakan perangkat lunak pengelompokan *crews* yang telah dibuat pada bab sebelumnya. Dalam bab ini, akan dijelaskan mengenai metodologi dari proses evaluasi yang digunakan, serta data *trajectory* yang digunakan. Dibahas juga mengenai hasil eksperimen yang dilakukan terhadap data *trajectory* menggunakan perangkat lunak pengelompokan *crews*. Hasil pengelompokan perangkat lunak *crews* akan dibandingkan dengan hasil pengelompokan *groups* yang dilakukan oleh Wiratma [1] untuk melihat hasil dari penyesuaian perangkat lunak yang telah dilakukan pada bab sebelumnya.
7. Bab 7 Kesimpulan dan Saran, berisi tentang apa yang dapat diambil dari hasil pengelompokan entitas bergerak *crews* yang telah diimplementasikan dan disesuaikan untuk mengelompokkan pejalan kaki. Melihat kembali apakah sudah memenuhi tujuan penelitian atau belum. Pada bab ini juga akan disebutkan beberapa saran yang membangun bagi pembaca.

