

RAMALAN GEO-LOKASI KES JENAYAH SUSPEK
BERULANG BERDASARKAN TEORI SET
ZERMELO-FRAENKEL DAN RANGKAIAN
NEURAL

MOHAMMED ARIFF ABDULLAH

UNIVERSITI KEBANGSAAN MALAYSIA

RAMALAN GEO-LOKASI KES JENAYAH SUSPEK BERULANG
BERDASARKAN TEORI SET ZERMELO-FRAENKEL
DAN RANGKAIAN NEURAL

MOHAMMED ARIFF ABDULLAH

TESIS YANG DIKEMUKAKAN UNTUK MEMPEROLEHI
IJAZAH DOKTOR FALSAFAH

FAKULTI TEKNOLOGI DAN SAINS MAKLUMAT
UNIVERSITI KEBANGSAAN MALAYSIA
BANGI

2019

PENGAKUAN

Saya akui karya ini adalah hasil kerja saya sendiri kecuali nukilan dan ringkasan yang tiap-tiap satunya telah saya jelaskan sumbernya.

02 October 2019

MOHAMMED ARIFF ABDULLAH
P61080

PENGHARGAAN

Segala puji-pujian kepada Allah SWT Yang Maha Kuasa, tuhan alam semesta yang menjadikan kehidupan dunia ini penuh dengan ujian dan cabaran. Tanpa izinNya, penulis tidak mungkin dapat menyempurnakan tesis ini. Berkah dan damai kepada Nabi Muhammad SAW.

Alhamdulillah, penulis diberkati dengan isteri -- Ayeesha Wong Wai Yee -- yang memperlihatkan sepenuh kesabaran dalam mengharungi kesulitan, rintangan dan halangan kehidupan bersama. Juga kepada anak-anak yang dikasihi Taufiq Wong, Sarah Wong, Jasmein Wong, Amber Wong serta Ryan Wong yang mana penulis kurang menghabiskan masa bersama ketika dalam proses menyelesaikan karya ini.

Penghormatan kepada arwah ibu bapa penulis, ayah tercinta Abdullah bin Hj Mohamed Yunus dan ibu tercinta, Norfadzillah binti Mohd Salleh, yang sepanjang hidup mereka telah bekerja keras untuk mencurahkan kasih sayang, memberikan dorongan dan bantuan yang berterusan kepada penulis untuk memperoleh pengetahuan dan sentiasa menggalakkan penulis untuk menimba ilmu. Penulis berasa sedih kerana kedua-dua arwah ibu bapa telah pergi dan tidak dapat melihat hasil tesis ini. Semoga mereka sentiasa diberkati oleh Allah SWT, disenangkan perjalanan mereka ke Firdaus, dilindungi dari segala kesukaran dan bersatu dengan Nabi Muhammad s.a.w. yang dikasihi.

Penghargaan kepada Profesor Madya Dr Md Jan Nordin dan Profesor Madya Dr Siti Norul Huda Sheikh Abdullah. Mereka tanpa henti telah membantu menjayakan penulisan tesis ini dan juga dengan penuh sabar mengharungi kesulitan melayan karenah penulis. Penulis tidak dapat menandingi kesabaran dan ketabahan seperti yang ditunjukkan oleh mereka.

Terima kasih kepada pasukan petugas Program Bandar Selamat Bidang Keberhasilan Utama Negara dan Polis Diraja Malaysia atas kerjasama dan kebenaran mereka untuk menggunakan data berpermintaan tinggi yang sangat diperlukan untuk tesis ini.

Doa dan harapan terbaik bagi mereka yang telah membantu penulis dan semoga mereka diberkati oleh Allah SWT. Semoga Allah SWT sentiasa mencurahi mereka dengan cinta, perlindungan dan kebahagiaan.

ABSTRAK

Sistem Pemantauan Bandar Selamat (SPBS) di bawah Program Bandar Selamat adalah hasil kerjasama cemerlang di antara Jabatan Perancangan Bandar Dan Desa (JPBD) dan Polis Diraja Malaysia (PDRM). Melalui SPBS, insiden jenayah dipetakan ke Pangkalan Data Sistem Maklumat Kawasan Dan Pemetaan ataupun Sistem Maklumat Geografi (SMG) berpusat membolehkan JPBD dan PDRM menzahirkan gambaran insiden jenayah dan trend titik panas untuk tujuan menghampiri kedudukan sasaran dan memperkukuhkan aktiviti kepolisan dan pembasmian jenayah. SPBS mempunyai ciri yang dikenali sebagai Carian Lokasi Berulang (CLB) yang berfungsi mengenal pasti kelompok titik-titik panas dan mewujudkan jarak penimbal untuk menentukan anjakan lokasi jenayah. Isu model anjakan ialah sukar menentukan dengan tepat arah anjakan lokasi jenayah kerana anjakan boleh bergerak ke mana-mana arah. Di samping itu, model anjakan berfungsi dengan menetapkan jarak penimbal dari lokasi asal. Objektif utama tesis ini adalah untuk mencadangkan penciptaan ruang kerja suspek berulang dan menentukan ruang kerja baharu mereka berdasarkan hubungan-kait antara ciri geospasial yang membentuk ruang kerja dan sifat jarak mereka. Fitur geospasial adalah dalam bentuk titik dan poli-garisan dan maklumat disimpan mereka adalah jarak fitur-fitur geospasial dari lokasi jenayah suspek. Melalui penggunaan Teori Set Zermelo-Fraenkel dan Rangkaian Neural, kajian ini dapat meneroka dan menentukan ruang kerja geo-lokasi berikutnya bagi suspek berulang melalui fitur-fitur geospasial serta nila-nilai jarak dan seterusnya dapat meramal geo-lokasi di mana mereka akan melakukan jenayah seterusnya. Oleh kerana objektif pertama menggunakan semua fitur geospasial yang mengandungi kedua-dua sifat diskriminatif dan tidak diskriminatif, kajian ini mencapai peratusan keupayaan yang sangat rendah semasa membina ruang kerja untuk suspek berulang. Dengan motivasi tersebut, tujuan kedua tesis ini adalah untuk membandingkan Kaedah Eliminasi Kekerapan (KEK) dengan Kaedah Eliminasi Jarak (KEJ) untuk penghapusan ciri-ciri geospasial yang tidak diskriminatif dan memperkenalkan satu kaedah penilaian yang boleh menghasilkan ruang kerja dengan keupayaan ramalan yang lebih baik. Objektif ketiga tesis ini adalah mendapatkan penerimaan dari pemegang kepentingan iaitu Program Bandar Selamat dan PDRM. Pelaksanaan untuk objektif pertama dan kedua tesis ini telah diuji pada set data SPBS dan PDRM yang terdiri daripada 74 suspek berulang di sekitar kawasan Selangor, Wilayah Persekutuan Kuala Lumpur dan Putrajaya yang bermula dari 1 Januari hingga 31 Disember 2013. Ujian ke atas penyelesaian kepada objektif pertama sebagai ujikaji kawalan mendapati bahawa keupayaan ramalan hanya mencapai 7.69% daripada jumlah kes. Sebaik sahaja ujikaji kawalan didapati berjaya, kajian ini meneroka fitur geospasial yang lebih sesuai untuk ramalan ruang kerja yang lebih baik. Pelaksanaan ke atas objektif kedua menyaksikan keupayaan ramalan meningkat ke 85.71% dan 78.57% dari jumlah kes dengan menggunakan teknik-teknik KEJ dan KEK secara tertib. Pembentangan telah dibuat kepada Program Bandar Selamat dan PDRM yang menyimpulkan bahawa kaedah Ruang Kerja baharu ini boleh digunakan dalam lanskap SPBS dan ini memenuhi objektif ketiga tesis ini.

GEO-LOCATION PREDICTION OF REPEATED CRIMINAL SUSPECT BASED ON THE ZERMELO-FRAENKEL SET THEORY AND NEURAL NETWORK

ABSTRACT

The Safe City Monitoring System (SCMS) under the Safe City Program utilizes an award winning partnership between the Department of Town & Country Planning (JPBD) and the Royal Malaysian Police (PDRM). Crime incidents are mapped into a centralized Geographical Information System Database hence enabling the JPBD and the PDRM to visualize crime incidents and trends of hot spots for target hardening and policing works. The SCMS has a feature called Repeat Location Finder (RLF) which functions by identifying hot spots and creating a buffer to identify the displacement of crimes. The issue with a displacement model is that it does not pinpoint the direction of the crime movements as displacement may take place in any direction. In addition, a displacement model works with a preset distance from the point of origin. This first objective of this thesis is to propose the creation of workspaces of the serial criminal suspects and to determine their new predicted workspaces based on the association between the geo-spatial features encapsulating the workspaces and their distance values. Geo-spatial features are in the forms of points and polylines and may contain information such as distances of the geo-spatial features away from the suspects' crime locations. Through the use of the Zermelo-Fraenkel Set Theory with Neural Network, this study explores and determines the next geo-location workspace of serial criminal suspects through the distance values of its geo-spatial features and hence enabling the prediction of their next geo-location where they might commit their next offences. Since the first objective uses all the geo-spatial features which contain both discriminative and indiscriminative properties, we only managed to achieve a very small percentage of prediction capability when creating workspaces for the serial criminal suspects. With that motivation, the second objective of this thesis is to compare Frequency Elimination Method (FEM) versus Distance Elimination Method (DEM) meant for indiscriminative geo-spatial feature removal and to introduce evaluation methods involving areas of the workspaces for better prediction capability. The third objective of this thesis is to obtain buy-in from the Safe City Program and PDRM as the expert users. Executions to the first and second objectives of this paper have been tested on the SCMS and RMP dataset comprising 74 actual serial criminal suspects within the areas of Selangor, Federal Territories of Kuala Lumpur and Putrajaya spanning from January 1st to December 31st, 2013. In experimenting the solution to the first objective as the baseline experiment, the prediction capability only reached a relatively low 7.69% of the total cases. Once the baseline was established, this study explored the spatial features well-suited for better prediction of the workspaces. When objective two is explored, the prediction capability surged to 85.71% and 78.57% of the total cases after using the DEM and FEM methods respectively. Presentations have been made to both the Safe City Program and the RMP which concluded that the new Workspac method is applicable in the SCMS landscape and this adheres to the third objective of this thesis.

	2.6.2 Hubungan Geospasial Jenayah Dari Sudut Sosial	74
2.7	Kaedah Pemetaan	81
2.8	Penggunaan Data Elektronik	83
2.9	Peramalan Lokasi	95
2.10	Ringkasan	129
BAB III	METODOLOGI	
3.1	Kerangka Penyelidikan	132
3.2	Penglibatan Pihak Berkepentingan	140
3.3	Rekabentuk Penyelidikan	144
3.4	Kaedah Penilaian	148
3.5	Langkah-langkah Ujikaji Untuk Pembinaan Ruang Kerja Dan Peramalan	149
3.6	Data Untuk Penyelidikan	155
	3.6.1 Data Fitur Geospasial Bukan Jenayah	155
	3.6.2 Data Bentuk Poligon	156
	3.6.3 Data Bentuk Poli-Garisan	160
	3.6.4 Data Bentuk Fitur Titik	162
	3.6.5 Topografi Data Jenayah	178
	3.6.6 Jarak Bergerak Suspek Berulang	180
3.7	Pemilihan Parameter Rangkaian	184
3.8	Ringkasan	196
BAB IV	KAEDAH RUANG KERJA YANG DICADANGKAN	
4.1	Pengenalan	199
4.2	Konsep Ruang Kerja (workspace)	199
4.3	Penggunaan Teori Set	205
4.4	Ringkasan	216
BAB V	PENDEKATAN ELIMINASI JARAK DAN KEKERAPAN TERHADAP DATA RUANG GEOSPASIAL BUKAN JENAYAH DAN JENAYAH BERULANG	
5.1	Ujikaji Kawalan Untuk Mencapai Objektif 1	218
5.2	Mencapai Objektif Tesis Kedua	235

5.2.1	Kaedah Eliminasi Jarak	235
5.2.2	Kaedah Eliminasi Kekerapan	253
5.3	Mencari Lokasi 3 Dengan Menggunakan Lokasi 2	258
5.4	Hasil Peramalan Ujian Kawalan	265
5.5	Hasil Peramalan Melalui Kaedah Eliminasi Jarak	266
5.6	Hasil Peramalan Melalui Kaedah Eliminasi Kekerapan	271
5.7	Hasil Peramalan Lokasi 3	274
5.8	Ringkasan Keputusan	281
5.9	Verifikasi Hasil Ujikaji	282
5.9.1	Maklum Balas Polis DiRaja Malaysia	282
5.9.2	Maklum Balas Jabatan Perancangan Bandar Dan Desa	283
5.9.3	Responden Kaji Selidik	285
5.10	Ringkasan	294
BAB VI	RUMUSAN DAN CADANGAN	
6.1	Pengenalan	296
6.2	Kesimpulan Ujikaji	296
6.3	Keunikan Kaedah Ruang Kerja	300
6.4	Implikasi Kepada Perancangan Bandar	301
6.5	Implikasi Kepada Program Bandar Selamat	302
6.6	Jawapan Kepada Soalan-Soalan Penyelidikan	304
6.7	Cadangan Kepada Penyelidik Akan Datang	305
6.8	Ringkasan	308
		311
RUJUKAN		
Lampiran A	Senarai Fitur Yang Lengkap Serta Kiraan Jarak (KM) Terdekat Lokasi 1 Dengan Setiap Fitur Untuk Setiap Suspek berulang	324
Lampiran B	Senarai Fitur Yang Lengkap Serta Kiraan Jarak (KM) Terdekat Lokasi 2 Dengan Setiap Fitur Untuk Setiap Suspek berulang	329
Lampiran C	Fitur poli-garisan yang mewakili maklumat jaringan Jalan Transit	334
Lampiran D	Fitur poli-garisan yang mewakili maklumat jaringan Jalan Negeri	335

Lampiran E	Fitur poli-garisan yang mewakili maklumat jaringan Jalan Tempatan	336
Lampiran F	Fitur poli-garisan yang mewakili maklumat jaringan Jalan Persekutuan	337
Lampiran G	Fitur poli-garisan yang mewakili maklumat jaringan Jalan Lebuhraya	338
Lampiran H	Fitur titik yang mewakili maklumat Lokasi Khidmat Bank	339
Lampiran I	Fitur titik yang mewakili maklumat Lokasi Bas & Teksi	340
Lampiran J	Fitur titik yang mewakili maklumat Lokasi Perkuburan	341
Lampiran K	Fitur titik yang mewakili maklumat Lokasi Kolej & Universiti	342
Lampiran L	Fitur titik yang mewakili maklumat Lokasi Tempat Komersil	343
Lampiran M	Fitur titik yang mewakili maklumat Lokasi Kedutaan	344
Lampiran N	Fitur titik yang mewakili maklumat Lokasi Balai Bomba	345
Lampiran O	Fitur titik yang mewakili maklumat Lokasi Tempat Makan	346
Lampiran P	Fitur titik yang mewakili maklumat Lokasi Padang Golf	347
Lampiran Q	Fitur titik yang mewakili maklumat Lokasi Khidmat Kerajaan	348
Lampiran R	Fitur titik yang mewakili maklumat Lokasi Hospital & Khidmat Perubatan	349
Lampiran S	Fitur titik yang mewakili maklumat Lokasi Hotel	350
Lampiran T	Fitur titik yang mewakili maklumat Lokasi Perpustakaan	351
Lampiran U	Fitur titik yang mewakili maklumat Lokasi Pasar	352
Lampiran V	Fitur titik yang mewakili maklumat Lokasi Muzium	353
Lampiran W	Fitur titik yang mewakili maklumat Lokasi Taman Rekreasi	354

Lampiran X	Fitur titik yang mewakili maklumat Lokasi Stesen Petrol	355
Lampiran Y	Fitur titik yang mewakili maklumat Lokasi Tempat Tumpuan	356
Lampiran Z	Fitur titik yang mewakili maklumat Lokasi Rumah Ibadat	357
Lampiran AA	Fitur titik yang mewakili maklumat Lokasi Balai Polis	358
Lampiran BB	Fitur titik yang mewakili maklumat Lokasi Pelabuhan & Jeti	359
Lampiran CC	Fitur titik yang mewakili maklumat Lokasi Pejabat Pos	360
Lampiran DD	Fitur titik yang mewakili maklumat Lokasi Stesen Rel & LRT	361
Lampiran EE	Fitur titik yang mewakili maklumat Lokasi Kawasan Perumahan	362
Lampiran FF	Fitur titik yang mewakili maklumat Lokasi Sekolah	363
Lampiran GG	Fitur titik yang mewakili maklumat Lokasi Pusat Membeli-belah	364
Lampiran HH	Fitur titik yang mewakili maklumat Lokasi Pusat Sukan	365
Lampiran II	Fitur titik yang mewakili maklumat Lokasi Plaza Tol	366
Lampiran JJ	Perincian Maklumat Suspek Bersiri	367
Lampiran KK	Hasil Kaji Selidik responden pakar berkenaan penggunaan teknologi dan pemetaan jenayah	377
Lampiran LL	Hasil Kaji Selidik responden pengguna berkenaan penggunaan teknologi dan pemetaan jenayah	378
Lampiran MM	Hasil Kaji Selidik responden pakar berkenaan pembangunan model ruang kerja	379
Lampiran NN	Hasil Kaji Selidik responden pengguna berkenaan pembangunan model ruang kerja	380

SENARAI JADUAL

No. Jadual		Halaman
Jadual 2.1	Kategori jenayah yang dipetakan oleh Program Bandar Selamat	48
Jadual 2.2	Pseudokod Carian Lokasi Berulang	54
Jadual 2.3	Senarai maklumat sosio-ekonomi sebagai petunjuk kepada jenis-jenis jenayah di sesuatu negara	80
Jadual 2.4	Matriks analisis faktor risiko samun untuk tahun 2012 di Glendale, Arizona	113
Jadual 2.5	Perbandingan model ruang kerja dengan model-model ramalan yang lain	122
Jadual 3.1	Senarai lengkap fitur-fitur serta data yang diwakili seperti yang diguna pakai oleh Program Bandar Selamat	156
Jadual 3.2	Parameter perimeter dan keluasan pihak berkuasa tempatan	159
Jadual 3.3	Panjang jajaran fitur poli-garisan menurut jenis dan lokasi pihak berkuasa tempatan	161
Jadual 3.4	Taburan kewujudan fitur titik menurut sempadan pihak berkuasa tempatan	164
Jadual 3.5	Tetapan Dan Nilai Parameter Rangkaian Neural Untuk Larian-larian Percubaan	184
Jadual 5.1	Larian ujikaji kawalan kali ketiga menunjukkan hasil menggunakan Lokasi 1 untuk meramal Lokasi 2 dengan menggunakan fitur titik dan fitur poli-garisan	234
Jadual 5.2	Jarak menurut kiraan purata antara kesemua fitur geospasial dengan kesemua Lokasi 1 dan Lokasi 2 untuk kesemua suspek berulang	239
Jadual 5.3	Jarak menurut kiraan terdekat antara kesemua fitur geospasial dengan kesemua Lokasi 1 dan Lokasi 2 untuk kesemua suspek berulang	240
Jadual 5.4	Fitur titik dan fitur poli-garisan geospasial yang dicantas untuk meramal Lokasi 2 melalui Kaedah	241

	Eliminasi Jarak dengan menggunakan kiraan jarak purat	
Jadual 5.5	Fitur titik dan fitur poli-garisan geospasial yang dicantas untuk meramal Lokasi 2 melalui Kaedah Penghapusan Jarak dengan menggunakan kiraan jarak terdekat	242
Jadual 5.6	Hasil larian meramal Lokasi 2 melalui Kaedah Eliminasi Jarak dengan menggunakan kesemua fitur titik dan fitur poli-garisan dan kiraan jarak purata (Sila rujuk Jadual 5.4 untuk senarai lengkap fitur geospasial yang dicantas bagi setiap set larian.)	245
Jadual 5.7	Hasil larian meramal Lokasi 2 melalui Kaedah Eliminasi Jarak dengan menggunakan kesemua fitur titik dan fitur poli-garisan dan kiraan jarak terdekat (Sila rujuk Jadual 5.5 untuk senarai lengkap fitur geospasial yang dicantas bagi setiap set larian.)	246
Jadual 5.8	Jarak menurut kiraan purata untuk kesemua fitur titik geospasial sahaja dengan kesemua Lokasi 1 dan Lokasi 2 untuk kesemua suspek berulang	247
Jadual 5.9	Jarak menurut kiraan terdekat untuk kesemua fitur titik geospasial sahaja dengan kesemua Lokasi 1 dan Lokasi 2 untuk kesemua suspek berulang	249
Jadual 5.10	Fitur titik geospasial yang dicantas untuk meramal Lokasi 2 melalui Kaedah Penghapusan Jarak menggunakan jarak purata	249
Jadual 5.11	Fitur titik geospasial yang dicantas untuk meramal Lokasi 2 melalui Kaedah Penghapusan Jarak menggunakan kiraan jarak terdekat	250
Jadual 5.12	Hasil larian meramal Lokasi 2 melalui Kaedah Eliminasi Jarak dengan menggunakan fitur titik sahaja dan kiraan jarak purata (Rujuk Jadual 5.10 untuk senarai lengkap fitur geospasial yang dicantas bagi setiap set larian.)	251
Jadual 5.13	Hasil larian meramal Lokasi 2 melalui Kaedah Eliminasi Jarak dengan menggunakan fitur titik sahaja dan kiraan jarak terdekat (Rujuk Jadual 5.11 untuk senarai lengkap fitur geospasial yang dicantas bagi setiap set larian.)	252
Jadual 5.14	Kiraan kekerapan untuk kesemua fitur titik geospasial	255

Jadual 5.15	Jadual 5.15 Fitur-fitur geospasial yang dicantas untuk meramal Lokasi 2 melalui Kaedah Eliminasi Kekerapan	256
Jadual 5.16	Hasil larian meramal Lokasi 2 melalui Kaedah Eliminasi Kekerapan dengan menggunakan fitur titik sahaja (Sila rujuk Jadual 5.15 untuk senarai lengkap fitur geospasial yang dicantas bagi setiap set larian)	257
Jadual 5.17	Hasil larian meramal Lokasi 3 dengan menggunakan Lokasi 2 melalui Kaedah Eliminasi Jarak dengan menggunakan kesemua fitur titik dan fitur poli-garisan dan kiraan jarak purata (Rujuk Jadual 5.4 untuk senarai lengkap fitur geospasial yang dicantas bagi setiap set larian.)	260
Jadual 5.18	Hasil larian meramal Lokasi 3 dengan menggunakan Lokasi 2 melalui Kaedah Eliminasi Jarak dengan menggunakan kesemua fitur titik dan fitur poli-garisan dan kiraan jarak terdekat (Rujuk Jadual 5.5 untuk senarai lengkap fitur geospasial yang dicantas bagi setiap set larian.)	261
Jadual 5.19	Hasil larian meramal Lokasi 3 dengan menggunakan Lokasi 2 melalui Kaedah Eliminasi Jarak dengan menggunakan fitur titik sahaja dan kiraan jarak purata (Rujuk Jadual 5.10 untuk senarai lengkap fitur geospasial yang dicantas bagi setiap set larian.)	262
Jadual 5.20	Hasil larian meramal Lokasi 3 dengan menggunakan Lokasi 2 melalui Kaedah Eliminasi Jarak dengan menggunakan fitur titik sahaja dan kiraan jarak terdekat. (Rujuk Jadual 5.11 untuk senarai lengkap fitur geospasial yang dicantas bagi setiap set larian.)	263
Jadual 5.21	Hasil larian meramal Lokasi 3 dengan menggunakan Lokasi 2 melalui Kaedah Eliminasi Kekerapan dengan menggunakan fitur titik sahaja (Rujuk Jadual 5.15 untuk senarai lengkap fitur geospasial yang dicantas bagi setiap set larian.)	264
Jadual 5.22	Larian ujikaji menunjukkan hasil menggunakan Lokasi 2 untuk meramal Lokasi 3	277
Jadual 5.23	Ringkasan keputusan ujikaji	281

SENARAI ILUSTRASI

No. Rajah		Halaman
Rajah 1.1	Peta tenggara Amerika Syarikat yang menunjukkan lokasi mangsa-mangsa pembunuhan yang dikaitkan dengan “The Railroad Killer”	29
Rajah 2.1	Empat Pilar Transformasi Kerajaan	43
Rajah 2.2	Laporan Jenayah Terindex Kebangsaan 2006 – 2008	44
Rajah 2.3	Sistem Tinjauan Kepuasan Pelanggan Dilancarkan oleh Polis Selangor bagi Orang Awam untuk Memberi Maklum Balas Mengenai Prestasi Polis Negeri Selangor	45
Rajah 2.4	Paparan khidmat berjaga-jaga "MyDistress SOS" yang dilancarkan oleh Polis DiRaja Malaysia Kontinjen Selangor untuk penduduk negeri Selangor	45
Rajah 2.5	Integrasi Sistem Pemantauan Bandar Selamat dengan Sistem Laporan Polis	47
Rajah 2.6	Proses Pemetaan Jenayah	50
Rajah 2.7	Halaman utama capaian laman sesawang Program Bandar Selamat	51
Rajah 2.8	Halaman akses diberikan bagi membolehkan pemahaman lanjut mengenai keupayaan pemetaan jenayah	52
Rajah 2.9	Lokasi tumpuan jenayah keganasan di sekitar Kuala Lumpur dari tahun 2011 hingga 2013	52
Rajah 2.10	Taburan kedudukan Lokasi Carian Berulang	53
Rajah 2.11	Proses pencarian lokasi berulang	55
Rajah 2.12	Gambaran Carian Lokasi Berulang. (a) Beberapa kejadian jenayah berlaku berdekatan antara satu sama lain (b) Sebuah kawasan kelompok titik panas dicipta (c) Ruang penampakan dibuat menggunakan satu jarak penampakan pra-tetap	56
Rajah 2.13	Paparan ruang kerja ArcGIS	57

Rajah 2.14	Paparan utama modul rangkaian neural perisian Visual Gene Developer	58
Rajah 2.15	Seni bina neuron tiruan	60
Rajah 2.16	Topologi rangkaian neural	61
Rajah 2.17	Pemetaan data di dalam rangkaian neural	62
Rajah 2.18	Fitur-fitur x_1, x_2 dan x_3 wujud di dalam ruang yang terbatas di lokasi-lokasi berbeza dengan jarak jejari yang serupa dan membentuk tiga set berbeza	65
Rajah 2.19	Set x_1, x_2 dan x_3 wujud dalam ruangan yang terbatas dan kesemuanya mempunyai kawasan yang bertindan	67
Rajah 2.20	Kawasan berceloreng mewakili operasi set iaitu x_1 bersilang dengan x_2 ($x_1 \cap x_2$), x_2 bersilang dengan x_3 ($x_2 \cap x_3$), dan x_3 bersilang dengan x_1 ($x_3 \cap x_1$)	67
Rajah 2.21	Kawasan berceloreng mewakili operasi set iaitu x_1, x_2 dan x_3 bersilang ($x_1 \cap x_2 \cap x_3$)	68
Rajah 2.22	Kawasan berceloreng mewakili operasi set iaitu kesatuan x_1, x_2 dan x_3 ($x_1 \cup x_2 \cup x_3$)	68
Rajah 2.23	Set x_4, x_5 dan x_6 wujud dalam ruangan yang terbatas di mana tidak kesemuanya bertindan	69
Rajah 2.24	Kawasan berceloreng mewakili operasi set iaitu x_4 bersilang dengan x_5 ($x_4 \cap x_5$) dan x_5 bersilang dengan x_6 ($x_5 \cap x_6$)	70
Rajah 2.25	Kawasan berceloreng mewakili operasi set iaitu kesatuan x_4, x_5 dan x_6 ($x_4 \cup x_5 \cup x_6$)	70
Rajah 2.26	Kelompok-kelompok wabak taun sebagaimana dipetakan oleh Dr John Snow (a) Kes-kes wabak telah ditandakan dan kawasan kelompok titik panas telah dikenalpasti di dalam kawasan garis putus-putus (b) Pandangan zoom ke dalam di mana pam air dikatakan sebagai punca wabak (Matrix, 2017)	72
Rajah 2.27	Teknik lazim pemetaan kelompok titik panas (a) Pemetaan Titik Diskrit/Berasingan (b) Pemetaan Koroplet (c) Pemetaan Grid (d) Pemetaan Elips Geospasial (e) Pemetaan Ketumpatan Kernel	82
Rajah 2.28	Pergerakan kelompok titik panas jenayah pecah rumah dari bulan Jun ke bulan Julai	85

Rajah 2.29	Kelompok titik panas pemanduan ketika di bawah pengaruh alkohol	85
Rajah 2.30	Sifat-sifat kelompokan berdasarkan kaedah DBSCAN dan CLARANS	87
Rajah 2.31	Sifat-sifat kelompokan berdasarkan kaedah DBSCAN, SOM dan k-Mean	88
Rajah 2.32	Risalah ClearMAP	89
Rajah 2.33	Pemetaan jenayah untuk lokasi yang sama dengan kaedah yang berbeza untk menunjukkan maklumat yang berbeza (a) Setiap titik mewakili kejadian jenayah (b) Setiap titik mewakili satu kelompok untuk fitur yang penting untuk kejadian jenayah itu	91
Rajah 2.34	Ketumpatan jeayah pembunuhan dan rogol dari tahun 2001 hingga 2012 di India menurut negeri dan wilayah (a) Peta ketumpatan menurut negeri dan wilayah dan (b) Peta ketumpatan jenayah menurut kawasan	93
Rajah 2.35	Paparan pemetaan "Project Pin Point"	94
Rajah 2.36	Gambaran penggunaan model Rossmo (a) Kawasan geo-pagar yang menunjukkan lokasi kelompok kejadian jenayah (b) Penandaan kelompok titik panas dan ruang pemanpan.	96
Rajah 2.37	Cadangan analisis visual data jenayah (a) Analisis kekerapan sentimen (b) Analisis kekerapan jenayah	99
Rajah 2.38	Contoh ramalan lokasi kejadian jenayah melalui kaedah hibrid analisis visual, analisis sentimen sosial melalui Twitter dan media-media sosial, dan teknik statistik	100
Rajah 2.39	Lakaran lokasi jenayah menurut kaedah Malleson (a) Pemetaan menurut ketumpatan penduduk kediaman (b) Pemetaan menurut ketumpatan mesej sosial	102
Rajah 2.40	Anggaran kepadatan kernel sentimen sosial Twitter di Bandaraya Chicago dari Jan 1, 2014 hingga Jan 31, 2014	103
Rajah 2.41	Pemetaan jenayah pecah rumah dengan menggunakan kaedah Anggaran Kepadatan Kernel	104
Rajah 2.42	Hierarki spasio temporal menurut kaedah CCRBoost	105
Rajah 2.43	Pemetaan pergerakan teksi disekitar bandaraya Chicago (a) Penglabelan kejiranan melalui penomboran yang unik (b) Hubungan yang diwujudkan oleh jaringan pergerakan teksi antara kejiranan	107

Rajah 2.44	(a) Sel-sel jenayah yang dibahagikan kepada saiz grid yang sama dan setiap sel diwarnakan menurut kadar jenayah yang berlaku di dalam sel terbabit (b) Contoh gambar yang di ambil di dalam grid yang memaparkan pandangan ke utara, selatan, timur dan barat.	110
Rajah 2.45	Peta jaringan jenayah spasial-temporal (a) Menunjukkan keseluruhan peta negeri New York (b) Wilayah yang merangkumi 120 grid x 100 grid (c) Wilayah yang merangkumi 3 grid x 3 grid	112
Rajah 2.46	Pendekatan yang dicadangkan untuk pengumpulan data multi modal bagi tujuan meramal kejadian jenayah	114
Rajah 2.47	Peramalan pergerakan tumpuan lokasi jenayah menggunakan pemetaan jenayah berasaskan grid (a) Grid pemetaan yang merangkumi kesemua wilayah Taiwan (b) Grid yang mempunyai aktiviti jenayah sahaja	115
Rajah 2.48	Bilangan jenayah yang diramalkan (a) Jenayah Kejahatan & Khianat (b) Jenayah Kecederaan (c) Jenayah Rompakan	117
Rajah 2.49	Gambaran kelompok titik panas, lokasi titik panas dan jarak terdekat ke titik panas (a) Lokasi-lokasi kejadian jenayah (b) Kelompok titik panas hasil daripada HDBSCAN (c) Titik pusat kelompok titik panas (d) Jarak terdekat dari pusat kelompok titik panas ke lokasi titik panas jenayah yang baharu.	118
Rajah 2.50	Peta bandaraya Manhattan menunjukkan pemetaan kelompok jenayah serangan (assault crimes) menurut masa yang berbeza-beza	120
Rajah 2.51	Pengecaman kegiatan jenayah melalui imbasan masa nyata	121
Rajah 3.1	Kerangka Penyelidikan	132
Rajah 3.2	Langkah-langkah untuk mendapatkan data kajian	142
Rajah 3.3	Rekabentuk penyelidikan menurut kerangka penyelidikan untuk mencapai Objektif 1, Objektif 2 dan Objektif 3 penyelidikan	145
Rajah 3.4	Aliran ujikaji untuk pembinaan ruang kerja dan peramalan lokasi jenayah yang dibangunkan	150
Rajah 3.5	Model permukaan geoid	151
Rajah 3.6	Contoh kiraan jarak (a) Menunjukkan taburan lokasi Kolej dan Universiti dan kiraan jarak yang hendak dilakukan terletak di dalam garis putus-putus (b) Alat	152

	ukur yang digunakan untuk mendapat jarak antara dua fitur dalam kilometer	
Rajah 3.7	Sampel skrip Python yang digunakan untuk menghasilkan ruang penimbal	154
Rajah 3.8	Sampel skrip Python yang digunakan untuk menyisih kawasan timbal yang tidak bertindanan dengan kesemua fitur geo-spasial	154
Rajah 3.9	Fitur poligon yang mewakili sempadan Negeri Selangor, Wilayah Persekutuan Kuala Lumpur dan Wilayah Perkesutuan Putrajaya	157
Rajah 3.10	Fitur poligon yang mewakili sempadan-sempadan pentadbiran pihak berkuasa tempatan	159
Rajah 3.11	Turutan keluasan Pihak Berkuasa Tempatan	160
Rajah 3.12	Fitur poli-garisan menunjukkan liputan jaringan hubungan darat	161
Rajah 3.13	Peratusan liputan jaringan jalan darat menurut pihak berkuasa tempatan	162
Rajah 3.14	Fitur titik menunjukkan taburan lokasi ameniti	163
Rajah 3.15	Taburan kewujudan fitur titik	166
Rajah 3.16	Peratusan ketumpatan fitur titik menurut pihak berkuasa tempatan	168
Rajah 3.17	Langkah-langkah pembersihan data jenayah untuk memastikan data yang digunakan mempunyai koordinat untuk tujuan pemetaan lokasi jenayah suspek bersiri	170
Rajah 3.18	Langkah-langkah saringan integriti identiti suspek untuk memastikan rekod suspek mempunyai sekurang-kurangnya tiga insiden jenayah	171
Rajah 3.19	Pematuhan pemetaan lokasi jenayah ke dalam Sistem Pemantauan Bandar Selamat menurut balai polis dan tahun kejadian	173
Rajah 3.20	Pematuhan pemetaan lokasi jenayah ke dalam Sistem Pemantauan Bandar Selamat berdasarkan balai polis dan tahun kejadian	174
Rajah 3.21	Peratusan status rekod pemetaan jenayah menurut tahun kejadian	174
Rajah 3.22	Laporan pemetaan bertindih kes jenayah atas balai polis Salak Selatan untuk bulan September 2012 hingga Disember 2012 menurut Program Bandar Selamat	175

Rajah 3.23	Laporan pemetaan bertindih kes jenayah atas balai polis Damansara untuk bulan September 2012 hingga Disember 2012 serta senarai balai-balai polis yang masih tidak mematuhi keperluan pemetaan jenayah menurut Program Bandar Selamat	176
Rajah 3.24	Taburan umur suspek berulang	179
Rajah 3.25	Fitur titik menunjukkan taburan lokasi jenayah oleh suspek berulang	180
Rajah 3.26	Contoh pergerakan Suspek #1 dari Lokasi 1 ke Lokasi 2 dan ke Lokasi 3.	181
Rajah 3.27	Jarak Rentasan untuk Lokasi 1 ke Lokasi 2 dan Lokasi 2 ke Lokasi 3	183
Rajah 3.28	Jarak Rentasan keseluruhan untuk ke semua lokasi	183
Rajah 3.29	Set larian percubaan sehingga 1000 epok menggunakan kadar pembelajaran 0.1, momentum 0.1, serta bilangan nod di lapisan tersembunyi sebanyak 3, 6, 10, 15 dan 20	185
Rajah 3.30	Set larian percubaan sehingga 1000 epok menggunakan kadar pembelajaran 0.01, momentum 0.1, serta bilangan nod di lapisan tersembunyi sebanyak 3, 6, 10, 15 dan 20	185
Rajah 3.31	Set larian percubaan sehingga 1000 epok menggunakan kadar pembelajaran 0.001, momentum 0.1, serta bilangan nod di lapisan tersembunyi sebanyak 3, 6, 10, 15 dan 20	186
Rajah 3.32	Set larian percubaan sehingga 1000 epok menggunakan kadar pembelajaran 0.0001, momentum 0.1, serta bilangan nod di lapisan tersembunyi sebanyak 3, 6, 10, 15 dan 20	186
Rajah 3.33	Ralat rangkaian set larian bagi Rajah 3.28, Rajah 3.29, Rajah 3.30 serta Rajah 3.31 menunjukkan kesan terhadap ralat akhir apabila kadar pembelajaran dikurangkan dari 0.1 kepada 0.01, 0.001 dan 0.0001, kadar momentum dikekalkan pada 0.1 dan bilangan nod di lapisan tersembunyi sebanyak 3, 6, 10, 15 dan 20	187
Rajah 3.34	Set larian percubaan sehingga 1000 epok menggunakan kadar pembelajaran 0.1, momentum 0.01, serta bilangan nod di lapisan tersembunyi sebanyak 3, 6, 10, 15 dan 20	188
Rajah 3.35	Set larian percubaan sehingga 1000 epok menggunakan kadar pembelajaran 0.1, momentum 0.001, serta	189

	bilangan nod di lapisan tersembunyi sebanyak 3, 6, 10, 15 dan 20	
Rajah 3.36	Set larian percubaan sehingga 1000 epok menggunakan kadar pembelajaran 0.1, momentum 0.0001, serta bilangan nod di lapisan tersembunyi sebanyak 3, 6, 10, 15 dan 20	189
Rajah 3.37	Ralat rangkaian set larian bagi Rajah 3.28, Rajah 3.33, Rajah 3.34 dan Rajah 3.35 menunjukkan kesan terhadap ralat akhir apabila kadar momentum dikurangkan dari 0.1 kepada 0.01, 0.001 dan 0.0001, kadar pembelajaran dikekalkan pada 0.1 dan bilangan nod di lapisan tersembunyi sebanyak 3, 6, 10, 15 dan 20	191
Rajah 3.38	Set larian percubaan sehingga 1000 epok menggunakan kadar pembelajaran 0.1, momentum 0.1, 1 sehingga 5 lapisan aras tersembunyi, mempunyai 3 nod di setiap lapisan aras tersembunyi, kadar pembelajaran 0.1 dan kadar momentum 0.1	192
Rajah 3.39	Set larian percubaan sehingga 1000 epok menggunakan kadar pembelajaran 0.1, momentum 0.1, 1 sehingga 5 lapisan aras tersembunyi, mempunyai 6 nod di setiap lapisan aras tersembunyi, kadar pembelajaran 0.1 dan kadar momentum 0.1	192
Rajah 3.40	Set larian percubaan sehingga 1000 epok menggunakan kadar pembelajaran 0.1, momentum 0.1, 1 sehingga 5 lapisan aras tersembunyi, mempunyai 10 nod di setiap lapisan aras tersembunyi, kadar pembelajaran 0.1 dan kadar momentum 0.1	193
Rajah 3.41	Set larian percubaan sehingga 1000 epok menggunakan kadar pembelajaran 0.1, momentum 0.1, 1 sehingga 5 lapisan tersembunyi, mempunyai 15 nod di setiap lapisan aras tersembunyi, kadar pembelajaran 0.1 dan kadar momentum 0.1	193
Rajah 3.42	Set larian percubaan sehingga 1000 epok menggunakan kadar pembelajaran 0.1, momentum 0.1, 1 sehingga 5 lapisan tersembunyi, mempunyai 20 nod di setiap lapisan aras tersembunyi, kadar pembelajaran 0.1 dan kadar momentum 0.1	194
Rajah 3.43	Ralat rangkaian set larian bagi Rajah 3.37, Rajah 3.38, Rajah 3.39, Rajah 3.40 dan Rajah 3.41 menunjukkan kesan terhadap ralat akhir apabila bilangan lapisan di aras tersembunyi ditambah dari 1 sehingga 5, bilangan nod di setiap lapisan tersembunyi sebanyak 3, 6, 10, 15	195

	dan 20, kadar momentum 0.1 dan kadar pembelajaran 0.1	
Rajah 3.44	Kecerunan setiap epok untuk 100 epok terakhir bagi larian di dalam Rajah 3.32 yang menggunakan kadar pembelajaran 0.1, 0.01, 0.001 dan 0.0001, kadar momentum dikekalkan pada 0.1 dan bilangan nod di lapisan tersembunyi sebanyak 3, 6, 10, 15 dan 20	196
Rajah 4.1	Contoh-contoh ruang kerja yang boleh wujud dalam pelbagai dimensi (a) Lokasi asal jenayah (b) Penciptaan ruang kerja yang merentang ke kiri dari lokasi asal jenayah (c) Penciptaan ruang kerja yang meletakkan lokasi asal jenayah di tengah-tengah (d) Penciptaan ruang kerja yang merentas jauh ke bawah dari lokasi asal jenayah	202
Rajah 4.2	Contoh ruang kerja radial yang diwakili oleh garisan putus-putus (a) Tiga contoh ruang kerja radial yang mempunyai jejari 0.1km, 0.15km dan 0.2km yang tetap dari tempat kejadian jenayah (b) Tiga contoh ruang kerja radial yang mana ketiga-tiga ruang kerja mempunyai jarak jejari yang tidak tetap dari tempat kejadian jenayah	204
Rajah 4.3	Lokasi kejadian jenayah	208
Rajah 4.4	Mengenalpasti fitur-fitur geospasial yang terdekat dengan lokasi jenayah	208
Rajah 4.5	Jarak dari setiap fitur geospasial yang unik ditambah jarak bernama Jarak Ruang Kerja	209
Rajah 4.6	Penindanan yang terhasil oleh kesemua jarak ruang kerja akan menghasilkan ruang kerja suspek berulang	209
Rajah 4.7	Aturcara pembangunan ruang kerja	215
Rajah 5.1	Graf regresi hasil larian pertama untuk menguji objektif pertama tesis dengan menggunakan jarak ruang kerja 500m (a) Fitur khidmat Bank (b) Fitur Hentian Bas & Teksi (c) Fitur perkuburan (d) Fitur kolej dan universiti (e) Fitur tempat komersil (f) Fitur kedutaan (g) Fitur Balai Bomba (h) Fitur tempat Makan (i) Fitur padang golf (j) Fitur Khidmat Kerajaan (k) Fitur hospital & khidmat Perubatan (l) Fitur hotel (m) Fitur perpustakaan (n) Fitur pasar (o) Fitur muzium (p) Fitur taman rekreasi (q) Fitur stesen petrol (r) Fitur tempat menarik (s) Fitur rumah ibadat (t) Fitur Balai Polis (u) Fitur Pelabuhan & Jeti (v) Fitur pejabat pos (w) Fitur stesen rel & LRT (x) Fitur kawasan perumahan (y) Fitur sekolah (z) Fitur pusat membeli-belah (aa) Fitur	222

	Pusat Sukan (ab) Fitur plaza tol (ac) Fitur jalan transit (ad) Fitur jalan negeri (ae) Fitur jalan tempatan (af) Fitur jalan persekutuan dan (ag) Fitur jalan lebuih raya	
Rajah 5.2	Hasil pembentukan ruang kerja menggunakan hasil larian untuk Suspek #2 (a) Fitur khidmat Bank (b) Fitur Hentian Bas & Teksi (c) Fitur perkuburan (d) Fitur kolej dan universiti (e) Fitur tempat komersil (f) Fitur kedutaan (g) Fitur Balai Bomba (h) Fitur tempat Makan (i) Fitur padang golf (j) Fitur Khidmat Kerajaan (k) Fitur hospital & khidmat Perubatan (l) Fitur hotel (m) Fitur perpustakaan (n) Fitur pasar (o) Fitur muzium (p) Fitur taman rekreasi (q) Fitur stesen petrol (r) Fitur tempat menarik (s) Fitur rumah ibadat (t) Fitur Balai Polis (u) Fitur Pelabuhan & Jeti (v) Fitur pejabat pos (w) Fitur stesen rel & LRT (x) Fitur kawasan perumahan (y) Fitur sekolah (z) Fitur pusat membeli-belah (aa) Fitur Pusat Sukan (ab) Fitur plaza tol (ac) Fitur jalan transit (ad) Fitur jalan negeri (ae) Fitur jalan tempatan (af) Fitur jalan persekutuan dan (ag) Fitur jalan lebuih raya	229
Rajah 5.3	Contoh Berjaya untuk Suspek #2 yang menggunakan Lokasi 1 untuk meramal Lokasi 2 dengan jarak ruang kerja 500m, fitur titik dan fitur poli-garisan	230
Rajah 5.4	Graf regresi untuk menguji objektif pertama tesis dengan menggunakan jarak ruang kerja 1000m (a) Fitur khidmat Bank (b) Fitur Hentian Bas & Teksi (c) Fitur perkuburan (d) Fitur kolej dan universiti (e) Fitur tempat komersil (f) Fitur kedutaan (g) Fitur Balai Bomba (h) Fitur tempat Makan (i) Fitur padang golf (j) Fitur Khidmat Kerajaan (k) Fitur hospital & khidmat Perubatan (l) Fitur hotel (m) Fitur perpustakaan (n) Fitur pasar (o) Fitur muzium (p) Fitur taman rekreasi (q) Fitur stesen petrol (r) Fitur tempat menarik (s) Fitur rumah ibadat (t) Fitur Balai Polis (u) Fitur Pelabuhan & Jeti (v) Fitur pejabat pos (w) Fitur stesen rel & LRT (x) Fitur kawasan perumahan (y) Fitur sekolah (z) Fitur pusat membeli-belah (aa) Fitur Pusat Sukan (ab) Fitur plaza tol (ac) Fitur jalan transit (ad) Fitur jalan negeri (ae) Fitur jalan tempatan (af) Fitur jalan persekutuan dan (ag) Fitur jalan lebuih raya	233
Rajah 5.5	Kaedah pengiraan jarak untuk kesemua fitur geospasial dengan kesemua lokasi jenayah	238
Rajah 5.6	Hasil ujikaji kawalan	265
Rajah 5.7	Kadar kejayaan meramal Lokasi 2 melalui Kaedah Eliminasi Jarak menggunakan kesemua fitur titik dan	267

	fitur poli-garisan dan kiraan jarak purata (Sila rujuk Jadual 5.4 untuk senarai lengkap fitur geospasial yang digunakan bagi setiap set larian.)	
Rajah 5.8	Kadar kejayaan meramal Lokasi 2 melalui Kaedah Eliminasi Jarak menggunakan kesemua fitur titik dan fitur poli-garisan. Menggunakan kiraan jarak terdekat (Sila rujuk Jadual 5.5 untuk senarai lengkap fitur geospasial yang digunakan bagi setiap set larian.)	268
Rajah 5.9	Kadar kejayaan meramal Lokasi 2 melalui Kaedah Eliminasi Jarak dengan menggunakan fitur data titik sahaja dan kiraan jarak purata (Rujuk Jadual 5.10 untuk senarai lengkap fitur geospasial yang digunakan bagi setiap set larian.)	270
Rajah 5.10	Kadar kejayaan meramal Lokasi 2 melalui Kaedah Eliminasi Jarak dengan menggunakan fitur data titik sahaja dan kiraan jarak terdekat (Rujuk Jadual 5.11 untuk senarai lengkap fitur geospasial yang digunakan bagi setiap set larian.)	270
Rajah 5.11	Kadar kejayaan meramal Lokasi 2 melalui Kaedah Eliminasi Kekerapan (Rujuk Jadual 5.15 untuk senarai lengkap fitur geospasial yang digunakan bagi setiap larian.)	272
Rajah 5.12	Contoh Berjaya dengan menggunakan Lokasi 2 untuk meramal Lokasi 3 untuk Suspek #2 dengan nilai ruang kerja 500m	275
Rajah 5.13	Contoh Berjaya dengan menggunakan Lokasi 2 untuk meramal Lokasi 3 untuk Suspek #13 dengan nilai ruang kerja 500m	275
Rajah 5.14	Contoh Berjaya dengan menggunakan Lokasi 2 untuk meramal Lokasi 3 untuk Suspek #13 dengan nilai ruang kerja 1000m	276
Rajah 5.15	Kadar kejayaan meramal Lokasi 3 melalui Kaedah Eliminasi Jarak dengan menggunakan kesemua fitur titik dan fitur poli-garisan dan jarak purata (Sila rujuk Jadual 5.4 untuk senarai lengkap fitur geospasial yang digunakan bagi setiap set larian.)	278
Rajah 5.16	Kadar kejayaan meramal Lokasi 3 melalui Kaedah Eliminasi Jarak dengan menggunakan kesemua fitur titik dan fitur poli-garisan dan kiraan jarak terdekat (Sila rujuk Jadual 5.5 untuk senarai lengkap fitur geospasial yang digunakan bagi setiap set larian.)	279
Rajah 5.17	Kadar kejayaan meramal Lokasi 3 melalui Kaedah Eliminasi Jarak dengan menggunakan fitur data titik	279

	sahaja dan kiraan jarak purata (Rujuk Jadual 5.15 untuk senarai lengkap fitur geospasial yang digunakan bagi setiap set larian.)	
Rajah 5.18	Kadar kejayaan meramal Lokasi 3 melalui Kaedah Eliminasi Jarak dengan menggunakan fitur data titik sahaja dan kiraan jarak minima (Rujuk Jadual 5.11 untuk senarai lengkap fitur geospasial yang digunakan bagi setiap set larian.)	280
Rajah 5.19	Kejayaan meramal Lokasi 3 melalui Kaedah Eliminasi Kekerapan (Rujuk Jadual 5.15 untuk senarai lengkap fitur geospasial yang digunakan bagi setiap larian.)	280
Rajah 5.20	Hasil respon kaji selidik soalan ordinal pertama - penerimaan terhadap penggunaan teknologi untuk membantu tugas kepolisan	288
Rajah 5.21	Hasil respon kajiselidik soalan ordinal kedua - penerimaan terhadap kaedah ruang kerja dan hasil ujikaji	289
Rajah 5.22	Median respon kaji selidik soalan ordinal pertama - penerimaan terhadap penggunaan teknologi untuk membantu tugas kepolisan	289
Rajah 5.23	Median respon kaji selidik soalan ordinal kedua - penerimaan terhadap kaedah ruang kerja dan hasil ujikaji	292
Rajah 6.1	Interaksi kerja yang digunakan di dalam tesis ini menunjukkan terjemahan data dari format peta ke format rangkaian neural dan kemudian diterjemah semula kepada format peta yang mengalami proses penyisihan spatial melalui teori set Zermelo-Fraenke	303
Rajah 6.2	Contoh kawasan ruang kerja yang wujud di pelbagai lokasi yang tidak bersambung bertaburan di sekitar kawasan geo-pagar kajian	307
Rajah 6.3	Contoh kawasan ruang kerja yang wujud di pelbagai lokasi yang tidak bersambung bertaburan di satu kelompok	308

SENARAI SINGKATAN

CAPAM	Commonwealth Association For Public Administration And Management / Persatuan Komanwel Bagi Pentadbiran Dan Pengurusan Awam
CCRBoost	cluster Confidence Rate Boosting / Peningkatan Keyakinan Kluster
CCTV	Closed Circuit Television / Televisyen Litar Tertutup
CLARANS	Clustering Large Applications based on RANdomized Search / Aplikasi Kelompok Besar Berdasarkan Carian Rawak
CLB	Carian lokasi berulang
CLEARMap	Citizen and Law Enforcement Analysis and Reporting Map Application / Aplikasi Laporan Pemetaan Dan Analisis Penguatkusaan Undang-undang
CPTED	Crime Prevention Through Environmental Design / Pencegahan Jenayah Melalui Reka Bentuk Alam Sekitar
DBSCAN	Density-Based Spatial Custering Application of Applications with Noise / Aplikasi Pengkelasan Ruang Geospasial Berdasarkan Kepadatan Dengan Data Buruk
DEM	Distance Elimination Method / Kaedah Eliminasi Jarak
DSTP	Distributed Spasio Temporal Pattern /
FEM	Frequency Elimination Method / Kaedah Eliminasi Kekerapan
EPU	Economic Planning Unit / Unit Perancangan Ekonomi
ESRI	Environmental Science Research Institute / Institut Penyelidikan Sains Alam Sekitar
ESTP	Ensemble Spatio-Temporal Pattern / Gabungan Corak Spasio-Temporal
ETP	Economic Transformation Program / Program Transformasi Ekonomi
FBI	Federal Bureau of Investigation / Biro Penyiasatan Persekutuan Amerika Syarikat

GPI	Global Peace Index / Indeks Global Keamanan
GTP	Government Transformation Program / Program Transformasi Kerajaan
GPS	Global Positioning System / Sistem Kedudukan Global
HDBSCAN	Hierarchical Density-Based Spatial Clustering Application of Applications with Noise / Aplikasi Pengkelasan Ruang Geospasial Berdasarkan Kepadatan Dengan Data Buruk Berdasarkan Hierarki
JPAM	Jabatan Pertahanan Awam Malaysia
JPBD	Jabatan Perancangan Bandar Dan Desa
JPJKK	Jabatan Pencegahan Jenayah Dan Keselamatan Komuniti
JSJ	Jabatan Siasatan Jenayah
KDD	Knowledge Discovery in Database / Penemuan Pengetahuan Dalam Pangkalan Data
KDN	Kementerian Dalam Negeri
KDNK	Keluaran Dalam Negara Kasar
KEJ	Kaedah Eliminasi Jarak
KEK	Kaedah Eliminasi Kekerapan
KDE	Kernel Density Estimation / Anggaran Kepadatan Kernel
KPKT	Kementerian Perumahan Dan Kerajaan Tempatan
LRT	Light Rail Transit / Transit Rel Ringan
MCAD	Mobile Computer Access Device / Peranti Akses Komputer Bergerak
NKRA	National Key Result Area / Bidang Keberhasilan Utama Negara
OCPD	Officer In-Charged of Police District / Ketua Polis Daerah
PBS	Program Bandar Selamat
PBT	Pihak Berkuasa Tempatan
PDRM	Polis Di Raja Malaysia

PEMANDU	Performance Management And Delivery Unit / Unit Pengurusan Prestasi & Pelaksana
PRS	Police Reporting System / Sistem Laporan Polis
RELA	Kor Sukarelawan Rakyat
RLF	Repeat Location Finder / Carian Lokasi Berulang
RMK10	Rancangan Malaysia Ke10
RTM	Risk Terrain Modelling / Pemodelan Risiko Medan
SAC	Senior Assistant Commissioner / Penolong Komisioner Kanan
SCMS	Safe City Monitoring System / Sistem Pemantauan Bandar Selamat
SMG	Sistem Maklumat Geografi
SMS	Short Messaging Services / Perkhidmatan Pesanan Ringkas
SOM	Self Organizing Map / Pengorganisasian sendiri
SPBS	Sistem Pemantauan Bandar Selamat
UKM	Universiti Kebangsaan Malaysia
VGD	Visual Gene Developer / Pemaju Gen Visual
YOLO	You Only Look Once / Imbasan Imej Masa Nyata

BAB I

PENDAHULUAN

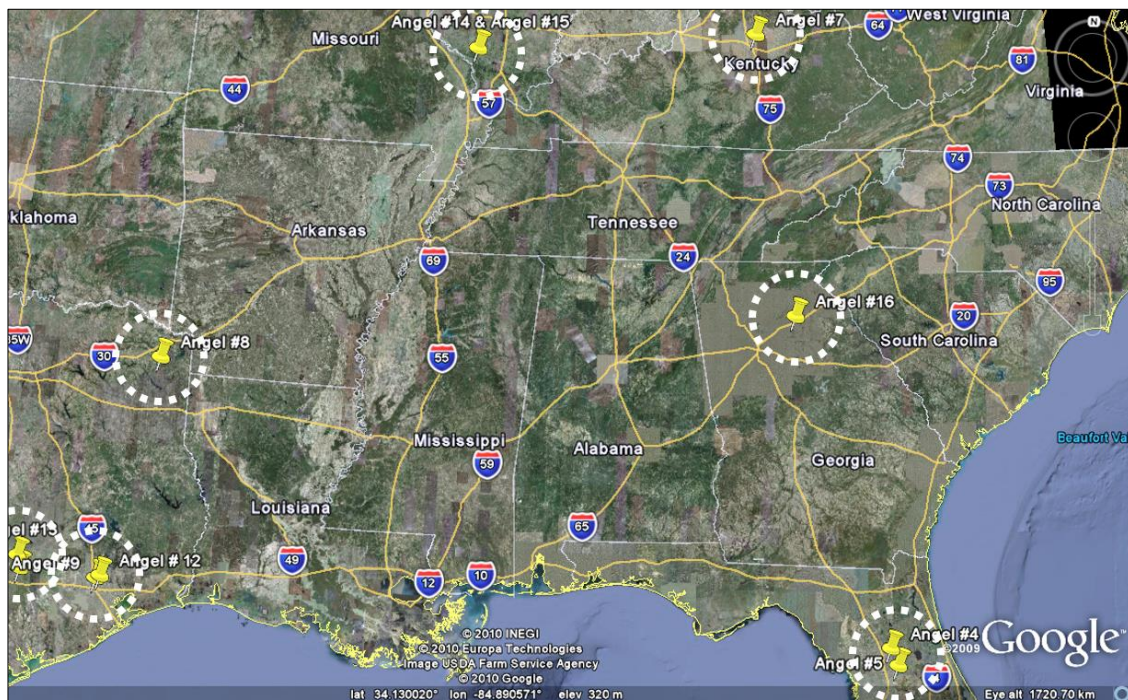
1.1 PENGENALAN

Biro Penyiasatan Persekutuan Amerika Syarikat (FBI) telah mengendalikan kes seorang penjenayah yang telah disabitkan, Rafael Resendez-Ramirez yang juga dikenali sebagai "The Railroad Killer". Menurut FbiMostWanted.US (1999) dan Sanchez (2014), Rafael Resendez-Ramirez adalah pembunuh bersiri dan telah disenaraikan sebagai 10 penjenayah yang paling dikehendaki FBI antara 21 June 1999 hingga 13 Julai 1999.

Terdapat beberapa kes pembunuhan yang merentasi dari kawasan tenggara hingga barat tengah Amerika Syarikat. Rajah 1.1 menunjukkan lokasi mayat-mayat yang ditemui di sekitar lebuh raya di Texas, Oklahoma, Kentucky, Tennessee, Illinois dan Florida. Setelah pihak FBI menyiasat, kesemua mangsa mungkin dibunuh oleh pembunuh bersiri yang sama. Kesemua mangsa dikaitkan dengan lokasi tempat tinggal mereka iaitu di sekitar laluan keretapi. Suspek dikatakan menggunakan keretapi untuk bergerak, mencari mangsa di sepanjang laluan keretapi dan membuang mayat mangsa di sekitar lebuh raya untuk mengaburi pihak berkuasa dalam menjalankan siasatan.

Di dalam satu kes pembunuhan, cap jari yang ditemui telah berjaya mengaitkan suspek dengan tempat kejadian dan pihak FBI seterusnya berjaya memberkas suspek. Dengan menggunakan pengetahuan ruang (spatial knowledge) dan pemprofilan geospasial, pihak pendakwa telah berjaya mengaitkan Rafael dengan beberapa siri pembunuhan yang menjangkau dari Texas hingga ke Florida yang membawa kepada pendakwaan ke atas pembunuhan 15 mangsa (United States Federal Bureau of Investigation 2011). Seorang warga Mexico, Rafael, disahkan telah menggunakan landasan keretapi bagi merentasi sempadan Amerika dan Mexico (United States

Department of Justice 2000) (United States Federal Bureau of Investigation 2011) (Hewitt 1999). Pada 27 Jun 2006, Rafael telah menjalani hukuman suntikan maut di Texas, Amerika Syarikat (Office of the Clark County Prosecuting Attorney 2013).



Rajah 1.1 Peta tenggara Amerika Syarikat yang menunjukkan lokasi mangsa-mangsa pembunuhan yang dikaitkan dengan “The Railroad Killer”

Sumber: Biro Penyiasatan Persekutuan Amerika Syarikat 2011. Google Earth 2018

Membaca fail kes "The Railroad Killer" dari arkib FBI, tercetus minat untuk membangunkan kaedah untuk meramal lokasi suspek penjenayah bersiri dengan menggabungkan maklumat geospasial dengan kaedah pembelajaran mesin. Jika maklumat berkenaan suspek dan taburan jenayah dapat diperoleh, maka usaha yang lebih berstruktur dapat diambil untuk mencegah kejadian jenayah (Kumar et al 2018, Rajewari et al 2018). Maklumat tambahan berkenaan jenayah yang sama seperti modus operandi dan lokasi kejadian dapat membantu pegawai penyiasat untuk melakukan siasatan (Jalil et al 2018). Untuk menjayakan matlamat ini, adalah kritikal untuk mendapatkan maklumat geospasial serta maklumat jenayah daripada agensi-agensi berkepentingan di Malaysia.

1.2 PERNYATAAN MASALAH

Kerajaan telah menyelaraskan Program Transformasi Kerajaan dengan niat untuk mengukuhkan penyampaian perkhidmatan kerajaan. Enam Bidang Keberhasilan Utama Negara telah disenaraikan dan Pengurangan Jenayah adalah di antara item yang utama (Jala, 2012).

Kemudahan pemetaan jenayah menerusi Sistem Pemantauan Bandar Selamat (SPBS) mampu menghasilkan laporan jenayah di seluruh negara. Melalui SPBS, peta kawasan panas boleh dihasilkan dan disesuaikan mengikut kehendak dan keperluan pengguna (Toh Lay See, 2011). Walaupun keupayaan SPBS tidak boleh didedahkan dan dibincangkan, adalah cukup untuk dinyatakan bahawa sistem ini juga mampu menghasilkan laporan berasaskan masa atau waktu, jenis-jenis jenayah dan lokasi. Jabatan Perancangan Bandar Dan Desa serta Polis DiRaja Malaysia boleh menggunakan SPBS untuk menyemak keberkesanan pelaksanaan inisiatif penghapusan jenayah masing-masing berdasarkan penerbitan laporan masa nyata.

Bagi meningkatkan lagi keupayaan dan keberkesanan pemetaan jenayah, kasus kepenggunaan kepada pihak JPBD serta PDRM telah dibentangkan untuk menunjukkan bahawa kemudahan pemetaan jenayah juga harus mempunyai keupayaan jangkaan atau bersifat antisipatif. Ia dapat meramal pergerakan seseorang suspek berulang dengan menjangka lokasi seterusnya di mana suspek penjenayah bersiri tersebut akan bertindak dari lokasi pertama kejadian. Pelbagai pembentangan telah dibuat kepada pembuat keputusan utama dalam JPBD serta PDRM dan kelulusan telah diperoleh bagi menggunakan sistem pemetaan jenayah dan datanya.

Penyataan masalah yang diutarakan oleh tesis ini adalah seperti berikut:

- a) Model-model sedia ada tidak memberi fokus kepada pergerakan suspek berulang dari insiden pertama pelakuan jenayah dan memerlukan banyak insiden dan pengetahuan lampau berkenaan lokasi suspek yang dicari (Deepika et al 2018, Institut Keadilan Negara Amerika Syarikat 2018, Rossmo 1995).

- b) Model-model sedia tidak menyatakan kaedah pemilihan fitur geospasial yang mempengaruhi pergerakan suspek yang dicari (Almanie et al. 2015, Azeez et al 2015, Malieson et.al 2015, Das 2016, Mahmud et al. 2016, Anderson et al. 2017, Caplan et al. 2017, Kang et al. 2017, Lin et al. 2018).
- c) Sistem Pemantauan Bandar Selamat (SPBS) dan model sebelum ini direka untuk meramal pergerakan kelompok titik panas melalui jarak penimbal dan kurang berkesan untuk meramal lokasi suspek berulang yang seterusnya. (Valentie 2017, Shamsudin et al 2013)). Pihak-pihak berkepentingan terbuka untuk kaedah yang lebih baik.

Menurut Orjan (2014), majoriti jenayah kekerasan dilakukan oleh pesalah berulang yang menyumbang kepada 63% daripada kesemua kesalahan. White et al. (2010), Orjan (2014) dan Slater (2014) mentakrifkan pesalah berulang sebagai pesalah yang mempunyai 3 ataupun lebih kesalahan, pesalah yang mempunyai 1 ataupun 2 kesalahan tidaklah ditakrifkan sebagai pesalah berulang.

Dengan mengetahui lokasi seterusnya di mana jenayah akan berlaku, maka kepolisian berprofil tinggi, kepolisian berprofil rendah atau langkah-langkah penguatkuasaan undang-undang yang lain boleh diambil bagi menghalang jenayah tersebut daripada berlaku dan memungkinkan suspek berulang tersebut ditangkap sebelum sempat bertindak, justeru menghindarkan individu yang menjadi sasaran seterusnya daripada menjadi mangsa. Juga jika dapat menghindarkan suspek berulang dari melakukan jenayah, berkemungkinan kadar jenayah yang ketara dapat dihindarkan.

Berbeza dengan pemetaan jenayah yang dihasilkan oleh SPBS dan kaedah anjakan yang berfungsi sebagai mekanisma laporan kejadian lampau, model baharu yang dibangunkan berfungsi sebagai mekanisma ramalan lokasi kejadian akan datang. Rangkaian neural akan digunakan untuk membuat ramalan jarak antara lokasi kejadian seterusnya dengan fitur geospasial. Teori set digunakan untuk menyatukan kesemua kawasan geospasial yang terhasil dari fitur yang sama dan juga digunakan untuk menyisihkan kawasan-kawasan geo-spaisial yang tidak bertindan dengan kesemua fitur yang berlainan. Peramalan lokasi bagi suspek yang telah dikenalpasti adalah satu

sumbangan yang besar kerana pada masa ini masih tiada kajian kesusasteraan yang menunjukkan adanya model yang meramal lokasi suspek khusus dari lokasi pertama kejadian jenayah.

1.3 OBJEKTIF KAJIAN

Kajian ini membangunkan satu model ramalan ruang geospasial dengan menggandingkan teori set Zermelo-Fraenkel dan rangkaian neural bagi suspek kes berulang dengan objektif-objektif berikut:

- a) Objektif 1: Membangunkan kaedah mencipta ruang kerja berdasarkan hubung-kait jarak fitur geospasial dengan lokasi kejadian jenayah oleh suspek berulang.
- b) Objektif 2: Membangunkan kaedah menentukan fitur geospasial yang berkaitan untuk meramal lokasi jenayah oleh suspek berulang.
- c) Objektif 3: Menjalankan ujian penerimaan daripada pihak-pihak berkepentingan yang memberikan kerjasama untuk menjayakan kajian ini.

1.4 SOALAN-SOALAN KAJIAN

Motivasi untuk melangsungkan kajian-kajian dapat digambarkan melalui soalan-soalan berikut:

- a) Soalan 1: Bolehkah penggabungan rangkaian neural dengan teori set digunakan untuk membantu menentukan lokasi jenayah seterusnya yang tidak terikat pada jarak dan ruang penimbal?
- b) Soalan 2: Bagaimanakah pemilihan fitur-fitur geospasial mempengaruhi kepenggunaan gandingan rangkaian neural dengan teori set untuk meramal lokasi jenayah seterusnya.

- c) Soalan 3: Bolehkan model baru yang dibangunkan diterima pakai oleh pemegang kepentingan?

1.5 KEPENTINGAN KAJIAN

Sistem Pemantauan Bandar Selamat adalah hasil usaha yang mendapat pengiktirafan antarabangsa atas sumbangan di dalam domain pencegahan jenayah.

Hasil usaha yang unik ini telah memenangi Anugerah Geografi 2012 Pencapaian Khas Antarabangsa ESRI ekoran kejayaan menyelesaikan kes-kes kepenggunaan utama berikut (ESRI 2012):

- a) Kejayaan SPBS berintegrasi dengan Sistem Laporan Polis membolehkan pemetaan dilakukan pada masa nyata dan kemaskini maklumat jenayah dilakukan di semua balai polis.
- b) SPBS telah berjaya menyelesaikan masalah akibat pertindihan data / lewahan data dengan membolehkan pengguna melakukan pemprosesan geospasial pada masa nyata.
- c) SPBS membolehkan pengguna melakukan analisis masa nyata ke atas kelompok titik panas jenayah dan garis masa.

Sistem Pemantauan Bandar Selamat juga telah mendapat Anugerah Inovasi Antarabangsa "Innovative Use of Technology in The Public Service" oleh Commonwealth Association For Public Administration And Management (CAPAM) 2014. CAPAM mengiktiraf Sistem Pemantauan Bandar Selamat atas faktor-faktor berikut (CAPAM 2014):

- a) Sistem Pemantauan Bandar Selamat berjaya dibangunkan pada skala nasional yang membolehkan maklumat pemetaan jenayah diakses menerusi internet.

- b) Kejayaan mengintegrasikan Sistem Laporan Polis milik Polis DiRaja Malaysia dengan sistem maklumat geospasial milik Jabatan Perancangan Bandar Dan Desa. Sistem Pemantauan Bandar Selamat adalah tunjang perkongsian data jenayah yang membolehkan pemantauan pencegahan jenayah dan perlindungan bandar oleh Polis DiRaja Malaysia, Jabatan Perancangan Bandar Dan Desa dan lain-lain agensi yang mempunyai kepentingan.
- c) Sistem Pemantauan Bandar Selamat adalah satu kejayaan pendekatan yang sistematik untuk penyimpanan dan pengurusan data jenayah yang membolehkan analisa seperti pengenalpastian corak dan kelompok titik panas jenayah yang boleh membantu pihak berkepentingan merancang langkah-langkah pencegahan.
- d) Usaha kerajaan Malaysia meningkatkan ketelusan usaha-usaha pencegahan jenayah dengan memberikan akses Sistem Pemantauan Bandar Selamat kepada orang ramai.

Dengan keupayaan yang sedia ada, Sistem Pemantauan Bandar Selamat telah memperoleh pengiktirafan antarabangsa sebagai suatu inisiatif nasional yang meningkatkan prestasi penyampaian perkhidmatan kerajaan.

Dari sudut sains pengkomputeran, keupayaan untuk meramalkan lokasi jenayah bertumpukan suspek bersiri adalah cabaran yang perlu dihadapi. Antara cabaran-cabaran yang menanti adalah:

- a) Penentuan kaedah penyelesaian yang bersesuaian untuk menangani cabaran suspek berulang dengan melihat model-model rangkaian neural yang menangani domain pencegahan jenayah.
- b) Mengenalpasti jurang terhadap model-model pengkomputeran yang sedia ada. Model-model yang sedia ada merupakan pengetahuan domain yang penting untuk mengetahui keberkesanan dalam usaha menangani jenayah dan jurang yang dipamerkan oleh model-model yang sedia ada.

Apabila diketahui keterbatasan model-model yang sedia ada maka jurang akan dapat ditentukan.

- c) Parameter rangkaian neural yang perlu diubah-ubah untuk mendapatkan rangkaian yang bersesuaian untuk menangani isu suspek berulang. Parameter seperti kadar momentum, kadar pembelajaran, bilangan nod di aras tersembunyi serta blangan input dan output yang brsesuaian perlu dicari.
- d) Pemilihan data jenayah untuk tujuan latihan adalah faktor yang sangat utama di dalam menentukan kejayaan tesis ini. Tesis ini bertujuan untuk menyelesaikan masalah suspek berulang dan sekiranya data jenayah berkenaan suspek berulang tidak diperoleh maka tesis ini akan gagal.
- e) Pemilihan data fitur geospasial juga adalah faktor penentu jika tesis ini akan berjaya ataupun gagal. Jika akses kepada data geospasial tidak diperoleh maka tesis ini tidak dapat mengaitkan kelakuan jenayah dengan fitur-fitur geospasial. Juga data geospasial yang diperoleh mestilah menepati piawaian pemetaan yang sama dengan pemetaan jenayah.
- f) Perwakilan data akan menentukan bagaimana data akan diwakilkan kedalam rangkaian neural untuk tujuan latihan dan kemudiannya capaian. Data pemetaan suspek jenayah berulang dan fitur-fitur geospasial perlulah diolah kepada maklumat yang boleh diterima oleh rangkaian neural belajar dan kemudiannya mencapai satu ramalan.

Tesis ini akan menambah keupayaan Sistem Pemantauan Bandar Selamat dengan membangunkan satu model peramalan lokasi suspek berulang yang dapat menyumbang kepada keupayaan membentaras jenayah.

1.6 SKOP KAJIAN

Skop kajian di dalam tesis ini adalah penumpuan terhadap usaha menjejaki suspek penjenayah berulang. Menurut Valentine (2012), SPBS mempunyai kaedah yang dikenali sebagai Carian Lokasi Berulang (CLB). CLB menggunakan kaedah kelompok titik panas dan dengan menggunakan jarak penampian, pergerakan lokasi jenayah yang baharu dijangka berlaku di dalam lingkungan jarak penampian dan terhasillah kelompok titik panas yang baharu. Skop kajian ini berbeza dengan CLB kerana ia memberikan tumpuan kepada pergerakan suspek berulang dan bukannya kepada pergerakan kelompok titik panas.

Bagi tujuan penyelidikan ini, pertimbangan telah dibuat dalam menentukan kategori jenayah yang akan digunakan. Ini adalah kerana kategori ini berkemungkinan dijadikan kategori atau beberapa kategori yang mempunyai kepentingan atau profil yang lebih tinggi dan sesuai untuk digunakan dalam membuat ramalan. Hasil perbincangan dengan Kamalruddin Shamsudin (2012) di dalam kapasiti beliau sebagai Penyelaras Program Bandar Selamat, skop-skop yang berikut telah dibentuk:

- a) Skop Kategori Jenayah
 - i) Jenayah kekerasan: Jenayah rompakan ataupun jenayah samun berkumpulan atau berseorangan tanpa penggunaan senjata api.
 - ii) Jenayah harta benda: Jenayah pecah rumah & jenayah kecurian
- b) Skop Tempoh
 - i) Tarikh kejadian adalah di antara 1 Januari 2013 hingga 31 Disember 2013.
- c) Skop Lokasi Jenayah
 - i) Negeri Selangor Darul Ehsan
 - ii) Wilayah Persekutuan Kuala Lumpur dan Putrajaya.
- d) Skop Maklumat Geospasial

- i) Data dalam bentuk titik yang mewakili maklumat gunatanah.
- ii) Data dalam bentuk poli-garisan yang mewakili jajaran jalan dan lebuh raya.
- iii) Data dalam bentuk poligon yang mewakili had sempadan pentadbiran Negeri Selangor, Wilayah Persekutuan Kuala Lumpur dan Wilayah Persekutuan Putrajaya.

Dari sudut pengkomputeran, skop kajian adalah seperti berikut:

- a) Pengajian berkenaan kerja-kerja lampau dan berkaitan kerbenaan peetaan jenayah dan peramalan lokasi jenayah.
- b) Pemecahan data yang digunakan untuk latihan dan capaian.
- c) Penentuan parameter rangkaian neural yang digunakan untuk latihan.
- d) Penentuan keberkesanan model yang dibangunkan.
- e) Mendapatkan penerimaan kasus kepenggunaan daripada pemegang-pemegang kepentingan.

Kajian ini juga membuat andaian dan syarat tertentu seperti:

- a) Data yang digunakan untuk tesis ini adalah data yang nyata dan betul – iaitu orang awam tidak mencipta cerita jenayah dan dengan itu membuat laporan palsu kepada pihak polis.
- b) Semua pengalaman jenayah diandaikan telah dapat diambil dengan tepat sewaktu mangsa membuat laporan, ataupun ketika pesalah atau suspek disoal siasat bagi mendapatkan data atau maklumat yang berkaitan dan telah disahkan sebagai benar oleh Pegawai Penyiasat yang bertugas.

- c) Maklumat yang dimasukkan atau dikemukakan oleh anggota polis yang mengendalikan laporan polis ke dalam Sistem Laporan Polis adalah disifatkan sebagai betul dan bebas ralat (bebas daripada sebarang kesilapan), serta pemetaan lokasi kejadian oleh anggota yang merekodkan laporan juga disifatkan sebagai tepat.

1.7 DEFINISI OPERASI

Definisi istilah adalah seperti berikut:

- a) SMG adalah akronim bagi Sistem Maklumat Geografi. Juga dikenali sebagai Sistem Maklumat Kawasan dan Pemetaan, SMG menggabungkan analisis kartografi, analisis statistik dan teknologi pangkalan data (Goodchild 1987, Kienast 1993, Foote 1995, Golledge et al. 1998, Pucha-Cofrep et al. 2017).
- b) Jenayah adalah perbuatan atau kejadian yang tidak dibenarkan oleh badan tadbir urus atau undang-undang dan mempunyai akibat undang-undang (Seaman v Burley 1896, Sufian et al. 2017).
- c) Undang-undang adalah sistem yang mengandungi peraturan yang menetapkan tindakan yang dibenarkan dan tindakan yang dilarang (Robertson 2003). Melalui peraturan, ahli-ahli dalam sesuatu komuniti dapat hidup aman dengan membina kepercayaan antara ahli-ahli komuniti (Hartl et al. 2016).
- d) Suspek adalah individu atau sekumpulan individu yang dianggap telah melakukan atau terlibat dalam tindakan jenayah (Fletcher 1998). Seseorang atau sekumpulan suspek boleh dikaitkan dengan perlakuan jenayah dan boleh dipertanggungjawabkan terhadap pertuduhan jenayah selagi siasatan masih dijalankan (Oluwasegun et al. 2014)
- e) Mangsa adalah individu atau sekumpulan individu yang menjadi mangsa atau korban kepada jenayah atau mereka yang telah dcederakan atau telah diperlakukan dengan perbuatan yang salah (Littlefield 2004, Dukes 2017).

- f) Geospasial adalah maklumat ataupun data yang mempunyai hubungan dengan lokasi tertentu yang boleh ditandakan pada peta pada sebarang skala (Bretz 2016, Rizaly et al. 2016).
- g) Maklumat Geospasial adalah fitur-fitur yang wujud di dalam lingkungan geo-pagar skop penyelidikan yang terikat dengan lokasi atau ruang dan mungkin mempunyai kaitan dengan tempoh masa (Worboys 1994).
- h) Sistem Maklumat Geografi adalah sistem yang membolehkan visualisasi, pengeditan, penganalisaan, penstroran dan perkongsian terhadap maklumat geospasial dilakukan dan dipamerkan secara visual. (Thatcher et al. 2018, Alimuddin et al. 2016).
- i) Zon penampakan adalah kawasan yang terhad yang mengelilingi kawasan teras. Kawasan teras dan zon penampakan masing-masing mempunyai persempadanan yang tetap dan mempunyai kegunaan tanah yang berbeza (Ergen et al 2012, Wasser et al. 2015).

1.8 KANDUNGAN TESIS

Bab I bertujuan memperkenalkan inspirasi penulisan serta pernyataan masalah. Menerusi pengenalan Bidang Keberhasilan Utama Negara, Program Bandar Selamat telah ditubuhkan dan menerusi program ini, Sistem Pemantauan Bandar Selamat terhasil. Disarankan agar keupayaan pemetaan jenayah diperkasakan lagi dengan mencadangkan satu dimensi baharu iaitu keupayaan jangkaan atau keupayaan meramal lokasi jenayah akan datang.

Bab II membincangkan kajian kesusasteraan. Program Bandar Selamat dan usaha pemetaan jenayah melalui Sistem Pemantauan Bandar Selamat diperkenalkan. Selain daripada menjelaskan penyatuan pemetaan jenayah ke dalam sistem laporan polis sedia ada yang ditempatkan di semua stesen polis di seluruh negara, bab ini juga memberi penerangan mengenai Carian Lokasi Ulangan sedia ada – sebuah ciri yang digunakan di dalam Bandar Selamat untuk memetakan perpindahan, anjakan, peralihan atau pergerakan kelompok titik panas. Memandangkan set yang digunakan di dalam tesis ini telah dibekalkan oleh PDRM, bab ini juga menerangkan sumber dan pemilihan

set data yang digunakan untuk penyelidikan ini. Bab ini juga melihat kajian-kajian kriminologi yang telah dibuat oleh pihak PDRM dan bagaimana kajian-kajian ini boleh diguna pakai untuk membantu membina satu model baharu. Juga penelitian terhadap kegunaan-kegunaan pemetaan jenayah sedia ada serta model-model kajian lampau yang digunakan untuk menjejak penjenayah atau suspek berulang di dalam usaha mengenalpasti dan membasmi jenayah. Juga diuraikan teori set yang digunakan di dalam tesis ini dan bagaimana ia digunakan untuk menghasilkan kawasan ramalan jenayah.

Bab III pula adalah mengenai metodologi dan pengenalan kepada kaedah ruang kerja yang dicadangkan untuk tujuan ujikaji dan data. Bab ini menyenaraikan langkah-langkah yang perlu diambil oleh pembaca untuk menghasilkan ruang kerja. Pembaca ditunjukkan proses mengalih data pemetaan dari format raster kepada format vektor. Data di dalam bentuk vektor kemudiannya melalui proses pembelajaran mesin dan output pembelajaran kemudiannya dialih format dari bentuk vektor kepada raster. Di dalam bentuk raster, kejayaan atau kegagalan ramalan dapat ditentukan. Rangka kerja penyelidikan yang digunakan dalam penyelidikan ini dibentangkan dan disenaraikan langkah-langkah yang perlu diambil oleh pembaca sekiranya pembaca ingin mengulang kajian yang dijalankan. Bab ini juga membincangkan fitur-fitur geospasial yang diserahkan untuk penyelidikan ini. Laporan data fitur geospasial jenayah dan juga bukan jenayah ditunjukkan serta aktiviti pembersihan data dibincangkan.

Bab IV menerangkan konsep ruang kerja dan menunjukkan langkah-langkah yang perlu diambil untuk mewujudkan ruang kerja. Ditunjukkan bagaimana teori set digunakan untuk operasi gabungan dan penyisihan ruangan geografi untuk menghasilkan ruang kerja.

Bab V menjelaskan jenis-jenis ujikaji yang akan dijalankan dan fitur-fitur yang akan digunakan. Bab ini juga menunjukkan bagaimana objektif 1 dan objektif 2 tesis ini dicapai. Kaedah pencantasan fitur-fitur geospasial melalui kiraan jarak purata, jarak terdekat dan kekerapan kewujudan ditunjukkan dalam bab ini. Juga dibentangkan adalah verifikasi hasil kajian dari sudut kepenggunaan Sistem Pemantauan Bandar Selamat yang merupakan Objektif ke tiga tesis ini yang merisik peneriaam pemegang

kepentingan berkenaan kaedah ruang kerja yang dibangunkan. Hasil perbincangan dengan pihak-pihak berkepentingan iaitu Program Bandar Selamat dan Polis DiRaja Malaysia serta kesimpulan tesis ini dibentangkan di dalam bab ini. Hasil-hasil kaedah ujikaji dibincangkan dan mencapai kesimpulan berkenaan kaedah ujikaji yang menjadi pilihan yang paling sesuai.

Bab VI pula membentangkan rumusan berkenaan ujikaji dan hasil-hasil yang diperolehi. Implikasi penggunaan kaedah baru dilihat dan soalan-soalan penyelidikan disemak. Di akhir bab ini dicadangkan kepada penyelidik-penyelidik yang berminat akan perkara-perkara lain yang boleh dikaji untuk penambahbaikan serta penambahan skop kajian tesis ini di masa hadapan.

BAB II

KAJIAN KESUSASTERAAN

2.1 PENGENALAN

Menurut Majlis Penasihat Ekonomi Negara (2009), Kerajaan Malaysia telah memperkenalkan empat teras transformasi nasional yang bertujuan mendorong rakyat Malaysia untuk mencapai Wawasan 2020 iaitu Malaysia sebagai negara maju. Seperti yang diterangkan dalam Rajah 2.1, empat pilar tersebut adalah:

- a) 1Malaysia: Bertujuan untuk meningkat perpaduan rakyat.
- b) Program Transformasi Kerajaan (GTP): Bertujuan untuk meningkatkan keberkesanan mekanisme penyampaian Kerajaan melalui pengenalan Bidang Keberhasilan Utama Negara (NKRA) dan dipacu oleh Unit Pengurusan Prestasi & Pelaksanaan (PEMANDU).
- c) Economic Transformation Program (ETP): Bertujuan untuk menjadikan Malaysia sebuah negara berpendapatan tinggi yang mampan.
- d) Rancangan Malaysia Ke-10 (RMK10): Bertujuan untuk memberi tumpuan kepada sasaran pertumbuhan dan peruntukan perbelanjaan.

Menurut PEMANDU (2011) dan Mahbob et al. (2014), GTP adalah satu bentuk kejuruteraan sosial yang bertujuan untuk mengubah negara dengan menjadikan kerajaan lebih bertanggungjawab dan efektif dalam penyampaian perkhidmatan. Antara bidang utama yang dirangkumi NKRA adalah pengurangan jenayah terindex.

Satu cabaran hebat yang dihadapi oleh Kerajaan adalah dalam menangani kenaikan kadar jenayah terindeks di seluruh negara yang berlaku sejak beberapa tahun

kebelakangan ini. Angka-angka yang diterbitkan oleh PEMANDU (2010) menggambarkan kenaikan kadar jenayah terindeks yang dilaporkan dari tahun 2006 hingga 2008, seperti yang digambarkan dalam Rajah 2.2.



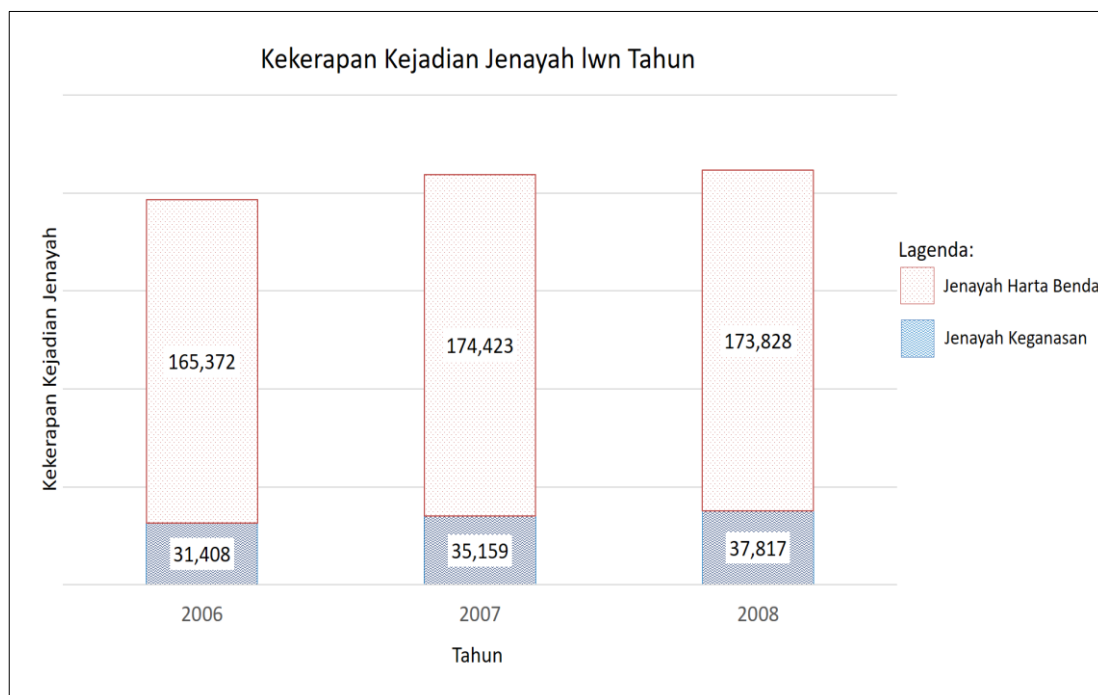
Rajah 2.1 Empat Pilar Transformasi Kerajaan

Sumber: Majlis Penasihat Ekonomi Negara 2009, Mahbob et al. 2014

Kementerian Dalam Negeri (KDN) ditugaskan untuk mengurangkan kadar jenayah dan menangani persepsi orang awam tentang jumlah jenayah melalui agensinya, Polis Diraja Malaysia (PDRM).

KDN (2012) telah menggariskan bidang-bidang perhatian utama mengurangkan jenayah iaitu:

- a) Jenayah keganasan (Keganasan dan kecederaan, Penggunaan senjata, Rompakan)
- b) Jenayah harta benda (Kecurian, Jenayah merosakkan harta benda dan vandalisme, Penipuan dan Pemalsuan, Kesalahan dadah)



Rajah 2.2 Laporan Jenayah Terindex Kebangsaan 2006 – 2008

Sumber: Unit Pengurusan Prestasi Dan Pelaksanaan 2012

Menurut PEMANDU (2011), KDN melalui agensinya PDRM telah melangkah ke hadapan dengan mengambil inisiatif-inisiatif berikut:

- a) Pengenalpastian kelompok titik panas jenayah – Pengenalpastian kawasan dengan kekerapan jenayah.
- b) Peningkatan kerahan anggota di jalanan – Kerahan kakitangan tambahan untuk tugas-tugas rondaan, bergaul dengan orang awam dan meningkatkan profil kehadiran polis di kalangan masyarakat.
- c) Mendapatkan penilaian dari pihak berkecuali dalam penganalisaan keadaan.
- d) Meningkatkan profil keterlihatan melalui kerjasama dengan agensi-agensi lain seperti Angkatan Tentera DiRaja Malaysia, Kor Sukarelawan Rakyat (RELA), dan Jabatan Pertahanan Awam Malaysia (JPAM).
- e) Penggunaan perkhidmatan pesanan ringkas (SMS) seperti yang digambarkan dalam Rajah 2.3 untuk mendapatkan maklum balas awam.



Rajah 2.3 Sistem Tinjauan Kepuasan Pelanggan Dilancarkan oleh Polis Selangor bagi Orang Awam untuk Memberi Maklum Balas Mengenai Prestasi Polis Negeri Selangor

Sumber: Polis DiRaja Malaysia 2012



Rajah 2.4 Paparan khidmat berjaga-jaga "MyDistress SOS" yang dilancarkan oleh Polis DiRaja Malaysia Kontinjen Selangor untuk penduduk negeri Selangor

Sumber: Polis Di Raja Malaysia Kontinjen Selangor 2012

- f) Perkhidmatan "MyDistress SOS" melalui penggunaan telefon pintar (rujuk Rajah 2.4) untuk mempercepatkan masa bertindak.
- g) Pelancaran kepelbagaian operasi di peringkat kebangsaan serta penggunaan Peranti Akses Komputer Bergerak untuk membolehkan pemeriksaan pendaftaran kenderaan dalam talian.

2.2 PROGRAM BANDAR SELAMAT

Kementerian Dalam Negeri (KDN) serta Kementerian Perumahan dan Kerajaan Tempatan (KPKT) telah berganding bahu melalui agensi masing-masing iaitu Polis DiRaja Malaysia (PDRM) serta Jabatan Perancangan Bandar Dan Desa (JPBD). Diilhamkan oleh JPBD, Program Bandar Selamat telah ditubuhkan dengan JPBD menggalas tanggungjawab menjaga kemudahan pemetaan jenayah Sistem Pemantauan Bandar Selamat (SPBS) dan juga bertindak sebagai penjaga data geospasial. PDRM pula bertanggungjawab menjaga data jenayah. Perkongsian ini adalah faktor kritikal dalam Program Bandar Selamat dan dalam menangani peraturan-peraturan penerimaan kepenggunaan yang kritikal yang telah mendapat pengiktirafan antarabangsa selain memenangi Anugerah "International Special Achievement in Geography Award 2012" serta Anugerah "Innovative Use of Technology in Public Service", Persatuan Komanwel bagi Pentadbiran Awam dan Pengurusan (CAPAM) 2014.

Menurut JPBD (2010) dan Latif et al. (2015), Program Bandar Selamat dilancarkan dengan skop untuk melahirkan bandar-bandar berikut:

- a) Bandar-bandar yang bebas dari jenayah kemusnahan harta benda dan nyawa, seperti jenayah kecurian dan rompakan,
- b) Bandar-bandar yang bebas dari jenayah kemusnahan dan vandalisme,
- c) Bandar-bandar yang bebas dari masalah sosial dan moral,
- d) Bandar-bandar yang bebas dari kemalangan di dalam dan luar bangunan.

Sebagai pemangkin kepada Program Bandar Selamat (PBS), Sistem Pemantauan Bandar Selamat (SPBS) dicetuskan. Menurut Peter Valentine (2012),

dilancarkan pada bulan April 2011 oleh Menteri Kementerian Perumahan dan Kerajaan Tempatan, Sistem Pemantauan Bandar Selamat adalah sistem yang mengaplikasikan Pemetaan Jenayah melalui platform SMG.

Menurut Mohammad Mentek (2018) selaku Ketua Setiausaha Kementerian Perumahan & Kerajaan Tempatan, bagi menjayakan Sistem Pemantauan Bandar Selamat, kerjasama dengan Polis DiRaja Malaysia adalah penting kerana kemasukan data jenayah dilaksanakan oleh pihak Polis DiRaja Malaysia ketika laporan polis dibuat oleh pelapor. Oleh itu, kerjasama di antara Jabatan Perancangan Bandar Dan Desa dan Polis DiRaja Malaysia dijalinan di mana Jabatan Perancangan Bandar Dan Desa bertindak sebagai penjaga kepada keseluruhan infrastruktur, data geospasial, perisian, aplikasi dan kelangsungan Sistem Pemantauan Bandar Selamat manakala pihak Polis DiRaja Malaysia pula bertindak sebagai penjaga data jenayah. Rajah 2.5 menunjukkan hubungan ke antara Sistem Pemantauan Bandar dengan sistem Laporan Polis untuk menjayakan pemetaan jenayah serta skop jenayah yang dipetakan. Jadual 2.1 menyenaraikan jenis-jenis jenayah yang dirangkumkan dalam Sistem Pemantauan Bandar Selamat.



Rajah 2.5 Integrasi Sistem Pemantauan Bandar Selamat dengan Sistem Laporan Polis

Sumber: Mentek 2018

Jadual 2.1 Kategori jenayah yang dipetakan oleh Program Bandar Selamat

Kategori Jenayah	Jenis Jenayah
Jenayah Kekerasan	Membunuh
	Cubaan membunuh
	Rompakan berkumpulan menggunakan senjata api
	Rompakan berkumpulan tanpa menggunakan senjata api
	Rompakan menggunakan senjata api
	Rompakan tanpa menggunakan senjata api
	Rogol
Jenayah Harta Benda	Mendatangkan Kecederaan
	Pecah rumah dan kecurian (siang hari)
	Pecah rumah dan kecurian (malam hari)
	Kecurian lori dan van
	Kecurian kereta
	Kecurian motosikalt
	Kecurian ragut
	Lain-lain jenis kecurian

Sumber: Mentek 2018.

Menurut Unit Perancangan Ekonomi (2010) dan Malek et al. (2015), sebagai langkah segera mempromosikan pencegahan jenayah, Program Bandar Selamat telah merangka pelan-pelan berikut yang dilaksanakan melalui Rancangan Malaysia Ke-10:

- a) Inisiatif Rekabentuk Alam Sekitar
- b) Perkasaan Sasaran
- c) Aktiviti sosial yang menggalakkan kesedaran dan mendidik orang awam serta komuniti.

Menurut Laporan Tahunan Pengurangan Jenayah 2011 oleh PEMANDU, Program Bandar Selamat menjadikan 151 pihak berkuasa tempatan di seluruh negara lebih selamat. Pemasangan sistem pencahayaan, cermin keselamatan, bolard serta pemisahan laluan pejalan kaki dilakukan untuk keselamatan awam.

Buat pertama kalinya, Indeks Keamanan Global (GPI) menobatkan Malaysia sebagai negara ke-4 paling selamat di rantau Asia Pasifik selepas New Zealand, Jepun dan Australia selain dinobatkan sebagai negara paling aman di Asia Tenggara (PEMANDU 2012). Untuk melengkapi pencapaian ini, indeks Aturan Perundangan Projek Keadilan Dunia menobatkan Malaysia sebagai negara ke-19 paling selamat di kalangan negara-negara berpendapatan sederhana atas.

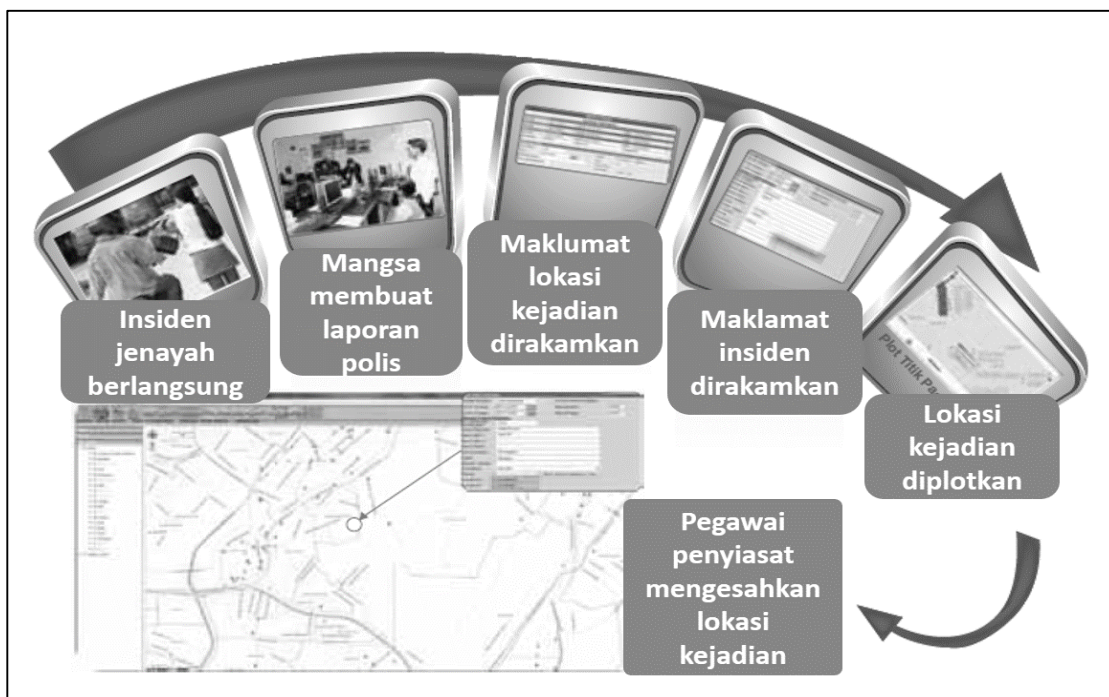
2.2.1 Aplikasi Pemetaan Jenayah Di Program Bandar Selamat

Sistem Pemantauan Bandar Selamat di bawah inisiatif Program Bandar Selamat merupakan contoh yang sangat baik bagi menggambarkan penggunaan visualisasi jenayah untuk tujuan memastikan keselamatan bandar.

Menurut Mohd Fadzil Mohd Khir (2007), pemetaan jenayah menggunakan Sistem Maklumat Geografi merupakan faktor utama kejayaan pelaksanaan Sistem Pemantauan Bandar Selamat di mana pemetaan jenayah dilakukan dengan kerjasama Polis DiRaja Malaysia. Sistem Pemantauan Bandar Selamat merevolusikan Sistem Laporan Polis yang sedia ada dan cara insiden jenayah dicatatkan di dalam Sistem Laporan Polis yang kemudiannya divisualisasikan untuk tujuan pemetaan jenayah.

Seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 2.6, lokasi jenayah diplotkan mengikut maklumat kejadian dalam masa nyata ketika kejadian dilaporkan dan lokasi kejadian disahkan oleh pegawai penyiasat. Rajah 2.6 adalah rentetan yang menerangkan proses integrasi data di antara Sistem Laporan Polis dan Sistem Pemantauan Bandar Selamat berlaku:

- a) Kejadian jenayah berlaku.
- b) Mangsa ataupun wakilnya membuat laporan polis..
- c) Maklumat tempat kejadian dan maklumat kejadian direkodkan.
- d) Jika jenis perlakuan jenayah diliputi oleh Sistem Pemantauan Bandar Selamat, maka anggota polis yang menerima laporan akan memaparkan peta. Mangsa atau wakilnya kemudian diperlukan untuk mengenal pasti lokasi kejadian jenayah.
- e) Pegawai penyiasat kemudian ditugaskan untuk mengesahkan kesahihan laporan yang diterima. Setelah disahkan, lokasi yang dikenal pasti akan direkodkan dalam Sistem Pemantauan Bandar Selamat.



Rajah 2.6 Proses Pemetaan Jenayah

Sumber: Jabatan Perancangan Bandar Dan Desa 2011

Dengan memasukkan laporan kejadian ke dalam Sistem Maklumat Geografi, data yang direkodkan dari laporan kejadian akan ditambah kepada data geospasial yang sedia ada. Visualisasi elektronik pemetaan jenayah atau lokasi titik panas menurut jenis jenayah tertentu boleh dihasilkan dengan mudah dan memberi manfaat yang besar kepada penguatkuasaan undang-undang menerusi peningkatan keupayaan menganalisa pergerakan atau penyebaran jenayah merangkumi pelbagai domain dan pembolehubah. Pengubahsuaian juga mudah dilakukan ke atas peta seperti perubahan skala, penambahan atau penyingkiran butiran peta, penambahan atau penghapusan kejadian jenayah dan rujukan silang dengan kes-kes jenayah yang lain.

Rajah 2.7 menunjukkan laman sesawang utama Program Bandar Selamat, manakala Rajah 2.8 pula menunjukkan halaman Program Bandar Selamat setelah log masuk dibuat. Walau bagaimanapun, perkongsian paparan serta pernyataan mengenai keupayaan pemetaan jenayah seterusnya adalah dilarang dan perlu mendapat kebenaran daripada pihak Polis DiRaja Malaysia serta penyelaras Bandar Selamat terlebih dahulu. Kandungan yang terdapat di dalam Sistem Pemantauan Bandar Selamat dilindungi oleh Akta Rahsia Rasmi 1972 (Akta 88) (Rajah 2.7) dan sebarang perkongsian maklumat

berkenaan fungsi, rekabentuk, butiran dan data yang disediakan oleh Sistem Pemantauan Bandar Selamat adalah dilarang.



Rajah 2.7 Halaman utama capaian laman sesawang Program Bandar Selamat

Sumber: Jabatan Perancangan Bandar Dan Desa 2018

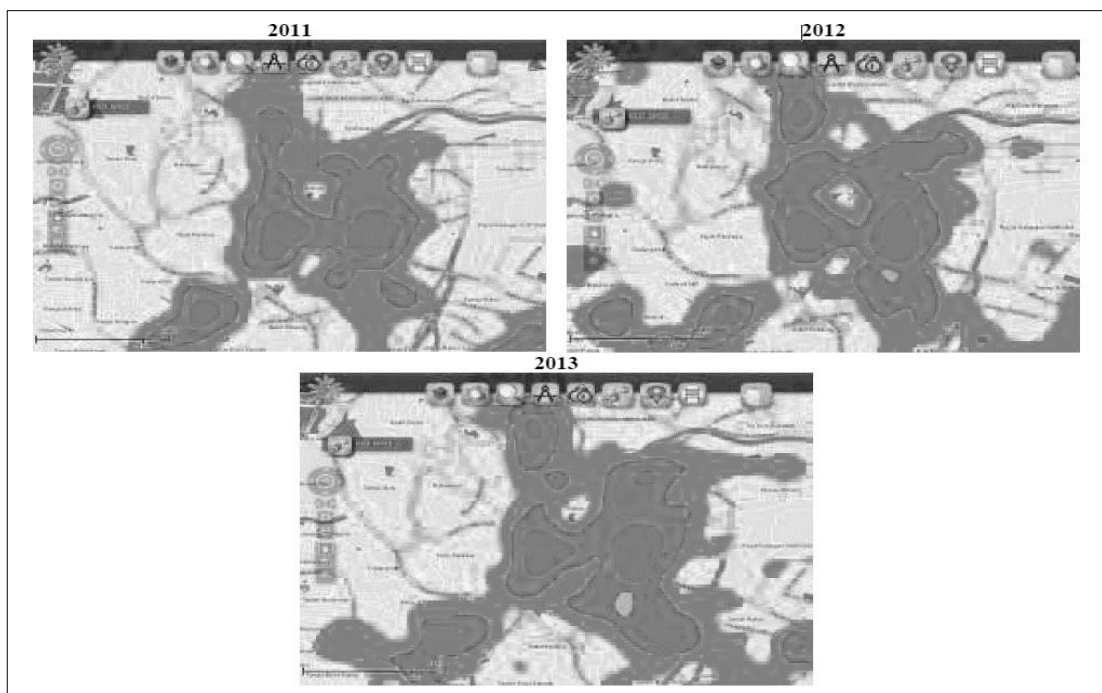
Menurut Latif (2015), Rajah 2.9 adalah peta titik panas yang menunjukkan lokasi tumpuan jenayah di sekitar Kuala Lumpur dari tahun 2011 hingga 2013. Beliau menyatakan lokasi tumpuan jenayah keganasan adalah tertumpu pada kawasan yang sama setiap tahun iaitu di kawasan Pusat Bandar Kuala Lumpur, Bukit Bintang dan Pudu yang mencatatkan kekerapan yang tertinggi setiap tahun.

Kemampuan Sistem Pemantauan Bandar Selamat dapat dipertingkatkan lagi jika ia mampu merealisasikan dimensi baharu iaitu meramal pergerakan suspek berulang yang sedang diburu. Ini bermakna, sekiranya pihak Polis DiRaja Malaysia sedang menjejaki suspek berulang, aktiviti kepolisan berprofil tinggi ataupun kepolisan berprofil rendah boleh dikerahkan untuk menghentikan jenayah daripada berlaku atau untuk menangkap suspek berulang yang diburu justeru menghentikan kemungkinan perlakuan jenayah.



Rajah 2.8 Halaman akses diberikan bagi membolehkan pemahaman lanjut mengenai keupayaan pemetaan jenayah.

Sumber: Jabatan Perancangan Bandar Dan Desa 2014

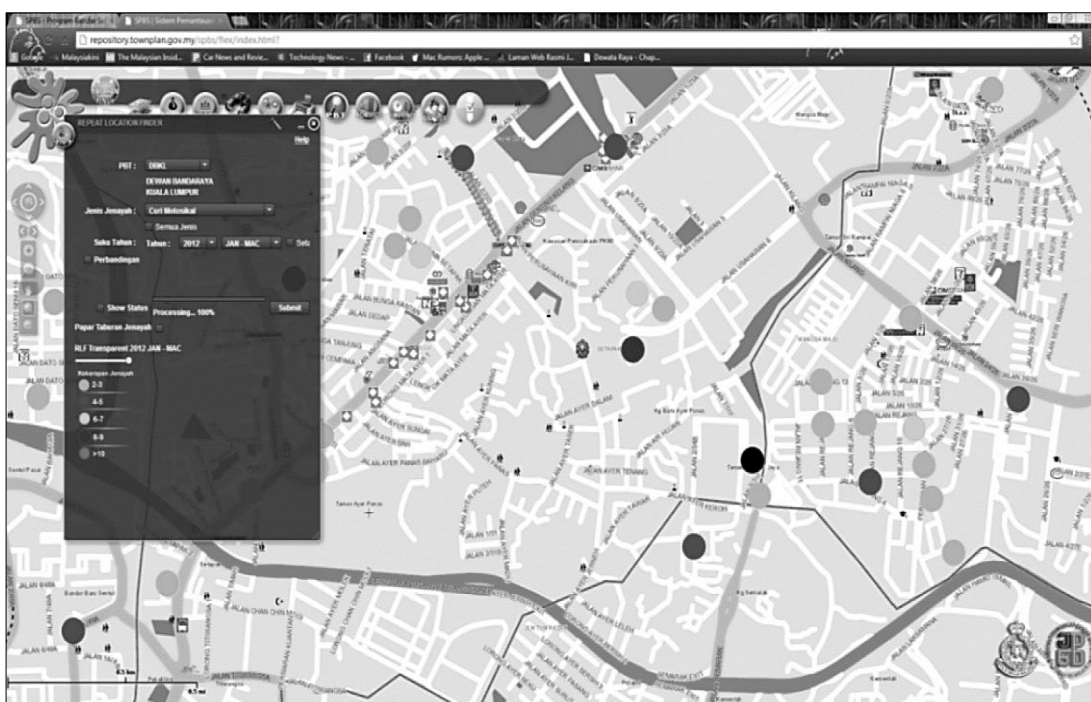


Rajah 2.9 Lokasi tumpuan jenayah keganasan di sekitar Kuala Lumpur dari tahun 2011 hingga 2013

Sumber: Latif 2015

2.2.2 Kaedah Ramalan Lokasi Menurut Program Bandar Selamat

Menurut Shamsudin et al. (2013), Carian Lokasi Berulang (CLB) adalah satu fitur di dalam Sistem Pemantauan Bandar Selamat yang meramal pergerakan jenayah melalui penggunaan titik panas. Titik panas adalah kelompok kejadian jenayah yang tertumpu kepada ruang geospasial yang diberikan. Tujuan penggunaan CLB adalah untuk mencari jenis jenayah serupa yang akan berlaku di lokasi berhampiran. Rajah 2.10 adalah contoh paparan CLB. Di dalam contoh ini, terdapat beberapa kelompok titik panas yang diwakili oleh bulatan. Lokasi jenayah serupa seterusnya diramalkan akan berlaku dalam lingkungan 400m dari lokasi asal bulatan.



Rajah 2.10 Taburan kedudukan Lokasi Carian Berulang

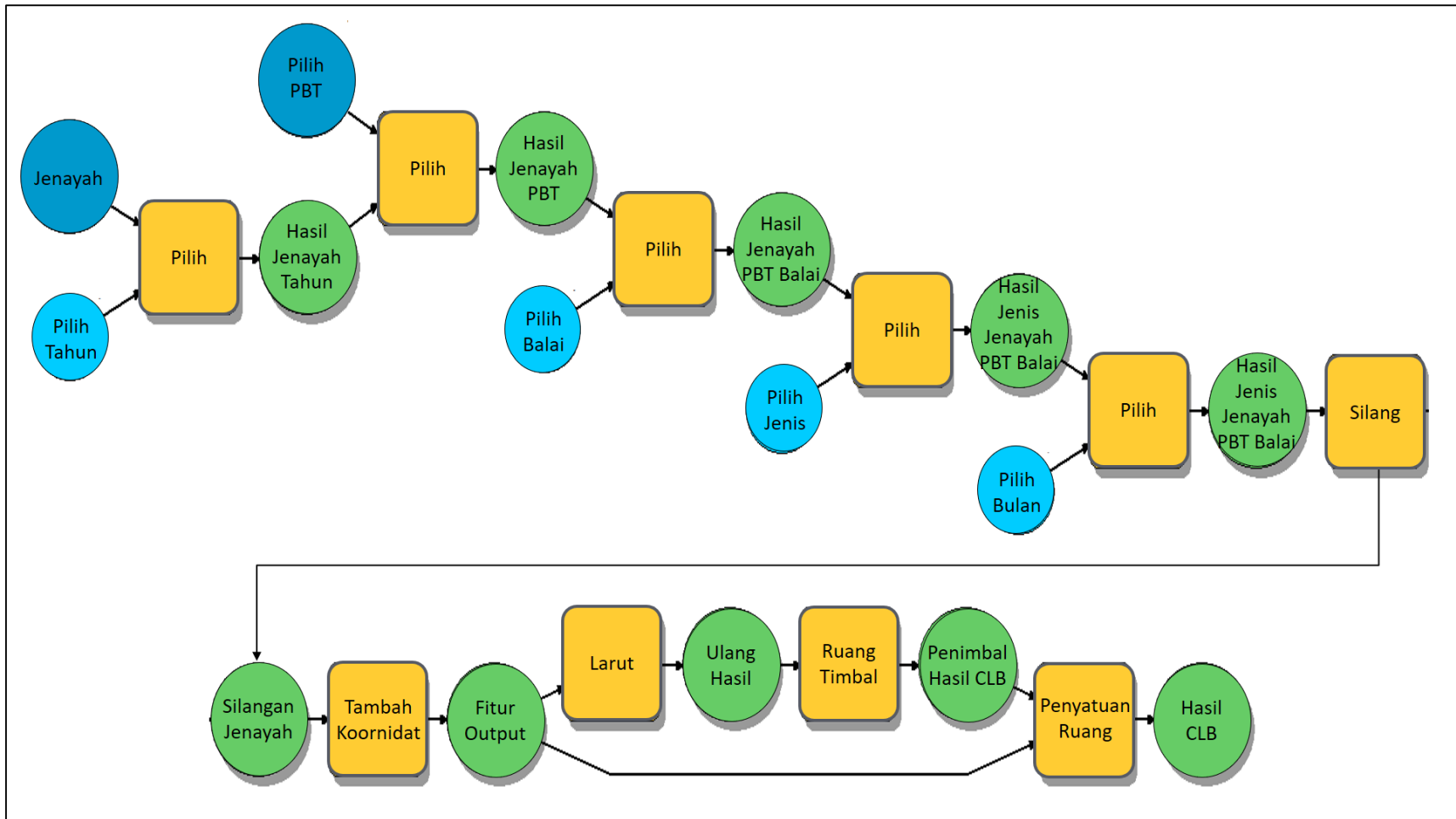
Sumber: Shamsudin et al 2013

Di dalam Sistem Pemantauan Bandar Selamat, CLB digunakan untuk mengenalpasti lokasi seterusnya ataupun wilayah geospasial di mana jenayah lebih cenderung berlaku. Pseudokod di dalam Jadual 2.2 memberikan langkah-langkah yang diambil untuk menghasilkan suatu CLB dan divisualkan di dalam Rajah 2.11.

Jadual 2.2 Pseudokod Carian Lokasi Berulang

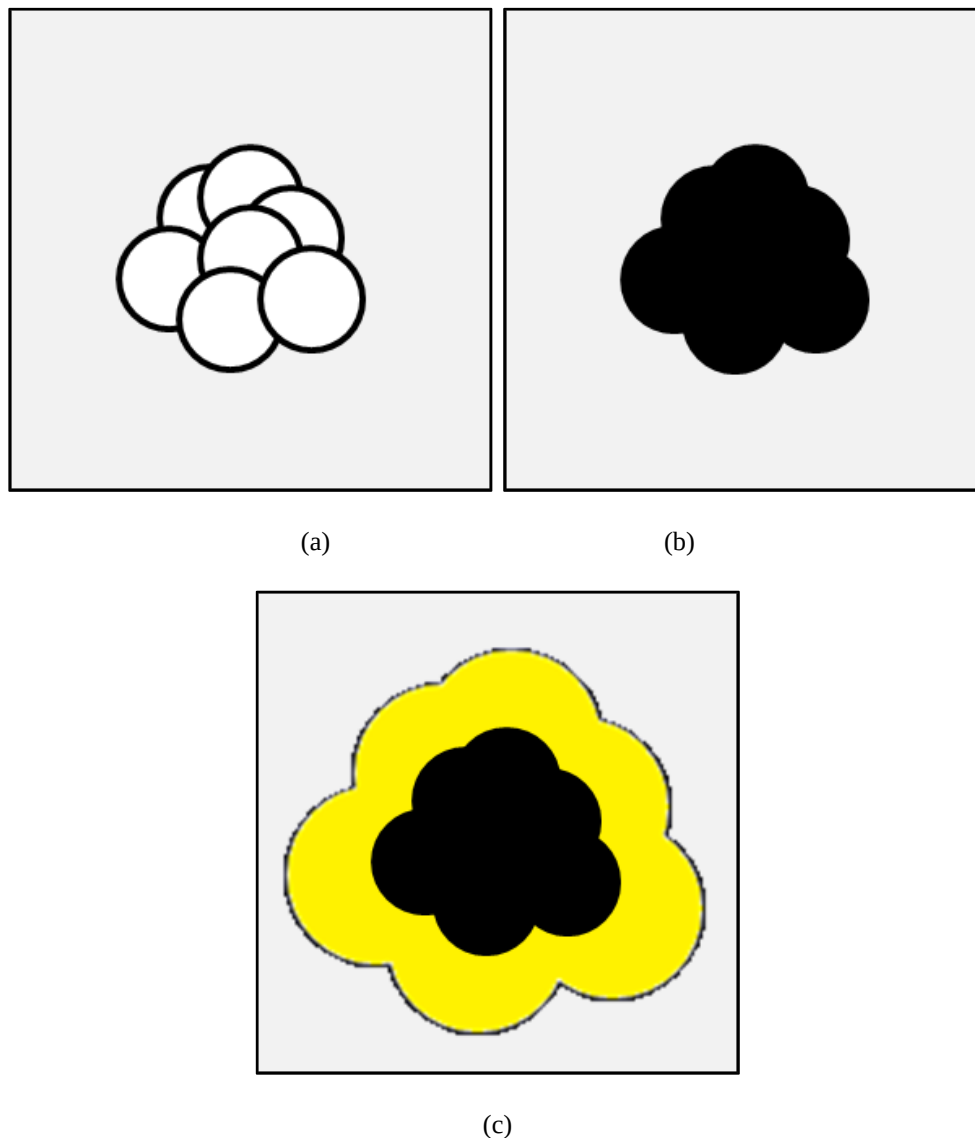
Aliran Pseudokod Carian Lokasi Berulang (CLB)	
Langkah	#pemilihan jenis jenayah, julat masa dan lokasi
1	Masa: Pilih Tahun. Output: Hasil Jenayah Tahun
2	Lokasi: Pilih Pihak Berkuasa Tempatan (PBT). Output: Hasil Jenayah PBT
3	Lokasi: Pilih Balai. Output: Hasil Jenayah PBT Balai.
4	Jenayah: Pilih Jenis. Output: Hasil Jenis Jenayah PBT Balai.
5	Masa: Pilih Bulan. Output: Hasil Jenis Jenayah PBT Balai.
	#penghasilan peta kelompok titik panas dan carian lokasi berulang
6	Silangkan kesemua lokasi kejadian jenayah. Output: Silangan jenayah.
7	Tambah koordinat. Output: Fitur Output
8	Lompat ke langkah 11 jika tidak mahu menambahkan ruang timbal.
9	Larutkan kesemua fitur output. Output: Ulang Hasil dalam satu polygon
10	Tambahkan ruang timbal. Output: Penimbal hasil CLB
11	Penyatuan ruang. Output: Hasil CLB.

Setelah jarak penampan yang dikehendaki dipilih, Sistem Pemantauan Bandar Selamat melukis lokasi yang berkemungkinan menjadi lokasi jenayah seterusnya berdasarkan jarak penampan yang dipilih. Untuk gambaran kaedah ini, sila rujuk Rajah 2.12. Rajah 2.12(a) menunjukkan tujuh insiden jenayah yang berlaku pada jarak dekat, di mana setiap insiden diwarnakan putih dengan perimeter hitam. Jenayah-jenayah ini kemudiannya dikumpulkan bagi mewujudkan kelompok titik panas seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 2.12(b) yang diwarnakan putih. Setelah jarak penampan dibuat, sebuah kawasan baharu dibentuk seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 2.12 (c) yang diwarnakan kuning. Kawasan berwarna kuning dikenalpasti sebagai lokasi ulangan di mana jenayah-jenayah mungkin berlaku. Walau bagaimanapun, tidak diketahui dengan pasti samaada titik panas yang baharu itu akan cenderung bergerak ke arah utara, selatan, timur atau barat dari kelompok titik panas yang asal kerana ia mungkin berlaku di mana sahaja di dalam kawasan berwarna kuning yang baharu. Untuk penggunaan kaedah jarak penampan, jarak 400m dianggap berkesan untuk digunakan di dalam sistem Pemantauan Bandar Selamat. Kesimpulannya, amalan-amalan semasa Pencarian Lokasi Berulang meramalkan pergerakan titik panas. Atau dengan kata lain, Pencarian Lokasi Berulang meramalkan anjakan atau pergerakan jenayah di dalam batas jarak jejari penampan yang telah ditetapkan dari lokasi asal dan jarak penampan yang diterima pakai adalah 400m..



Rajah 2.11 Proses pencarian lokasi berulang

Sumber: Program Bandar Selamat.2017

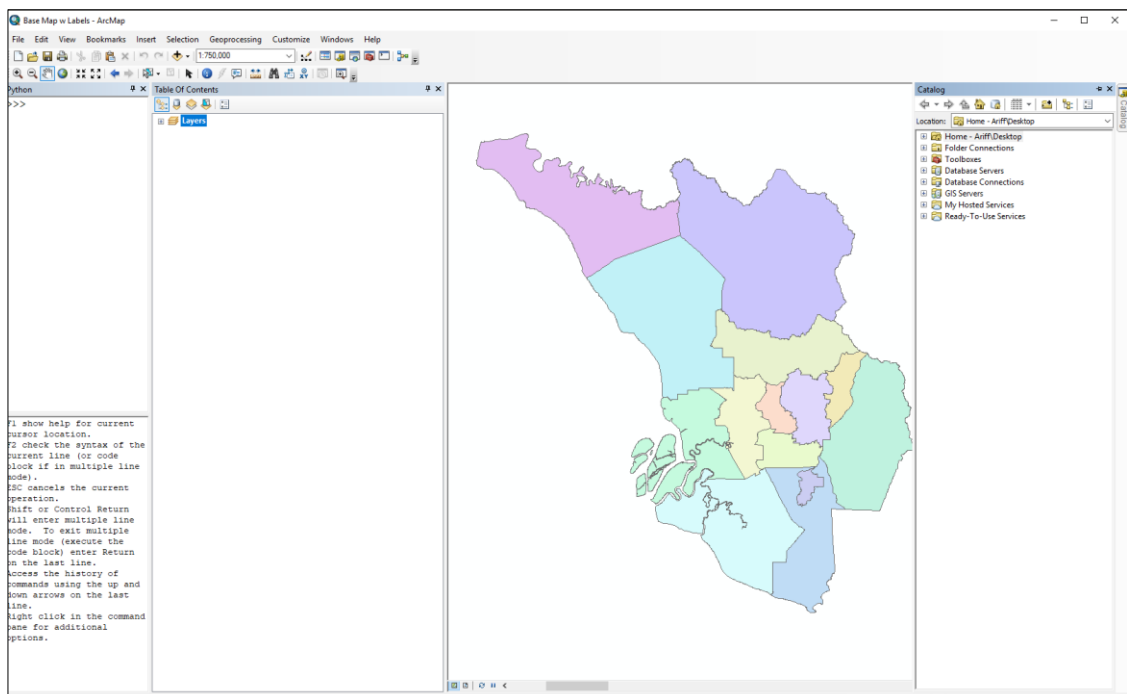


Rajah 2.12 Gambaran Carian Lokasi Berulang. (a) Beberapa kejadian jenayah berlaku berdekatan antara satu sama lain (b) Sebuah kawasan kelompok titik panas dicipta (c) Ruang penampakan dibuat menggunakan satu jarak penampakan pra-tetap.

Ahli Makmal Jenayah Bidang Keberhasilan Utama Negara (NKRA Crime Lab) telah ditemui bagi tujuan mendapatkan fakta. Penolong Kanan Pesuruhjaya II (S.A.C.II) (Bersara) Dato Benjamin Hasbi (2011), Che Wan Shamsudin Che Wan Ahmad (2011) serta Jamil Ahmad (2011) telah mengesahkan bahawa tidak terdapat keupayaan pengenalanpastian automatik terhadap pola jenayah dan peramalan pergerakan suspek jenayah berulang di dalam Malaysia. Toh Lay See (2011) bagi pihak Jabatan Perancangan Bandar Dan Desa (JPBD), Kementerian Perumahan dan Kerajaan Tempatan (KPKT) juga telah mengesahkan bahawa kewujudan kapasiti yang sedemikian masih belum ada di dalam Program Bandar Selamat.

2.3 ALATAN UNTUK PENYELIDIKAN

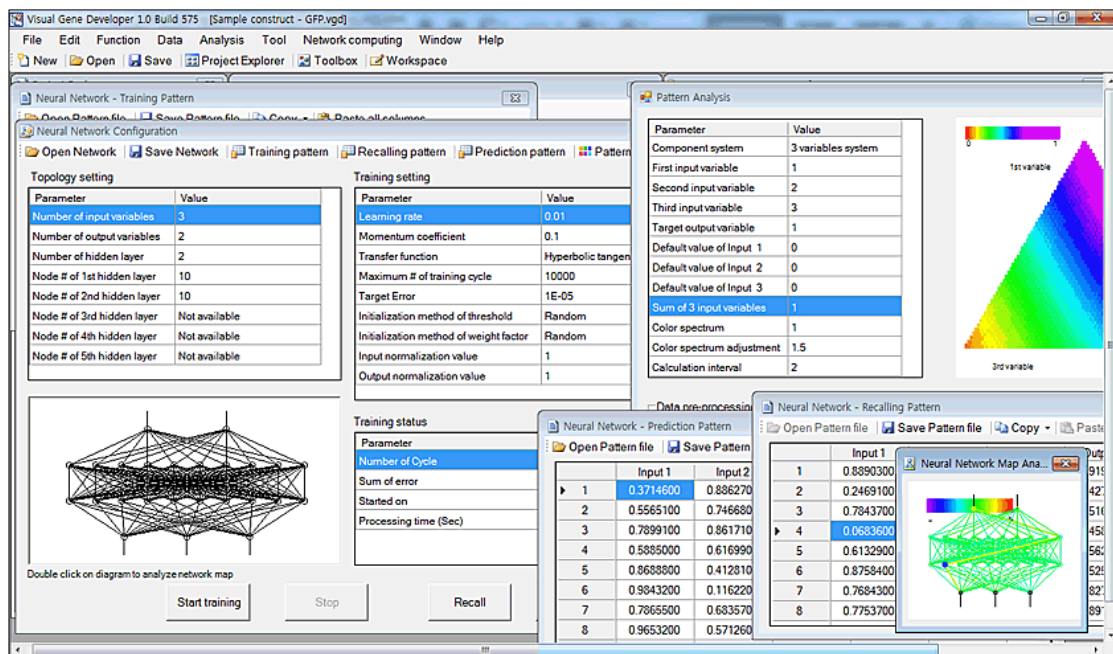
Perisian pemetaan yang digunakan di dalam tesis ini adalah ArcGIS for Desktop Advance versi 10.2.2. ArcGIS digunakan kerana ia merupakan perisian pemetaan yang telah terbukti di seluruh dunia (ESRI Malaysia, 2013) selain digunakan oleh Program Bandar Selamat. Ia mampu menghasilkan peta yang menggabungkan geo-lokasi GPS, menggabungkan cerapan satelit, menghasilkan data geospasial dari peta yang diimbas serta menggunakan konversi format data dari raster ke vektor dan dari vektor ke raster. Rajah 2.13 adalah contoh paparan ruang kerja ArcGIS.



Rajah 2.13 Paparan ruang kerja ArcGIS

Perisian rangkaian neural yang digunakan adalah Visual Gene Developer (VGD) Version 1.7. Visual Gene Developer adalah perisian akademik yang dibangunkan oleh Jabatan Kejuruteraan Kimia dan Sains Bahan, Universiti California-Davis (Jung, S.-K. and K. McDonald 2011). Visual Gene Developer adalah perisian akademik yang mempunyai keupayaan untuk memvisualisasikan proses pembelajaran dengan mudah. Rajah 2.14 adalah contoh paparan ruang kerja Visual Gene Developer. Visual Gene Developer membenarkan pengguna memilih kadar pembelajaran, kadar momentum, bilangan lapisan di aras tersembunyi dan bilangan nod di aras tersembunyi yang dikehendaki. Fungsi pengaktifan yang disediakan adalah Gaussian, Sigmoid dan

Tangent Hyperbolik. Syarat berhenti adalah melalui bilangan epok ataupun ralat rangkaian yang dicapai.



Rajah 2.14 Paparan utama modul rangkaian neural perisian Visual Gene Developer.

Sumber: http://www.visualgenedeveloper.net/Intro_VGD.html, Aug 17, 2018

Dari sudut perkakasan pengkomputeran, menggunakan komputer gaming dengan kuasa CPU Intel i7-6700HQ 2.60GHz, yang mempunyai kapasiti RAM sebanyak 16GB dan dilengkapi dengan GPU NVIDIA GTX960.

2.4 RANGKAIAN NEURAL

Menurut Hein et al. (2019), kepenggunaan rangkaian neural telah ditetapkan sebagai kaedah yang terbaik untuk mempelajari sesuatu tugas pembelajaran. Rangkaian neural dikatakan boleh membuat ramalan dengan keyakinan yang tinggi jauh dan melangkauai data latihan. Antara domain yang menggunakan rangkaian neural dengan cemerlang adalah domain pemanduan mandiri (autonomous driving), diagnosis perubatan dan pengecaman imej. Rangkaian neural juga telah digunakan untuk pengecaman imej satelit untuk meramal tahap kemiskinan dan hasil ekonomi sesuatu kawasan (Jean et al. 2016), peramalan kesesakan lalu lintas dengan mengkaji data pergerakan trafik melalui data GPS yang diambil dari teksi-teksi ketika bergerak di jalan raya (Ma et al. 2015)

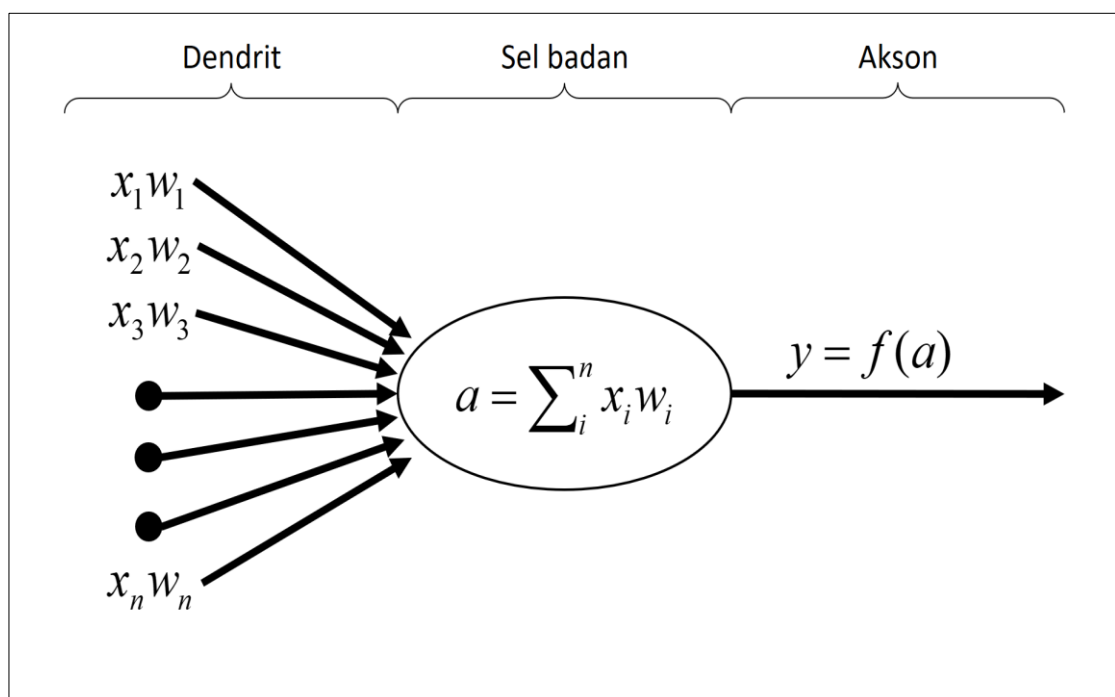
dan peramaan pencemaran dan kualiti udara melalui data kualiti udara yang diambil di lokasi serta masa yang berbeza-beza (Li et al. 2016). Menurut Das et al. (2016), rangkaian neural boleh digunakan untuk meramal lokasi jenayah masa hadapan untuk model ramalan kes berulang. Perbincangan berkenaan penggunaan rangkain neural untuk peramalan lokasi dibincangkan di dalam sub bab ini.

Menurut Wittrock (1977) dan Joseph (1993), pembangunan rangkaian neural diilhamkan daripada fisiologi otak manusia yang terdiri daripada berjuta-juta sel neuron. Kesemua sel neuron berhubung di dalam satu rangkaian yang menyalurkan isyarat elektrik yang boleh ditafsirkan sebagai maklumat dan hubungan di antara neuron-neuron ini adalah asas senibina rangkaian neural.

Menurut Luger (1993) dan Ahmad et al. (2017), mekanisme rangkaian neural adalah bersesuaian untuk implimentasi kecerdasan buatan kerana ia dapat menapis gangguan dan boleh terhindar daripada melakukan komputasi yang sentiasa benar ataupun sentiasa gagal sepenuhnya. Berbeza dari teknik pemodelan yang lain, rangkaian neural tidak memerlukan sebarang pengetahuan mekanistik. Sebagai analogi, keupayaan rangkaian neural adalah seperti keupayaan dinamik manusia yang dapat menapis gangguan ketika mendengar bisikan di tempat yang bising. Menurut Chandren (1997), rangkaian neural boleh disesuaikan kepada kepelbagaian persekitaran maklumat dan boleh melangsungkan proses pembelajaran tanpa arahan arahan yang tepat.

Menurut Goodacre et al. (1998), Khaki et al. (2016) dan Khamis et al. (2018), neuron tiruan adalah komponen asas bagi rangkaian neural. Setiap neuron tiruan mengajuk sel neuron otak yang terdiri daripada dendrit, sel badan dan akson. Rajah 2.15 menunjukkan seni bina neuron tiruan. Lapisan dendrit berfungsi sebagai lapisan yang memberikan maklumat kepada neuron, sel badan berfungsi sebagai lapisan yang memproses data yang diterima neuron dan akson berfungsi sebagai lapisan yang menghantar maklumat kepada neuron tiruan seterusnya. Lapisan dendrit menghantar maklumat kepada lapisan sel badan yang menggunakan satu fungsi pengaktifan yang tidak linear. Setiap nilai input didarabkan dengan nilai pemberat yang unik input tersebut dan jumlah keseluruhan input melalui fungsi pengaktifan di mana nilai baru ini

menjadi nilai input untuk neuron tiruan seterusnya. Rajah 2.15 menunjukkan contoh di mana neuron mempunyai sebanyak n bilangan dendrit. Setiap dendrit menerima isyarat input x yang berbeza yang didarabkan dengan nilai pemberat w yang berbeza. Kesemua isyarat input dari dendrit dijumlahkan di sel badan (Jumlah isyarat input = $a = \sum_i^n x_i w_i$) dan kemudiannya melalui satu fungsi pengaktifan ($y = f(a)$) di mana output kepada sel badan iaitu y keluar melalui akson dan menjadi input kepada dendrit sel neuron seterusnya.

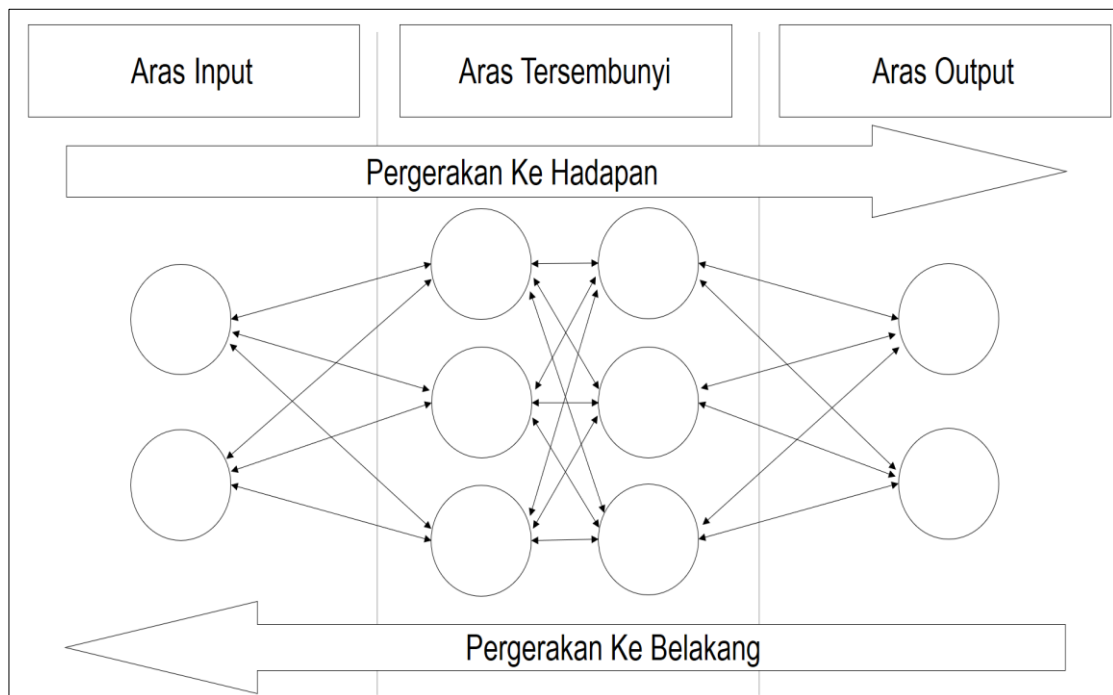


Rajah 2.15 Seni bina neuron tiruan

Sumber: Goodacre et al. 1998, Khaki et al. 2016, Khamisa et al. 2018

Menurut Smith (2018), topologi rangkaian neural terdiri daripada tiga aras iaitu aras input, aras tersembunyi dan aras output. Setiap aras input dan aras output hanya mempunyai satu lapisan manakala aras tersembunyi mempunyai sekurang-kurangnya satu lapisan. Setiap aras mempunyai sekurang-kurangnya satu nod dan setiap nod merupakan perwakilan neuron tiruan. Rajah 2.16 adalah contoh sebuah rangkaian neural yang mempunyai dua nod di aras input, dua nod di aras output, dua lapisan di aras tersembunyi yang mempunyai tiga nod di setiap lapisan. Setiap nod disambungkan kepada kesemua nod di aras hadapan dan aras belakang. Anak panah ke kanan

menunjukkan pergerakan ke hadapan dan anak panah ke kiri menunjukkan pergerakan ke belakang yang mengubahsuai nilai pemberat pergerakan ke hadapan dengan menggunakan nilai ralat dalam rangkaian.



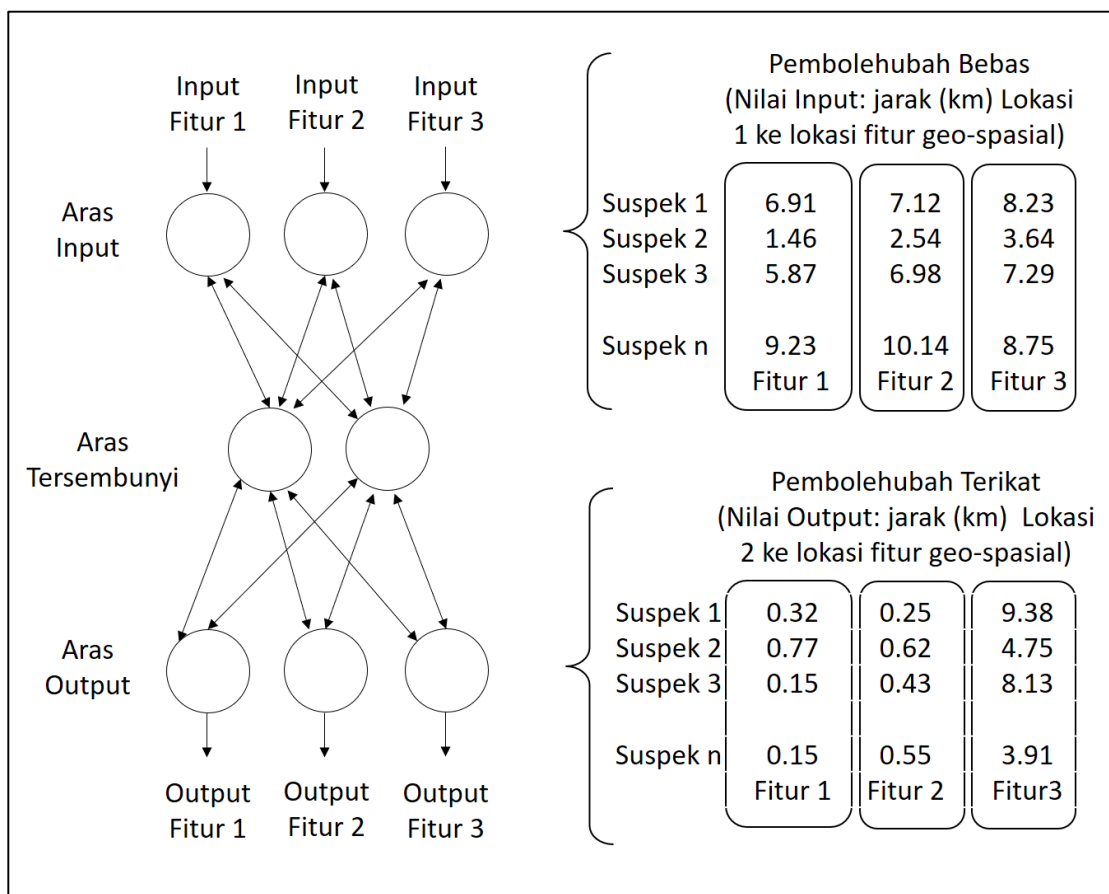
Rajah 2.16 Topologi rangkaian neural

Sumber: Smith 2018

Menurut Schmidt et al. (1998), set data contoh ataupun set latihan diperlukan untuk melatih sesebuah rangkaian neural. Rajah 2.17 menunjukkan bagaimana set latihan dipetakan kedalam rangkaian neural. Input kepada rangkaian adalah pembolehubah bebas dan output pula adalah pembolehubah terikat. Hubungan yang dijalinan antara pembolehubah bebas dan terikat dikenali sebagai pasangan latihan.

Contoh yang ditunjukkan dalam Rajah 2.17 menunjukkan pasangan latihan yang mempunyai sebanyak n rekod dan 3 fitur geospasial di mana setiap rekod mewakili suspek jenayah berulang yang berbeza. Set pemboleh ubah bebas mewakili nilai jarak (km) fitur geospasial dari lokasi pertama kejadian jenayah manakala set pemboleh ubah terikat mewakili nilai jarak (km) fitur geospasial dari lokasi kedua kejadian jenayah. Untuk contoh yang ditunjukkan dalam Rajah 2.17, nilai-nilai arbitrari digunakan. Set (6.91, 7.12, 8.23) mewakili suspek pertama di mana jarak 6.91km,

7.12km serta 8.23km adalah jarak fitur geospasial dari lokasi pertama kejadian dan berpasangan dengan set (0.32, 0.25, 9.38) yang mewakili suspek pertama di mana jarak 0.32km, 0.25km serta 9.38km adalah jarak fitur geospasial dari lokasi kedua kejadian, dan seterusnya bagi setiap rekod pasangan latihan.



Rajah 2.17 Pemetaan data di dalam rangkaian neural

Sumber: Schmidt et al. 1998

Menurut Jung et al (2011), rangkaian neural yang digunakan oleh Visual Gene Developer (VGD) adalah rangkaian suap ke hadapan bersama perambatan balik. Rangkaian neural yang tipikal menyuapkan maklumat ke arah hadapan dengan menggunakan formula berikut:

$$b_j = f\left(\sum_{i=1}^n (w_{ij}a_i) - T_j\right), \quad (2.1)$$

di mana a_i adalah vektor input, b_j adalah vektor output, w_{ij} adalah faktor pemberat antara dua nod, T_j adalah ambang dalaman dan f adalah fungsi pengaktifan. Fungsi tangen hiperbolik digunakan didalam kajian ini. Algoritma pembelajaran perambatan balik adalah berdasarkan aturan delta yang dipercepatkan dengan penggunaan momentum. Untuk memperbaiki pembelajaran rangkaian neural, faktor pemberat dan ambang dalaman boleh diubah dengan menggunakan formula berikut:

$$w_{ij}^{baru} = w_{ij}^{lama} + \eta \cdot \sum_p \delta_{pj} O_{pi} + \alpha \cdot \Delta w_{ij}^{lama} \quad (2.2)$$

$$T_j^{baru} = T_j^{lama} + \eta \cdot \sum_p \delta_{pj} + \alpha \cdot \Delta T_j^{lama} \quad (2.3)$$

di mana η adalah kadar pembelajaran, α adalah kadar koefisien momentum, Δw adalah perubahan kepada pemberat sebelumnya, ΔT adalah perubahan nilai ambang sebelumnya, O adalah output, δ adalah pembetulan pengurangan kecerunan dan p mewakili corak. Kesemua data corak dinormalkan untuk menjadi kurang dari 1, pemberat awalan adalah nilai rawak antara -0.2 hingga +0.2, dan nilai ambang awalan ditetapkan kepada sifar.

2.5 TEORI SET

Teori set digunakan di dalam kajian ini untuk melangsungkan aktiviti penyatuan dan tindanan. Teori set tidak mempengaruhi hasil output rangkaian neural dan berfungsi sebagai pemterjemah output rangkaian neural daripada data berbentuk vektor kepada pada pemetaan berbentuk raster. Dengan menggunakan data rasterlah baru dapat dilihat jika rangkaian neural dapat membuat ramalan ataupun tidak. Hasil output daripada rangkaian neural adalah jarak jejari untuk setiap jenis fitur geospasial, dimana setiap jenis fitur mempunyai jarak jejari yang berbeza-beza. Jarak jejari untuk setiap jenis fitur geospasial akan menghasil satu keluasan geoid dan maklumat ini pada peta raster tidak dapat menunjukkan hasil ramalan lokasi suspek jenayah berulang. Untuk menghasilkan maklumat lokasi, keluasan yang terhasil dari setiap jenis fitur geospasial yang sama akan melalui proses penyatuan dan kemudiannya kesemua keluasan untuk kesemua

fitur yang berbeza-beza akan melalui proses tindanan. Dengan menyisihkan kawasan yang tidak bertindan dengan kesemua jenis fitur yang berlainan, kawasan yang tinggal adalah kawasan ramalan ruang kerja. Tanpa penggunaan teori set, lokasi ramalan dari data vektor tidak dapat diterjemahkan kepada bentuk raster. Teori set telah juga digunakan dalam domain-domain lain seperti perubatan (Mashkor et al. 2016, Perez-Gonzaga et al. 2016), fizik (Krol et al. 2017) dan kosmologi (Bielas et al. 2015).

Untuk setiap kawasan geospasial yang boleh ditetapkan di dalam tesis ini, terdapat ruangan geospasial yang digemari oleh suspek berulang untuk melakukan jenayah. Ini bermakna bila diterbalikkan kata, wujud ruang-ruang geospasial tertentu yang tidak menjadi kegemaran suspek berulang tersebut. Jika ada cara untuk melenyapkan ruang geospasial yang tidak digemari, maka ruang geospasial yang tinggal boleh digunakan untuk meramal ruangan geospasial yang digemari oleh suspek berulang untuk bertindak melakukan jenayah. Melalui Rajah 4.2, ditunjukkan penghasilan ruang kerja yang mewakili kawasan kecenderungan pelakuan jenayah yang menyerupai bulatan. Apabila ruang kerja dihasilkan untuk setiap fitur geospasial, maka terdapat banyak kawasan ruang geospasial yang bertindan dan kawasan geospasial yang bertindan kesemuanya adalah kawasan kecenderungan yang dicari. Untuk mendapatkan kawasan yang bertindan kesemuanya aktiviti tindanan diperkenalkan oleh Zermelo-Fraenkel.

Untuk menjelaskan dengan lebih lanjut dan membina pemahaman yang lebih baik mengenai proses penghapusan ruang geospasial suspek, kita perlu melihat teori set Zermelo-Fraenkel (Cook, 2007). Subset bagi sesebuah set boleh ditulis seperti di dalam Persamaan 2.4:

$$\{x \in z : \emptyset(x)\} \quad (2.4)$$

di mana set x adalah subset kepada set z yang menggunakan formula $\emptyset(x)$.

Untuk mempermudah proses pemahaman terhadap Persamaan 2.4 dan penggunaan teori set di dalam tesis ini, rujuk kepada Rajah 2.18 yang menggambarkan enkapsulasi ruang geospasial yang terbatas yang digunakan di dalam skop kajian ini. Di

dalam ruang geospasial yang terbatas ini iaitu z , terdapat tiga fitur geospasial yang berbeza yang wujud di lokasi-lokasi yang berbeza iaitu x_1, x_2 dan x_3 di mana di dalam contoh ini, kawasan yang menyeliputi setiap fitur x mempunyai jarak jejari yang sama dan setiap kawasan adalah satu set dan diberi nama menurut fitur x .

Di sini, kawasan x didefinisikan sebagai subset dari set z di mana z menggunakan formula $\emptyset(x)$ iaitu kawasan geo-pagar yang digunakan dalam tesis ini yang bererti batas luaran sempadan Negeri Selangor yang menyeliputi Wilayah Persekutuan Kuala Lumpur dan Putrajaya.



Rajah 2.18 Fitur-fitur x_1, x_2 dan x_3 wujud di dalam ruang yang terbatas di lokasi-lokasi berbeza dengan jarak jejari yang serupa dan membentuk tiga set berbeza.

Oleh kerana aktiviti kesatuan dan penindanan digunakan dalam tesis ini, maka aksiom set Zermelo-Fraenkel dirujuk iaitu aksiom kesatuan (Persamaan (2.5)) dan aksiom subset (Persamaan (2.6)) (Fraenkel et al. 1973, Krivine 2001, Lian 2011). Aksiom kesatuan digunakan untuk menyatukan kesemua ruang yang dihasilkan oleh fitur geospasial yang sama jenis. Aksiom subset menunjukkan subset antara sekurang-kurangnya dua -- menurut bilangan fitur geospasial yang digunakan -- kawasan geospasial yang mempunyai fitur geospasial yang sama.

$$\forall a \exists y \forall x [x \in y \leftrightarrow \exists z ((x \in z) \wedge (z \in a))] \quad (2.5)$$

di mana untuk sebarang set a wujud set di mana elemen-elemennya adalah elemen-elemen dari a .

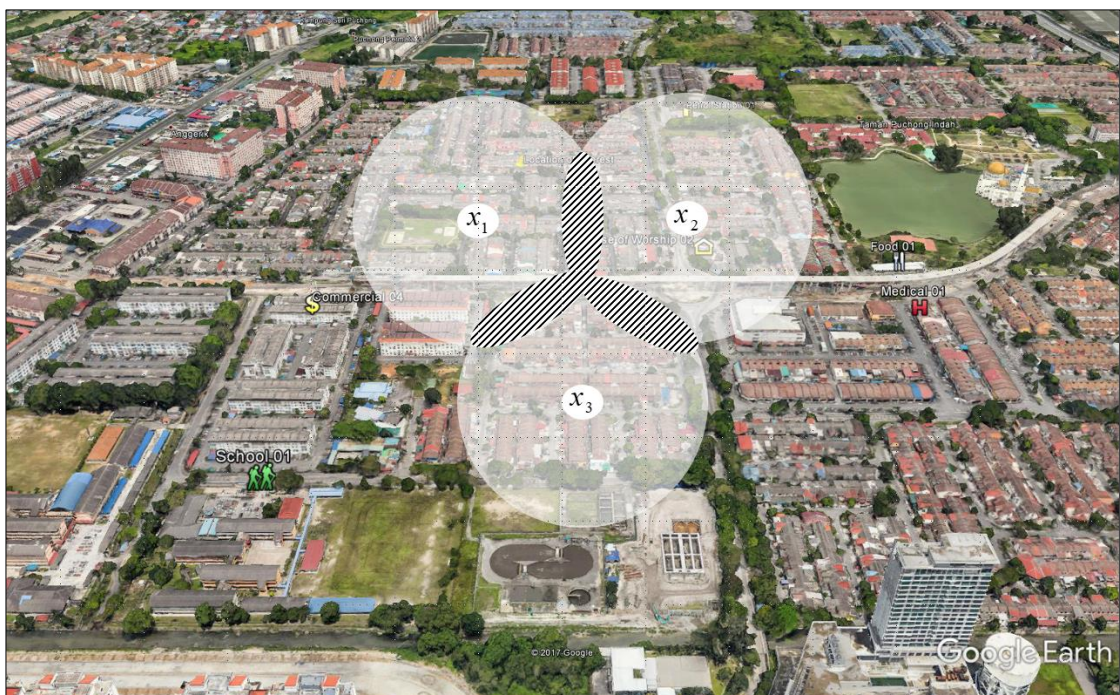
$$\forall z_1 \dots \forall z_n \forall a \exists y \forall x [x \in y \leftrightarrow (x \in a) \wedge (\mathfrak{I}(x))] \quad (2.6)$$

di mana untuk sebarang set a dan sebarang tetapan $\mathfrak{I}(x)$ terhadap x wujud suatu set yang mempunyai elemen x yang memenuhi syarat $\mathfrak{I}(x)$.

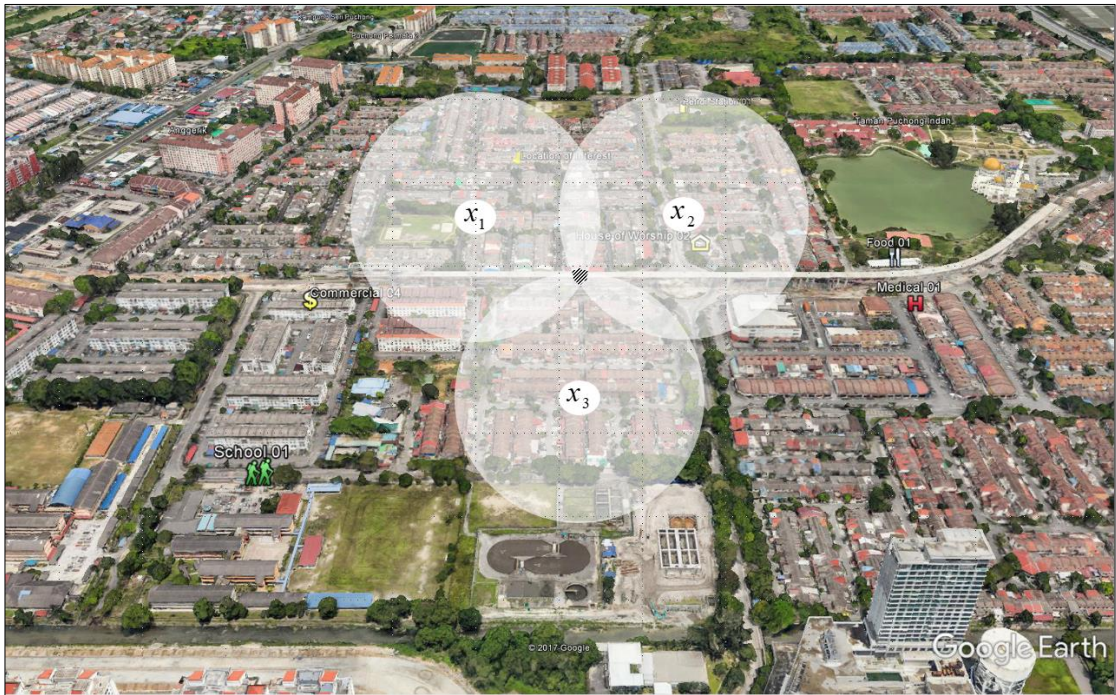
Untuk memberikan gambaran operasi set, diperkembangkan apa yang dilihat dalam Rajah 2.18, Rajah 2.19 hingga Rajah 2.25 menunjukkan kewujudan x_1, x_2, x_4, x_5 dan x_6 dalam ruang terbatas dan operasi-operasi set yang boleh dilangsungkan. Rajah 2.19 menunjukkan x_1, x_2 dan x_3 yang wujud berhampiran dan setiap set x mempunyai sedikit element yang bertindanan sesama sendiri iaitu ada tiga set yang berkongsi elemen yang sama. Maka kawasan berceloreng dalam Rajah 2.20 adalah subset yang menunjukkan elemen bertindanan antara x_1 dengan x_2 , x_2 dengan x_3 , dan x_3 dengan $Lokasi_{n+1}$. Kawasan berceloreng dalam Rajah 2.21 menunjukkan kesemua set bertindanan dan kawasan yang berceloreng mewakili elemen yang dimiliki oleh ketiga-tiga set, elemen ini adalah subset kepada ketiga-tiga set. Kawasan berceloreng dalam Rajah 2.22 pula menunjukkan aktiviti kesatuan di mana kesemua elemen di dalam x_1, x_2 dan x_3 disatukan menjadi satu set yang lebih besar dan sebarang elemen yang dimiliki oleh x_1, x_2 dan x_3 adalah subset kepada kesatuan.



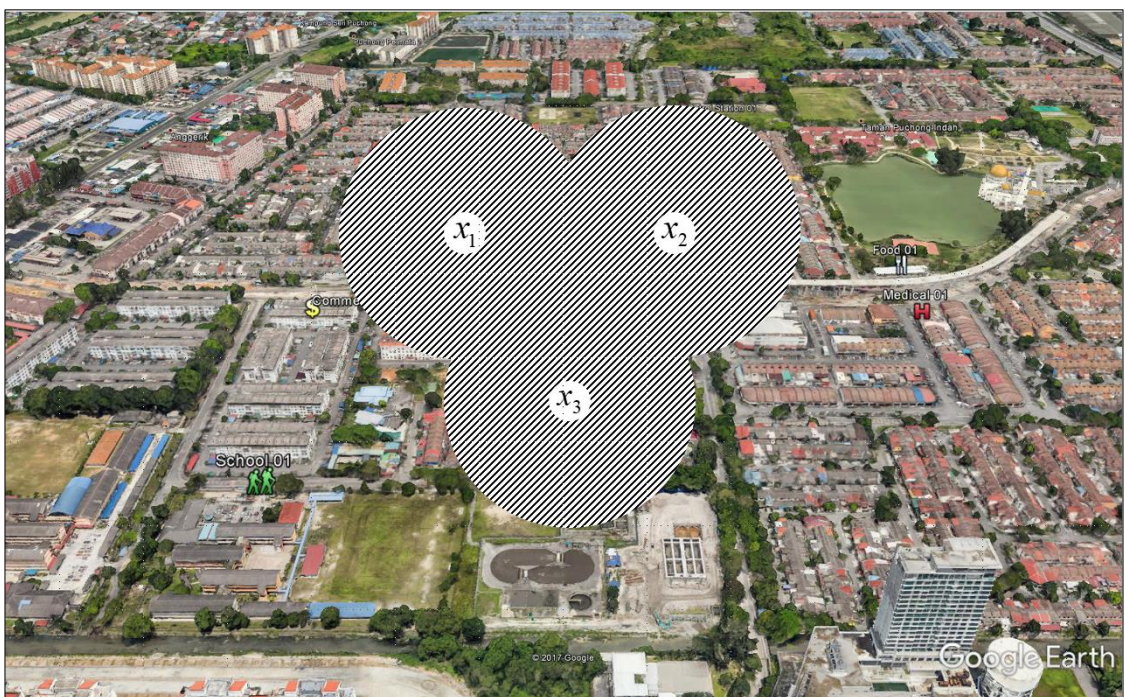
Rajah 2.19 Set x_1 , x_2 dan x_3 wujud dalam ruang yang terbatas dan kesemuanya mempunyai kawasan yang bertindan



Rajah 2.20 Kawasan berceloreng mewakili operasi set iaitu x_1 bersilang dengan x_2 ($x_1 \cap x_2$), x_2 bersilang dengan x_3 ($x_2 \cap x_3$), dan x_3 bersilang dengan x_1 ($x_3 \cap x_1$)



Rajah 2.21 Kawasan berceloreng mewakili operasi set iaitu x_1, x_2 dan x_3 bersilang
 $(x_1 \cap x_2 \cap x_3)$

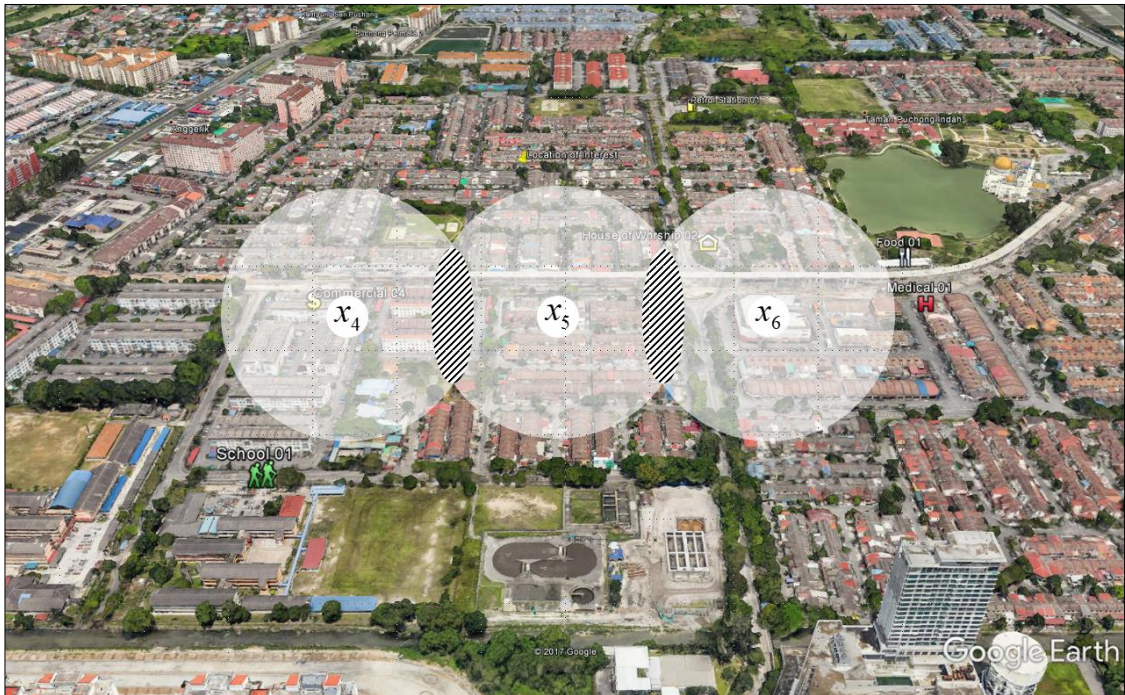


Rajah 2.22 Kawasan berceloreng mewakili operasi set iaitu kesatuan x_1, x_2 dan x_3
 $(x_1 \cup x_2 \cup x_3)$

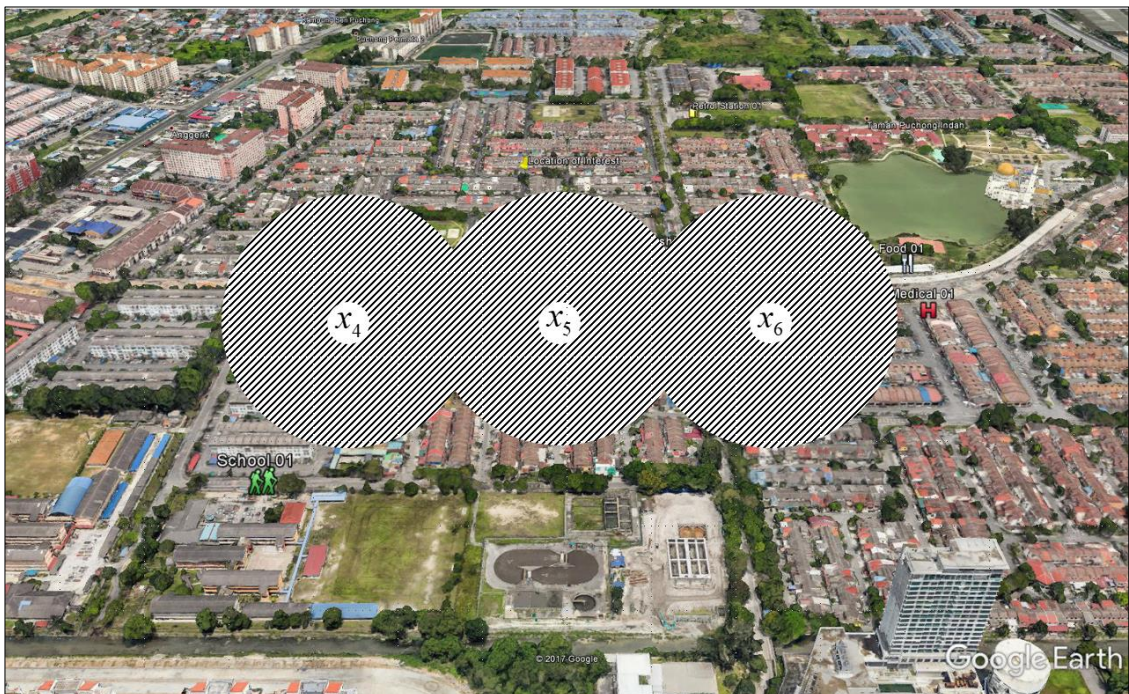
Rajah 2.23 pula menunjukkan x_4 , x_5 dan x_6 yang wujud berhampiran dan setiap set x mempunyai elemen yang sedikit bertindanan sesama sendiri iaitu pada satu-satu masa hanya ada dua set yang berkongsi elemen yang sama. Maka kawasan berceloreng dalam Rajah 2.24 menunjukkan elemen bertindanan yang juga adalah subet iaitu antara x_4 dengan x_5 dan x_5 dengan x_6 . Ini bermaksud x_4 bersama x_5 mempunyai elemen yang dikongsi bersama dan elemen ini tidak dikongsi bersama x_6 , dan x_5 bersama x_6 mempunyai elemen yang dikongsi bersama dan elemen ini tidak dikongsi bersama x_4 . Kawasan berceloreng dalam Rajah 2.25 pula menunjukkan aktiviti kesatuan di mana kesemua elemen di dalam x_4 , x_5 dan x_6 disatukan menjadi satu set yang lebih besar dan sebarang elemen yang dimiliki oleh x_4 , x_5 dan x_6 adalah subet kepada set kesatuan.



Rajah 2.23 Set x_4 , x_5 dan x_6 wujud dalam ruangan yang terbatas di mana tidak kesemuanya bertindan



Rajah 2.24 Kawasan berceloreng mewakili operasi set iaitu x_4 bersilang dengan x_5 ($x_4 \cap x_5$) dan x_5 bersilang dengan x_6 ($x_5 \cap x_6$)



Rajah 2.25 Kawasan berceloreng mewakili operasi set iaitu kesatuan x_4, x_5 dan x_6 ($x_4 \cup x_5 \cup x_6$)

2.6 PEMETAAN DAN PENGECAMAN CORAK GEOSPASIAL

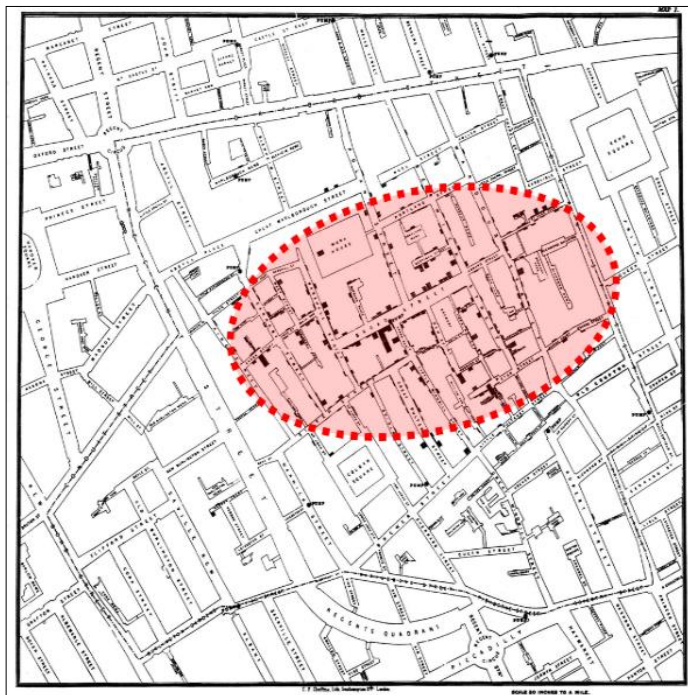
2.6.1 Kerja Terawal Pengecaman Corak Geospasial

Hubungan di antara sifat-sifat ruangan geospasial, demografi, jenis jenayah dan geospasial perlu diwujudkan. Ini adalah untuk memastikan sama ada penempatan jenayah mempunyai kaitan dengan ciri-ciri lokasi dan komposisi masyarakat. Di samping kajian-kajian dari luar negara, tesis ini berusaha menggunakan penulisan tempatan, data tempatan serta kajian tempatan terdahulu yang sedia ada untuk menemukan model paling sesuai yang berupaya menghasilkan keputusan terbaik untuk tesis ini.

Penulisan awal berkenaan pengecaman corak yang melibatkan penggunaan peta dan juga kerja-kerja awal yang menangani perkaitan di antara kecenderungan tingkah laku dan ruang geospasial dicari. Mewujudkan hubungkait tingkah laku berdasarkan lokasi adalah penting kerana ia mungkin boleh menjelaskan mengapa kepekatan jenayah berlaku di tempat-tempat tertentu.

Dr John Snow pada tahun 1850 (Snow 1854) telah melakukan pengecaman corak yang melibatkan keupayaan pemetaan kelompok titik panas. Dari sudut latarbelakang, Dr Snow adalah seorang doktor perubatan dan penyelidik. Pada tahun 1850, berlaku penularan wabak taun di London yang meragut nyawa ribuan mangsa. Dr Snow menggalas tugas yang sangat mencabar dalam menangani wabak taun ini dan mendapati bahawa kes-kes wabak bergugusan di antara satu sama lain yang membawa kepada penemuan kepadatan geospasial.

Rajah 2.26 menunjukkan bagaimana Dr Snow menggunakan kepadatan geospasial untuk mengenalpasti lokasi kes wabak dengan betul. Proses pengenalanpastian ini bermula dengan menandakan lokasi di mana kes-kes wabak berlaku. Setelah menandakan lokasi kes-kes wabak, Dr Snow mendapati bahawa kes-kes wabak tertumpu di satu kawasan seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 2.26(a). Dr Snow kemudiannya mendapati bahawa mereka yang dijangkiti wabak taun tinggal di lokasi yang berkongsi fitur geospasial yang sama iaitu sebuah pam air yang mengambil air dari sungai yang sama, seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 2.26(b).



(a)



(b)

Rajah 2.26 Kelompok-kelompok wabak taun sebagaimana dipetakan oleh Dr John Snow (a) Kes-kes wabak telah ditandakan dan kawasan kelompok titik panas telah dikenalpasti di dalam kawasan garis putus-putus (b) Pandangan zoom ke dalam di mana pam air dikatakan sebagai punca wabak (Matrix, 2017)

Sumber: Snow 1854

Menurut Dr. Snow (1854), dengan menggunakan analogi dapat dikaitkan hubungan geospasial kepadatan lokasi kes wabak dengan pam air dan melanjutkan usaha mengenalpasti sumber wabak iaitu pam air di Broad Street dan kawasan-kawasan berhampiran. Dr Snow kemudian mengarahkan supaya kesemua pam-pam air di kawasan itu dikeluarkan dan wabak taun berjaya dihentikan.

Dalam era di mana mikroskop belum tercipta dan pengetahuan mengenai mikro organisma sangat terhad, tiada siapa tahu dengan pasti pada tahun 1850 bagaimana wabak taun tersebut berjaya dihentikan dengan mengeluarkan pam air berkenaan, tetapi hubungan geospasial telah dikenalpasti. Pemerhatian penting yang dibuat adalah bahawa dengan merencanakan kes-kes wabak pada peta, Dr Snow telah berjaya melakukan kerja awal pengecaman corak yang melibatkan analisis geospasial.

2.6.2 Hubungan Geospasial Jenayah Dari Sudut Sosial

Goh (2004) telah menjalankan satu kajian mercutanda bertajuk "Mengaku, Menafikan atau Berdiam Diri? Kajian Kes Mengenai Penggunaan Hak untuk Berdiam Diri oleh Orang yang Tertuduh Semasa Penyiasatan Polis" ("Confession, Denial or Silence? A Case Study on the Exercise of Right to Silence by Accused Persons during Police Investigation"). Kajian kes ini melibatkan kajian ke atas 68 kertas siasatan dan 102 kenyataan beramaran (cautioned statement) yang telah selesai melalui proses mahkamah dan diklasifikasikan sebagai Difailkan dan Ditutup. Kes-kes tersebut yang bertempoh dari 1994 hingga 2001 diambil dari pasukan Polis Daerah Kajang. Daripada kajian ini, penyelidik berjaya menghubungkan demografi pesalah dengan tingkah laku kriminal dan menyimpulkan bahawa majoriti pesalah adalah dari kalangan mereka yang berpendapatan rendah. Penyelidik juga telah menghasilkan senarai kelompok kumpulan pekerjaan seperti berikut:

- a) Kumpulan berpendapatan tinggi - ahli perniagaan, penjawat awam, pegawai jualan/pemasaran, pegawai eksekutif, pemandu teksi dan penjaja.

- b) Kumpulan berpendapatan sederhana - tukang kayu, pemandu lori, tukang paip, pemilik kereta, tukang masak, juruelektrik, mekanik, individu yang bekerja sendiri dan juruteknik.
- c) Kumpulan berpendapatan rendah - buruh, pembantu rumah, pembantu kedai, penjaga kedai, budak penghantar (dispatch boys), penoreh getah, pekerja kilang, pelajar dan penganggur.

Goh (2004) menyarankan bahawa tahap ekonomi dan pendidikan suspek boleh diagregatkan menurut jenis pekerjaan mereka. Melalui pengagregatan ini, suspek-suspek yang mempunyai jurang pengetahuan dalam undang-undang dan tidak berkemampuan untuk mendapatkan akses kepada nasihat undang-undang boleh dikelompokkan. Beliau mendapati bahawa suspek yang diagregatkan dalam kategori kumpulan berpendapatan tinggi adalah lebih cenderung untuk tidak membuat sebarang pengakuan manakala kesalahan yang mereka lakukan adalah lebih kompleks berbanding kesalahan suspek dari agregat kumpulan berpendapatan rendah yang lazimnya lebih remeh dan kurang kompleks. Beliau berjaya menyimpulkan secara umum bahawa demografi masyarakat menurut jenis pekerjaan boleh menentukan tahap ekonomi dan pendidikan individu yang cenderung melakukan jenayah tertentu. Walaupun secara umum beliau menyatakan bahawa kerumitan kesalahan yang dilakukan mempunyai hubung kait dengan tahap pendidikan dan kedudukan ekonomi suspek, namun beliau tidak menyatakan secara spesifik apakah jenis-jenis kesalahan yang mungkin dilakukan oleh orang kaya dan orang miskin.

Selain daripada tahap ekonomi dan pendidikan yang mempengaruhi kadar jenayah, keadaan sekeliling juga mempengaruhi kadar jenayah sesuatu kawasan. Menurut Kelling (1982), keadaan penyelenggaraan dan pengurusan sesuatu kawasan boleh menjadi petanda samada tempat tersebut mempunyai kadar jenayah yang tinggi ataupun rendah. Di dalam penulisan beliau yang berjudul "Broken Window" (tingkap yang pecah), beliau telah menyarankan pihak polis agar memberikan lebih tumpuan rondaan pencegahan jenayah kepada kawasan-kawasan yang kelihatan kurang terurus kerana beliau mendapati kadar penyelenggaraan dan pengurusan sesuatu kawasan adalah berkadar songsang dengan kadar jenayah.

Dari sudut pandangan Polis DiRaja Malaysia, Ramli Din (2005) di dalam kajian beliau yang berjudul "Penguatkuasaan Undang-undang Tingkap-tingkap yang Pecah" ("Broken Windows' Law Enforcement") mencatatkan terdapat tanda-tanda yang jelas menunjukkan kewujudan jenayah dan kemerosotan ketenteraman dalam tingkah laku sesebuah masyarakat. Menurut beliau, kejiranan yang tidak menghiraukan tanda-tanda kewujudan masalah ketenteraman dan tingkah laku di kalangan penduduknya akan menyebabkan berlakunya jenayah-jenayah yang lebih serius seperti jenayah keganasan, jenayah kejahatan, salah laku dan kecuaiian. Sebagai contoh menurut beliau, sebuah tingkap yang rosak atau pecah jika dibiarkan tanpa diperbaiki akan memberi mesej kepada warga kejiranan yang patuh kepada undang-undang mahupun kepada penjenayah bahawa tiada sesiapa yang peduli tentang keselamatan kejiranan tersebut. Secara ringkasnya, ia memberi isyarat bahawa gangguan, kejahatan dan kecelaruan dalam aturan tingkahlaku kejiranan adalah sesuatu yang diterima. Pada penghujung kajiannya, beliau menegaskan lagi bahawa di dalam sesebuah komuniti yang mengamalkan usaha-usaha kerjasama dengan penguatkuasa undang-undang, terdapat tanda-tanda yang jelas bahawa gangguan ketenteraman lebih sukar berlaku dan terdapat pengurangan dalam tingkahlaku yang tidak sopan. Melalui kajian ini, dapat disimpulkan bahawa keadaan luaran fizikal sesuatu kawasan dapat memberikan gambaran mengenai kadar jenayah di kawasan tersebut serta keadaan komuniti setempat dari segi ketenteraman awam. Kawasan yang kemas dan sentiasa terjaga memberikan gambaran kadar jenayah yang rendah dan imej komuniti yang bekerjasama di dalam usaha membanteras jenayah.

Kajian ini memberi mesej yang kuat bahawa ketenteraman yang jelas kelihatan dalam aturan tingkahlaku di dalam sesebuah komuniti adalah petunjuk yang mempunyai hubungan langsung dengan kadar jenayahnya, justeru itu membuktikan bahawa sememangnya terdapat hubungan di antara ciri-ciri sifat geospasial dengan jenayah. Namun begitu, kajian beliau tidak menyenaraikan dan tidak memadankan jenis-jenis jenayah kepada tingkah laku tidak sopan yang berlaku.

Usman et al. (2016) dan Selamat et al. (2018) menyuarakan pendapat yang sama iaitu tahap keselamatan sesuatu komuniti dapat dilihat melalui keadaan persekitaran seperti tahap penyeliaan harta benda, keakraban aktiviti sosial, hubungan kejiranan,

hubungan kekeluargaan, aktiviti pemantauan dan rondaan oleh ahli komuniti. Aktiviti kecurian, pecah rumah, pelacuran, penagihan daah dan gelandangan adalah aktiviti yang sentiasa menggugat keselamatan komuniti dan kawasan perumahan rumah kos murah adalah mangsa lazim kepada isu keselamatan.

Amar Singh Sidhu (2006) menerusi kajian beliau bertajuk "Tahap Jenayah dan Trendnya dalam Dekad Seterusnya" ("Crime Levels and Trends in the Next Decade") menghubungkan sifat-sifat geospasial dan demografi kepada jenayah. Faktor-faktor demografi berikut telah dikenalpasti dan dikatakan sebagai mempengaruhi peningkatan kadar jenayah:

- a) Kekuatan ekonomi,
- b) Kadar pengangguran,
- c) Kekuatan perbelanjaan pengguna,
- d) Perbandaran,
- e) Ketumpatan penduduk,
- f) Kestabilan politik,
- g) Keupayaan agensi penguatkuasa undang-undang terutamanya polis dalam mengurangkan kadar jenayah dengan cekap.

Beliau seterusnya menyebut bahawa pemuda berusia di antara 15 hingga 25 tahun akan terus membentuk komposisi demografi bagi kumpulan pesalah terbesar, yang terbahagi kepada jenayah harta benda dan jenayah berasaskan komputer. Mereka yang bertanggungjawab ke atas jenayah harta benda mempunyai kedudukan ekonomi yang lebih rendah, berasal daripada latar belakang keluarga yang gagal untuk berfungsi dengan baik, tidak berkeupayaan dalam pendidikan serta pernah terlibat dengan kes salah laku dan kesalahan lain di masa lampau.

Bagi meringkaskan kajian-kajian yang telah dilakukan oleh Goh Boon Keng (2004), Ramli Din (2005), Amar Singh Sidhu (2006), Usman et al. (2016) dan Selamat

et al. (2018), berikut adalah rumusan dan pandangan mengenai kajian-kajian tersebut secara umum:

- a) Pemeliharaan keadaan kejiranan adalah penting bagi menghantar mesej yang betul kepada masyarakat setempat dan penjenayah. Kejiranan yang terabai secara zahirnya akan menarik minat penjenayah.
- b) Individu yang tidak dibesarkan dengan baik, tidak memiliki bakat atau kecenderungan yang baik, mengalami ketidakstabilan ekonomi, berusia muda dan memiliki profil ekonomi yang rendah cenderung menyumbang kepada demografi yang terarah kepada perlakuan jenayah.
- c) Kadar jenayah yang meningkat seolah-olah berkadar langsung dengan pembangunan perbandaran dan peningkatan ketumpatan penduduk.
- d) Keselamatan adalah satu aspek kerja berpasukan di antara pihak penguatkuasa undang-undang dan rakyat. Kolaborasi yang jelas di antara pihak polis dan ahli masyarakat telah dibuktikan dapat mengurangkan kadar jenayah.

Meskipun huraian secara umum mengenai sifat-sifat yang boleh menarik dan mencegah jenayah -- tanpa merujuk secara spesifik kepada jenis jenayah tersebut -- dapat dinyatakan, termasuk petunjuk kepada sifat-sifat yang berkaitan dengan penjenayah tersebut, pengawalan jenayah dapat dilakukan dengan lebih efisien sekiranya pernyataan mengenai ciri-ciri mangsa dapat dikaitkan dengan lokasi dan masa jenayah, sifat-sifat geospasial dan ciri-ciri demografik. Contoh-contohnya menurut pendapat penulis adalah seperti berikut:

- a) Ciri-ciri geospasial yang berbeza menyumbang kepada jenis jenayah yang berbeza. Sebagai contoh andaian, jenis jenayah tertentu adalah lebih cenderung untuk berlaku di daerah Kajang berbanding di daerah Ampang.
- b) Ciri-ciri geospasial yang berbeza juga menarik perhatian kumpulan etnik penjenayah yang berbeza. Sebagai contoh, penjenayah yang tergolong di

dalam kumpulan etnik tertentu lebih cenderung untuk melakukan jenis-jenis jenayah tertentu, di tempat-tempat tertentu yang mempunyai sifat-sifat geospasial yang khusus.

- c) Individu daripada kumpulan jantina tertentu adalah lebih cenderung untuk menjadi mangsa kepada jenis-jenis jenayah tertentu di lokasi geospasial yang memiliki ciri-ciri tertentu.
- d) Penjenayah yang terlibat dengan jenis-jenis jenayah tertentu adalah lebih cenderung untuk melakukan jenayah di lokasi geospasial yang mempunyai sifat-sifat geospasial dan komposisi demografi yang khusus pada suatu tempoh masa tertentu.

Oleh itu, dengan kemungkinan untuk mengembangkan penyelidikan yang telah dijalankan oleh Goh Boon Keng (2004), Ramli Din (2005), Amar Singh Sidhu (2006), Usman et al. (2016) dan Selamat et al. (2018), perkara-perkara berikut disimpulkan:

- a) Dengan mengetahui serba sedikit maklumat mengenai suspek, lokasi seterusnya di mana suspek akan muncul boleh diramalkan.
- b) Ciri-ciri geospasial yang terperinci menyumbang kepada berlakunya jenis-jenis jenayah tertentu, yang dilakukan oleh kumpulan etnik tertentu dan suspek yang memiliki ciri-ciri demografi yang khusus.

Willis (2009) telah menjalankan satu kajian yang menunjukkan bahawa perlakuan jenayah dikatakan berasal dan merupakan hasil tempatan lokasi tertentu dan lokasi serta fitur-fitur geospasial memberi kesan kepada tingkah laku penjenayah. Ini bermakna bahawa perlakuan jenayah yang merupakan hasil tempatan sesuatu lokasi hanya akan berlaku di tempat tersebut dan kurang berlaku di tempat lain. Ini menyokong teori bahawa jika diberikan sifat-sifat ruang lokasi, lokasi tersebut cenderung menarik suspek-suspek tertentu untuk melakukan jenayah. Jenis-jenis dan ciri-ciri geospasial mungkin merupakan sebab mengapa suspek merasa tertarik kepada atau selesa di sesuatu lokasi.

Menurut Li (2013), maklumat sosio-ekonomi adalah penunjuk kepada jenis-jenis jenayah di sesuatu kawasan. Jadual 2.3 adalah senarai fitur sosio-ekonomi yang digunakan. Beliau telah menjalankan kajian yang menyenaraikan maklumat sosio-ekonomi 50 buah negara dan beliau telah menghasilkan 4 kelompok negara-negara menurut gambaran tersebut:

- a) Kelompok 1: Negara-negara yang mempunyai kadar jenayah yang tinggi. Mempunyai kadar jenayah rogol yang tinggi dan juga kadar sabitan kesalahan yang tinggi namun mempunyai kadar jenayah bunuh yang rendah.
- b) Kelompok 2: Negara-negara yang mempunyai kadar jenayah yang tertinggi, mempunyai jumlah penjara yang terbanyak tetapi mempunyai jumlah banduan yang paling sedikit. Negara-negara ini mempunyai petunjuk socio-ekonomi yang tertinggi.
- c) Kelompok 3: Negara-negara yang mempunyai kadar jenayah yang rendah tetapi mempunyai jenayah bunuh yang paling tinggi. Mempunyai kadar jenayah pecah rumah yang paling rendah dan kadar sabitan kesalahan yang paling rendah.
- d) Kelompok 4: Negara-negara yang mempunyai kadar jenayah yang rendah tetapi mempunyai kadar jenayah rogol dan jenayah pembunuhan yang paling tinggi antara kesemua kelompok. Penggunaan Data Elektronik

Jadual 2.3 Senarai maklumat sosio-ekonomi sebagai pentunjuk kepada jenis-jenis jenayah di sesuatu negara

Sumber: Li 2013

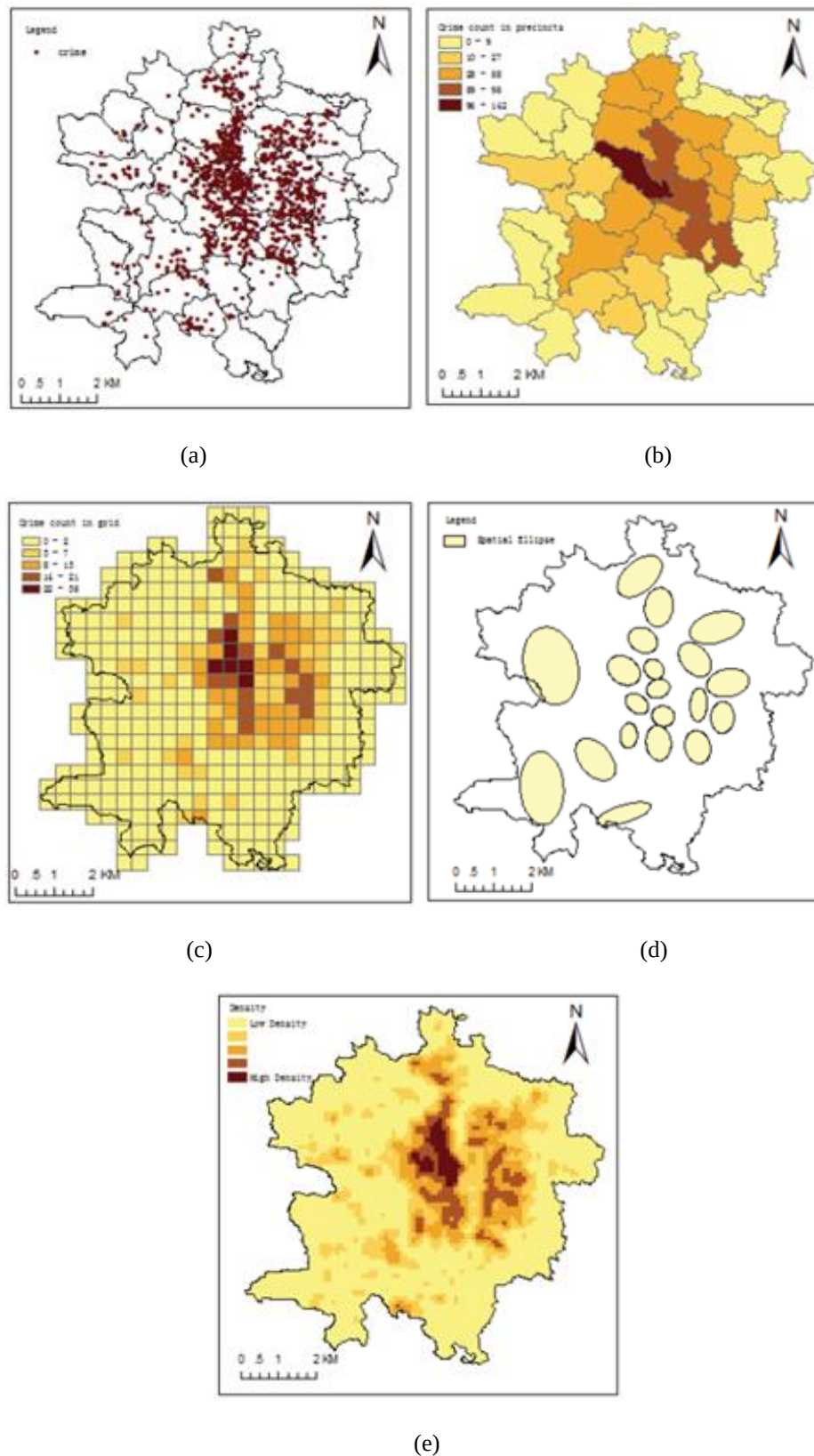
1. Kadar langganan telefon bimbit	16. Kadar bilangan penyelidik	31. Kadar perbelanjaan kesihatan
2. Kadar penggunaan tenaga elektrik	17. Kadar bilangan talian telefon tetap	32. Purata tahun persekolahan
3. Kadar liputan tenaga elektrik	18. Kadar banduan	33. Kadar perbelanjaan ketenteraan
4. Kadar pekerjaan di sektor pertanian	19. Peratusan penggunaan penjara	34. Kadar kemasukan migran
5. Kadar pekerjaan di sektor industry	20. Kadar jenayah rogol	35. Kadar perbelanjaan pendidikan
6. Kadar pekerjaan di sektor servis	21. Kadar jenayah samun	36. Kadar pekerjaan
7. Kadar eksport servis dan barangan	22. Kadar cetak rompak perisian	37. Kadar kepercayaan terhadap orang lain
8. Kadar pelaburan asing	23. Jumlah kadar jenayah	38. Kadar jenayah bunuh
9. Kadar keluasan hutan	24. Kadar anggota polis	39. Indeks pembangunan sumber manusia
10. Kadar perkembangan KDNK	25. Jumlah penjara	40. Nisbah tenaga buruh lelaki kepada wanita
11. Kadar KDNK per kapita (Dollar Amerika)	26. Kadar penipuan	41. Kadar bunuh diri perempuan
12. Kadar KDNK per kapita PPP	27. Kadar sabitan kesalahan	42. Kadar bunuh diri lelaki
13. Kadar import barangan dan servis	28. Kadar jenayah serangan	43. Nisbah kebergantungan penduduk
14. Kadar pengguna internet	29. Kadar jenayah rompakan	44. Kadar pengangguran belia
15. Kadar perbelanjaan R&D	30. Indeks harga pengguna	

Selain status ekonomi penduduk, dispekulasikan bahawa kepekatan jenayah harus dikaitkan dengan faktor-faktor lain seperti fitur-fitur geospasial persekitaran. Sebagai contoh, adakah berkemungkinan stesen minyak juga boleh dikaitkan dengan lokasi panas jenayah dengan alasan penjenayah mungkin ingin mengambil minuman dan ingin rasa bertenaga sebelum melakukan kesalahan? Ataupun adakah berkemungkinan lebuh raya boleh dikaitkan dengan kawasan panas jenayah kerana penjenayah mungkin ingin mengakses jalan keluar dengan cepat?

2.7 KAEDAH PEMETAAN

Menurut Wang 2003, Koua et al 2004, Zhang et al. 2010, Zhou 2012 dan Johanssen 2015, contoh-contoh pemetaan serta penjelasan mengenai titik-titik panas adalah seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 2.27 seperti berikut:

- a) Rajah 2.27(a) menunjukkan kaedah Pemetaan Titik Berasingan (Discrete Point Mapping): Teknik ini adalah teknik pemetaan titik panas yang paling mudah di antara kesemua jenis pemetaan titik panas. Kaedah ini hanya mengambil lokasi insiden dalam bentuk titik sewaktu ia dilaporkan dan tiada perwakilan tambahan diperlukan. Representasi titik di atas peta menunjukkan lokasi sebenar insiden. Bergantung kepada tahap zoom atau faktor skala peta dalam pandangan, satu kawasan khusus di atas peta yang diberikan mungkin mempunyai pelbagai tafsiran ketumpatan. Sebagai contoh, pandangan peta pada skala 1:100,000 akan menunjukkan kepadatan yang lebih tinggi berbanding dengan skala 1:50,000. Kaedah pemetaan titik panas ini menggambarkan lokasi sebenar di mana jenayah berlaku.
- b) Rajah 2.27(b) menunjukkan kaedah Pemetaan koroplet (Choropleth Mapping): Bagi melaksanakan pemetaan titik panas seperti ini, terdapat prasyarat bagi sempadan pentadbiran dan rona warna yang digunakan. Dalam lingkungan sempadan yang khusus, ketumpatan jenayah dikira sebagai kekerapan, dan kekerapan yang lebih tinggi diwakili oleh rona warna yang lebih gelap. Skala pandangan tidak menjejaskan tafsiran kepadatan.



Rajah 2.27 Teknik lazim pemetaan kelompok titik panas (a) Pemetaan Titik Diskrit/Berasingan (b) Pemetaan Koroplet (c) Pemetaan Grid (d) Pemetaan Elips Geospasial (e) Pemetaan Ketumpatan Kernel.

Sumber: Zhou 2012

- c) Rajah 2.27(c) menunjukkan kaedah Pemetaan Tematik Grid (Grid Thematic Mapping): Kaedah ini adalah sama dengan pemetaan koroplet. Ia tidak melibatkan penggunaan sempadan pentadbiran, sebaliknya ia menggunakan lukisan grid jarak yang telah ditetapkan. Ketumpatan jenayah akan menentukan rona warna. Tafsiran kepadatan adalah dipengaruhi oleh selang garisan grid dan bukan dipengaruhi oleh skala pandangan.
- d) Rajah 2.27(d) menunjukkan kaedah Pemetaan Elips Geospasial/Ruangan (Spatial Ellipse Mapping): Kaedah pemetaan titik panas ini menggunakan klasifikasi binari untuk menentukan sama ada kawasan geospasial (ruangan) yang berkenaan adalah titik panas ataupun tidak. Bagi sekumpulan jenayah, lokasi jenayah diberikan nilai radial dan penyatuan lokasi-lokasi yang bersilang dikumpulkan sebagai sebuah elips.
- e) Rajah 2.27(e) menunjukkan kaedah Pemetaan Ketumpatan Kernel (Kernel Density Mapping): Kaedah ini menggunakan kaedah yang sama seperti pemetaan elips tetapi bukan dengan menggunakan klasifikasi binari. Kaedah ini sebaliknya menggunakan pendekatan ketumpatan berbanding pendekatan ya-tidak. Kawasan yang mempunyai ketumpatan yang lebih tinggi diwakili oleh rona warna yang lebih gelap.

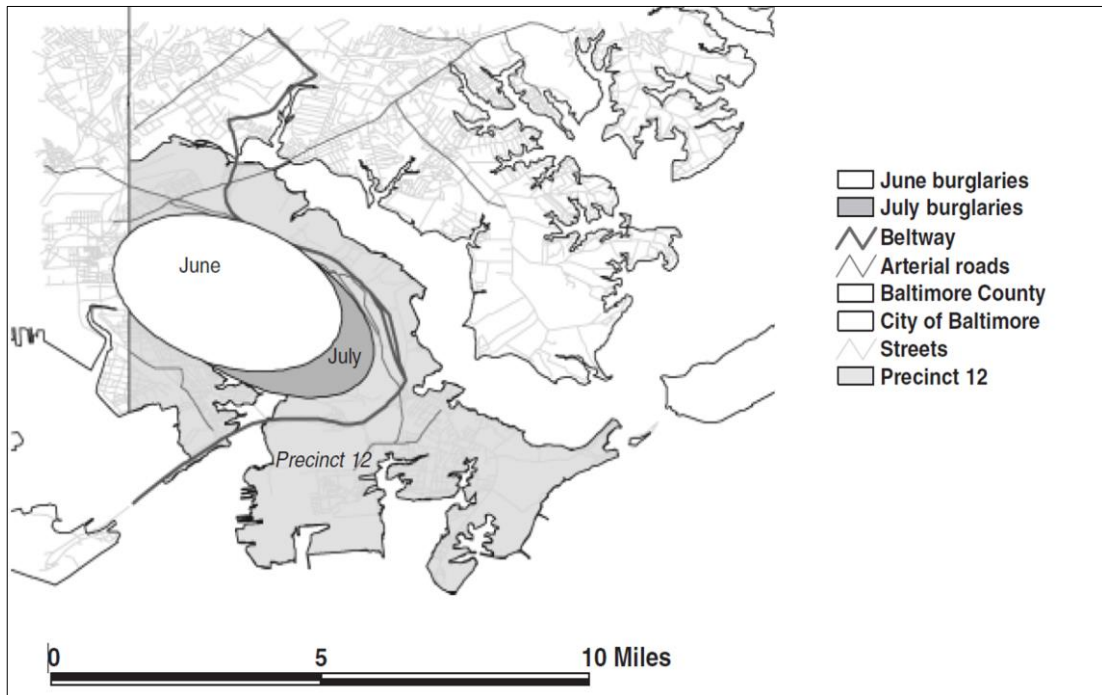
2.8 PENGGUNAAN DATA ELEKTRONIK

Antara kegunaan awal pemetaan data kaedah elektronik adalah untuk pergudangan data. Dat-data yang digudangkan senang diakses dan digunakan semula untuk tujuan laporan and analisis. Menurut Institut Keadilan Negara Amerika Syarikat (2018) Program Analisis dan Pemetaan Keselamatan Awam yang dikenali sebagai CrimeStat diwujudkan pada tahun 1997 dengan matlamat untuk mempromosikan penyelidikan, penilaian, pembangunan dan penyebaran analisis geospasial jenayah dan tingkah laku jenayah melalui penggunaan sistem maklumat geospasial. CrimeStat bukanlah satu sistem SMG dan ia tidak membuat atau memaparkan peta. Ia membaca fail-fail yang ditimbun oleh SMG dan kemudian mengeksport hasilnya kepada format yang dapat

dibaca oleh SMG. Penggunaan CrimeStat yang berkesan memerlukan SMG serta pengetahuan mengenai penggunaannya. Matlamat program ini adalah untuk menjalankan promosi, penyelidikan, penilaian, pembangunan, dan penyebaran SMG untuk analisis geospasial jenayah dan tingkah laku jenayah. Menurut Levine (2006), CrimeStat menerima titik lokasi kejadian sebagai input dan kemudiannya menghasilkan output statistik yang dipaparkan secara grafik dalam program SMG. Antara fitur-fitur CrimeStat adalah ringkasan spasial, analisis titik panas, interpolasi, analisis ruang masa dan pemodelan perjalanan ke jenayah. Rajah 2.28 adalah contoh analisa pergerakan kelompok titik panas jenayah pecah rumah dan Rajah 2.29 adalah contoh kelompok lokasi pemanduan ketika di bawah pengaruh alkohol.

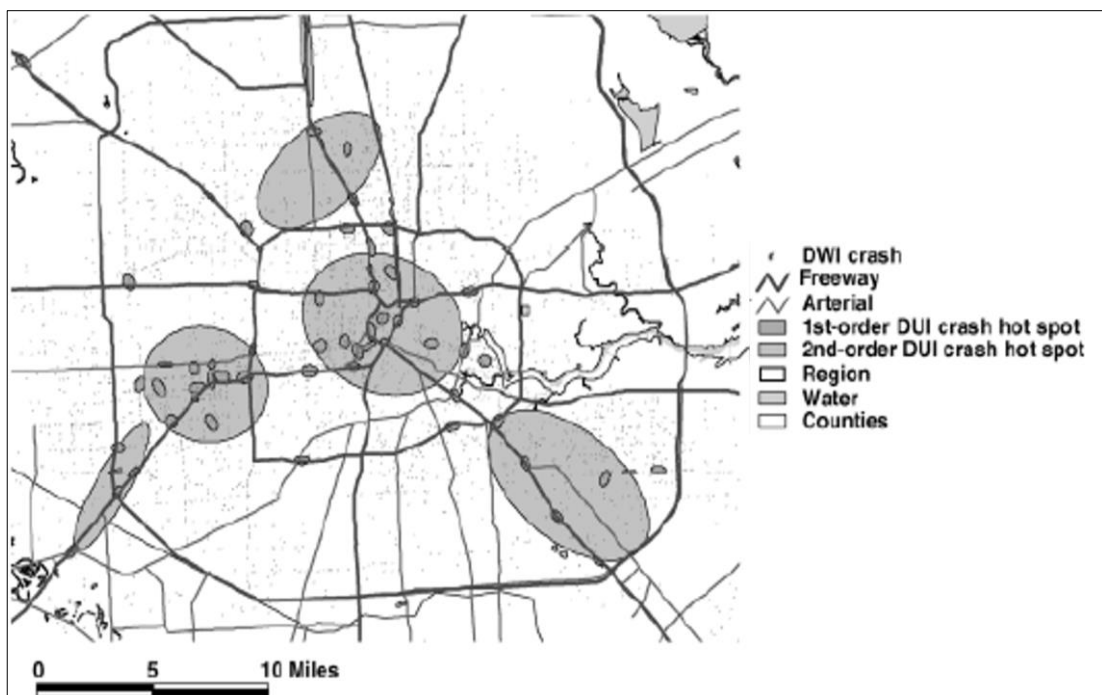
Menurut Ester (1996), untuk tujuan penemuan pengetahuan yang bermakna dalam pangkalan data geospasial, fitur-fitur geospasial di dalam pangkalan data perlulah dikumpulkan ke dalam subkelas yang bermakna. Kaedah yang digunakan untuk melakukan pengelompokan perlulah mematuhi perkara-perkara berikut:

- a) Boleh melakukan pengelompokan dengan menggunakan maklumat yang minima kerana di dalam pangkalan data geospasial yang besar, pada lazimnya tidak mempunyai maklumat yang lengkap.
- b) Boleh membina kelompok yang tidak terhad rupanya kerana rupa kelompok di dalam pangkalan data geospasial mungkin berbentuk sfera, lonjong tertarik ke sesuatu arah, linear, memanjang, elips, bulatan dan berbonjol.
- c) Mempunyai kecekapan yang baik untuk memproses maklumat kerana pangkalan data geospasial pada lazimnya mempunyai ribuan fitur.



Rajah 2.28 Pergerakan kelompok titik panas jenayah pecah rumah dari bulan Jun ke bulan Julai

Sumber: Levine 2006

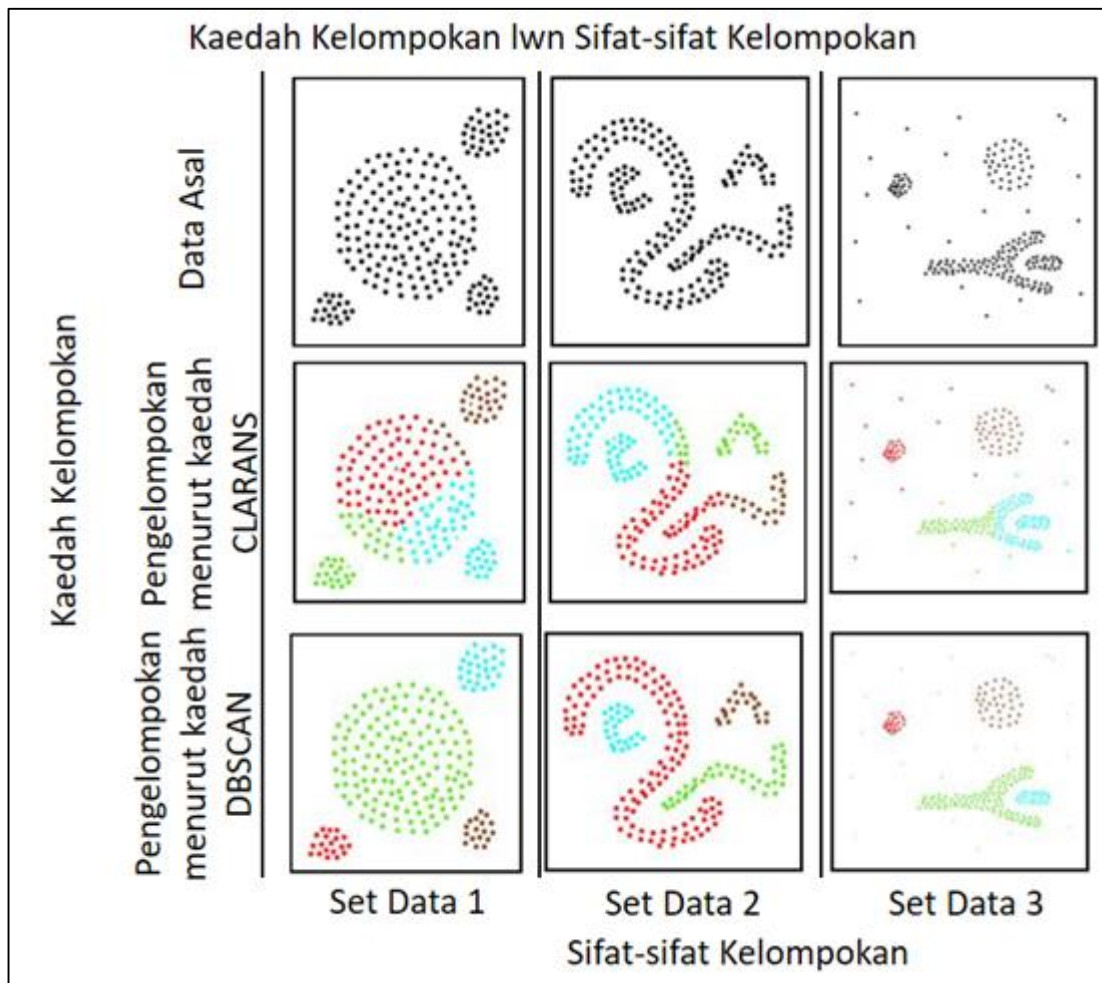


Rajah 2.29 Kelompok titik panas pemanduan ketika di bawah pengaruh alkohol

Sumber: Levine 2006

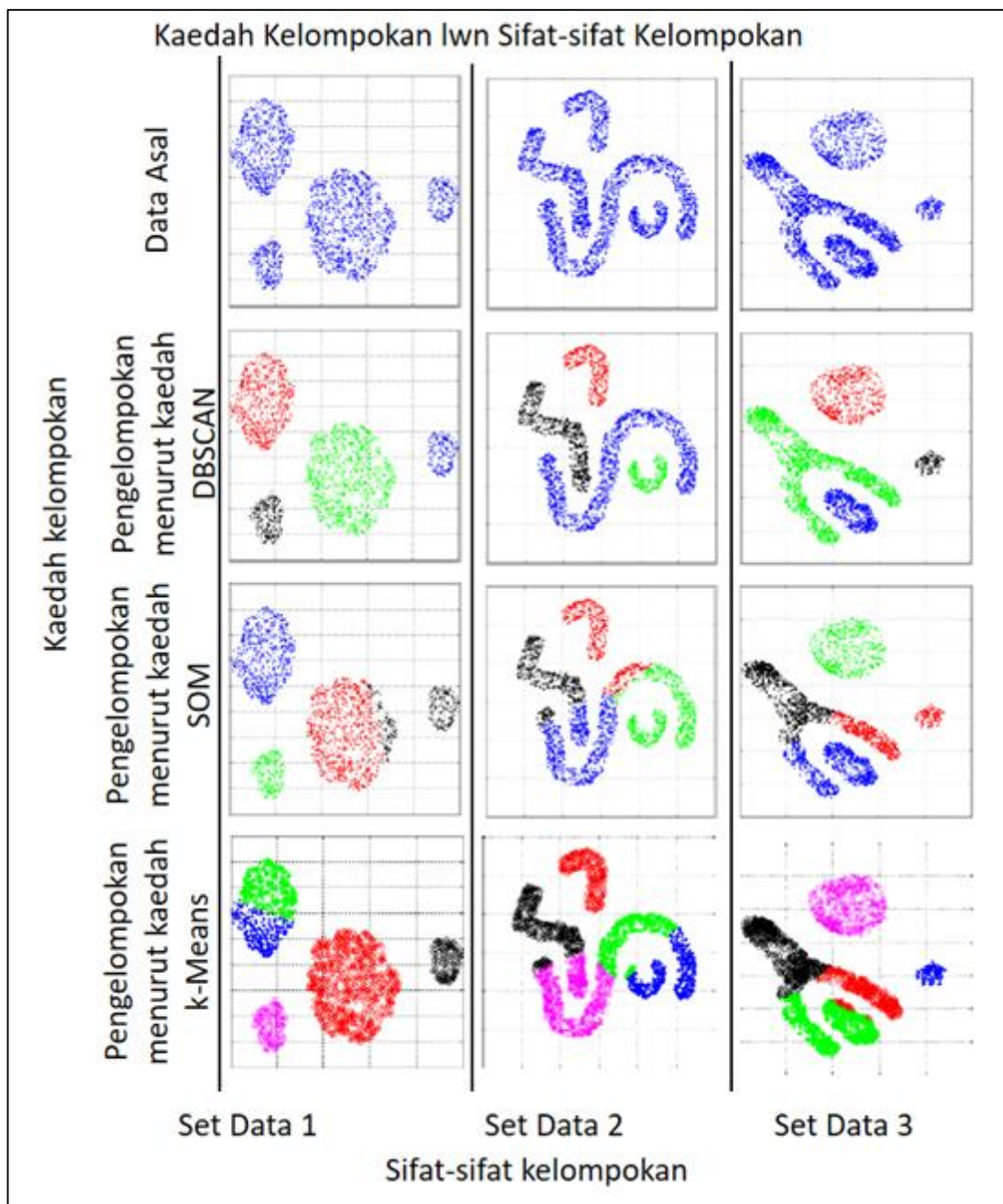
Selain dari pergudangan data, sistem digital juga memberi manfaat kepada kepenggunaan data geospasial dari segi pencarian dan pemakluman kelompok-kelompok geospasial. Ester (1996) telah mengkaji kaedah CLARANS yang dikatakan sebagai kaedah k-medoid yang terbaik. Namun menurut beliau, kaedah CLARANS adalah tidak cekap. Ester (1996) telah mencadangkan penggunaan kaedah DBSCAN. Beliau telah mendapati bahawa kaedah DBSCAN adalah kaedah terbaik untuk menunjukkan hubungan fitur-fitur geospasial kerana kaedah DBSCAN boleh mengunpulkan fitur-fitur dalam hubungan kelompok yang sama. Rajah 2.30 menunjukkan hasil ujikaji yang beliau langsungkan. Data asal mempunyai kelompokan fitur-fitur yang jelas kelihatan melalui kaedah raster dan mempunyai beberapa fitur-fitur bising. Dari hasil ujian beliau, kaedah DBSCANS menunjukkan hasil yang berjaya menghasilkan kelompokan yang sama dengan data asal berbanding kaedah CLARANS. Kaedah DBCANS juga didapati dapat menyaring fitur-fitur bising. Kaedah CLARANS dan DBSCAN yang ditunjukkan hanyalah untuk tujuan analitik visual dan bukannya untuk tujuan ramalan.

Mumtaz (2010) telah menjalankan ujikaji lanjutan ke atas kaedah yang disarankan Ester (1996) dan beliau telah sekali mengisahkan bahawa kaedah DBSCAN adalah kaedah pengelompokan yang terbaik untuk menunjukkan hubungan di antara fitur-fitur geospasial, iaitu kaedah untuk menghasilkan kelompok berasaskan ketumpatan. Beliau telah menunjukkan hasil analisis sifat-sifat ketumpatan berdasarkan tiga kaedah pengelompokan iaitu DBSCAN, k-means dan SOM dan mendapati bahawa kaedah DBSCAN adalah kaedah untuk menghasilkan kelompok yang terbaik. Rajah 2.31 menunjukkan hasil-hasil larian menggunakan kaedah kelompok yang berbeza dengan menggunakan data dua dimensi. Dari hasil pemplotan, beliau mendapati bahawa kaedah DBSCAN menunjukkan prestasi yang terbaik untuk set data geospasial dan menghasilkan kelompokan yang betul berbanding kaedah SOM dan k-means. Beliau merumuskan bahawa jika set data geospasial digunakan, kaedah DBSCAN adalah kaedah yang menghasilkan keputusan yang tebaik untuk menentukan kelas atau kumpulan kelompok data. Kaedah DBSCAN, k-means dan SOM yang ditunjukkan hanyalah untuk tujuan analitik visual deskriptif dan bukannya untuk tujuan ramalan.



Rajah 2.30 Sifat-sifat kelompokan berdasarkan kaedah DBSCAN dan CLARANS

Sumber: Ester 1996



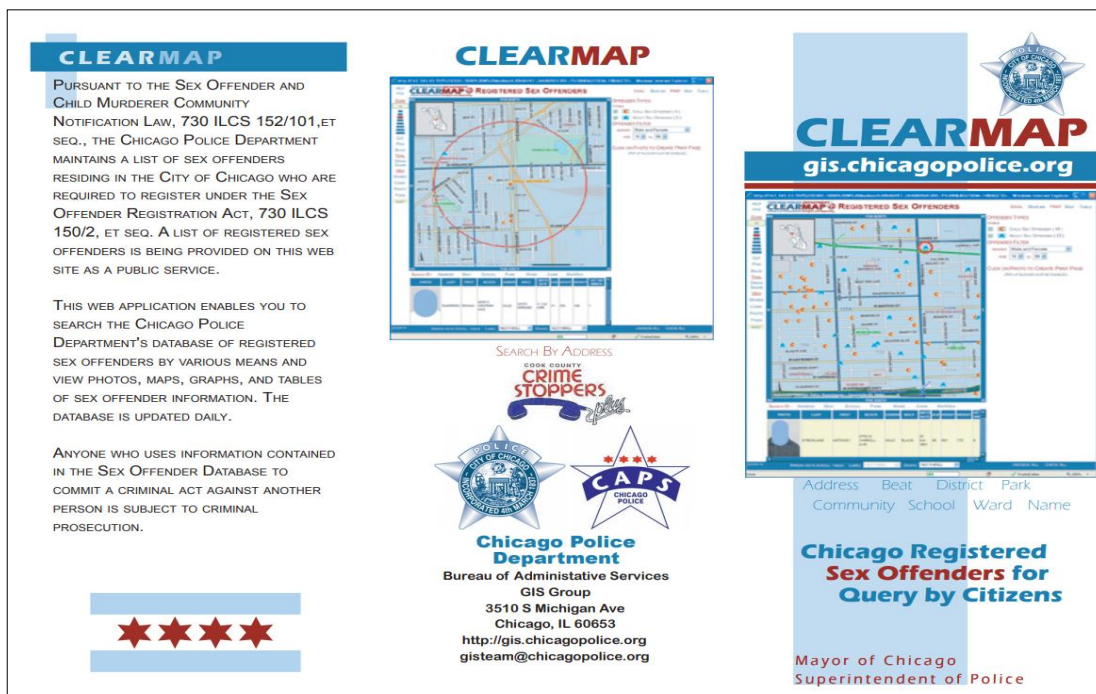
Rajah 2.31 Sifat-sifat kelompokan berdasarkan kaedah DBSCAN, SOM dan k-Mean

Sumber: Mumtaz 2010

Kewujudan internet telah meluaskan lagi skop serta jangkauan SMG. Menurut Kingston et al. (2010), SMG berasaskan laman sesawang adalah cara yang semakin berkembang kerana membolehkan penyertaan orang awam. Penggunaan laman sesawang membolehkan interaksi segera dari pihak penyedia maklumat dan juga dari pihak pengguna maklumat. Akses kepada maklumat berkenaan sebarang isu boleh

disediakan dan boleh diterima dari mana-mana lokasi yang mempunyai akses kepada laman sesawang. Akses kepada maklumat juga boleh didapati pada sebarang masa.

Jabatan Polis Bandaraya Chicago (City of Chicago Police Department, 2018) menyediakan peta di dalam talian interaktif yang memaparkan data jenayah dalam bentuk kawasan titik panas dan lokasi balai-balai polis. Pemetaan jenayah melalui media elektronik bertujuan memberi manfaat kepada komuniti. Perencanaan kejadian jenayah di peta elektronik telah menjadi amalan sejak kebelakangan ini. Digelar sebagai CLEARmap yang bermaksud Aplikasi Analisis Serta Laporan Pemetaan untuk Penduduk dan Penguatkuasa Undang-Undang (Citizen and Law Enforcement Analysis and Reporting Map Application), matlamat perkongsian data secara dalam talian ini adalah untuk meningkatkan keselamatan awam. Rajah 2.32 menunjukkan halaman utama CLEARmap. Melalui penggunaan CLEARmap, orang ramai dapat mengetahui lokasi serta tumpuan jenayah melalui visualisasi jenayah di peta bandar dan boleh membuat keputusan untuk mengambil langkah berjaga-jaga apabila memasuki kawasan yang mempunyai kadar jenayah yang tinggi.



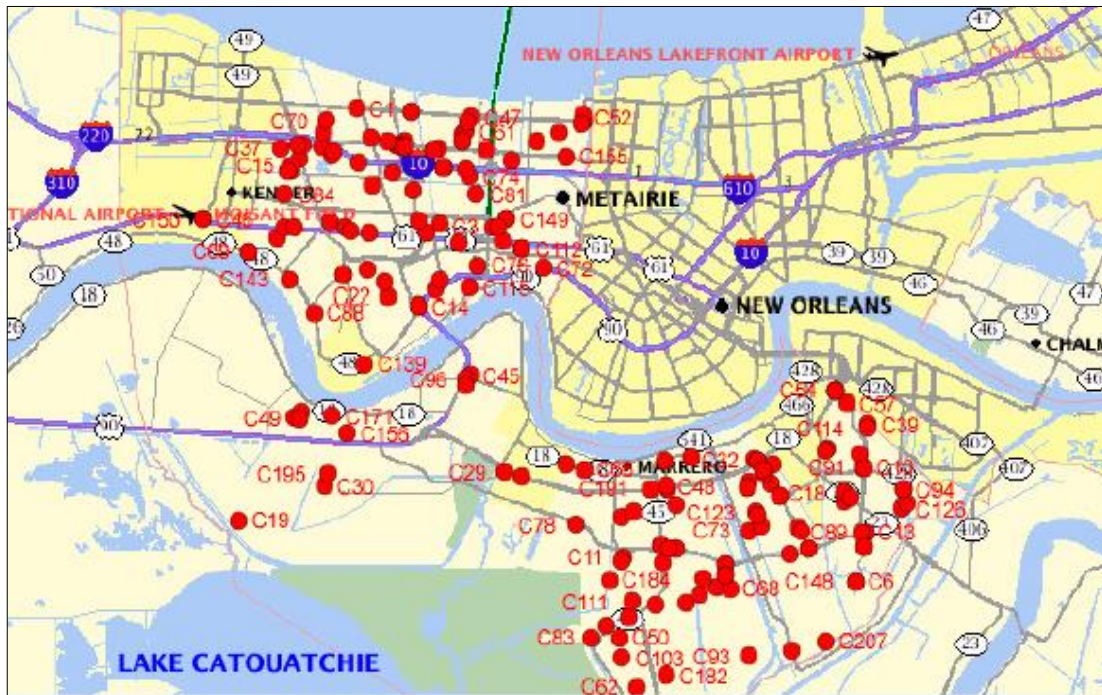
Rajah 2.32 Risalah ClearMAP

Sumber: City of Chicago Polis Department 2018

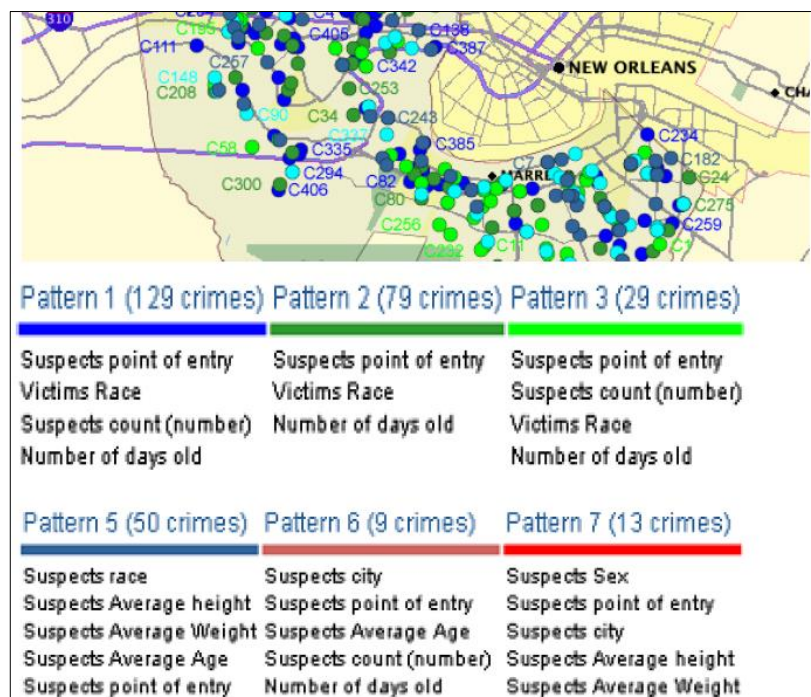
Dengan memperkasakan orang ramai menerusi pengagihan maklumat mengenai kawasan tumpuan jenayah, Jabatan Polis Bandaraya Chicago ingin meningkatkan tahap kesedaran mengenai pencegahan jenayah. CLEARmap adalah satu aplikasi yang memberi kuasa kepada pengguna untuk merancang perjalanan dan persediaan keselamatan, ia bukanlah satu aplikasi yang meramal lokasi kejadian jenayah. CLEARmap adalah contoh kegunaan pemetaan jenayah dengan penglibatan orang awam yang berjaya.

Varan (2006) mencadangkan kaedah pengumpulan jenayah pada satu-satu kawasan sebagai kaedah untuk menganalisa kegiatan jenayah di kawasan tersebut dan bagaimana untuk kawasan yang sama, perwakilan data yang berbeza boleh menunjukkan maklumat pemahaman yang berlainan terhadap perlakuan jenayah berdasarkan kepentingan maklumat yang dicari. Rajah 2.33 menunjukkan kejadian jenayah yang banyak dalam satu wilayah geospasial yang juga dikenali sebagai kelompok jenayah.

Dengan menindankan kelompok jenayah pada peta, corak jenayah dapat dipastikan. Rajah 2.33(a) menunjukkan bagaimana kekerapan kejadian jenayah dipetakan. Setiap titik mewakili satu kejadian jenayah dan perwakilan jenayah ini tidak membezakan jenis jenayah, umur suspek, umur mangsa dan kumpulan etnik suspek. Rajah 2.33(b) menunjukkan pemetaan jenayah menurut tema di mana setiap titik mempunyai tema yang ditentukan menurut maklumat penting yang boleh membantu pemahaman corak jenayah seperti jenis jenayah, umur suspek, umur mangsa dan kumpulan etnik suspek.



(a)

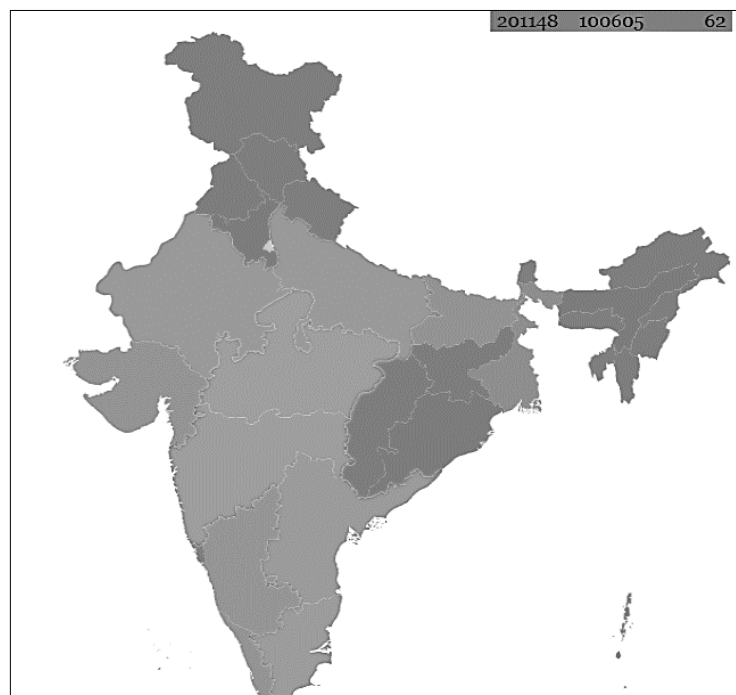


(b)

Rajah 2.33 Pemetaan jenayah untuk lokasi yang sama dengan kaedah yang berbeza untuk menunjukkan maklumat yang berbeza (a) Setiap titik mewakili kejadian jenayah (b) Setiap titik mewakili satu kelompok untuk fitur yang penting untuk kejadian jenayah itu

Sumber: Varan 2006

Menurut Deepika (2018), penggunaan pemetaan jenayah boleh digunakan untuk memvisualisasikan ketumpatan jenayah di sesuatu tempat dan melalui ketumpatan boleh diramalkan jika kejadian jenayah akan menurun atau meningkat disesuatu rantau dan maklumat ini boleh digunakan oleh pegawai-pegawai berkepentingan untuk mengambil langkah-langkah wajar untuk mengurangkan jenayah. Beliau mencadangkan agar peta jenayah dibina menggunakan kaedah gugusan dan klasifikasi. Menggunakan data jenayah pembunuhan dan rogol dari tahun 2001 hingga 2012 di India, beliau menghasilkan peta jenayah mengikut negeri dan wilayah, seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 2.34. Rajah 2.34(a) menunjukkan peta ketumpatan jenayah menurut negeri dan wilayah. Rajah 2.34(b) menunjukkan peta ketumpatan jenayah menurut kawasan di mana ketumpatan jenayah adalah menurut nombor yang dipaparkan di kawasan tersebut. Kaedah yang disarankan oleh Deepika (2018) didapati mempunyai persamaan hasil pemetaan koroplet dan elips geospasial seperti di dalam Rajah 2.27(b) dan Rajah 2.27(d).



(a)

bersambung...

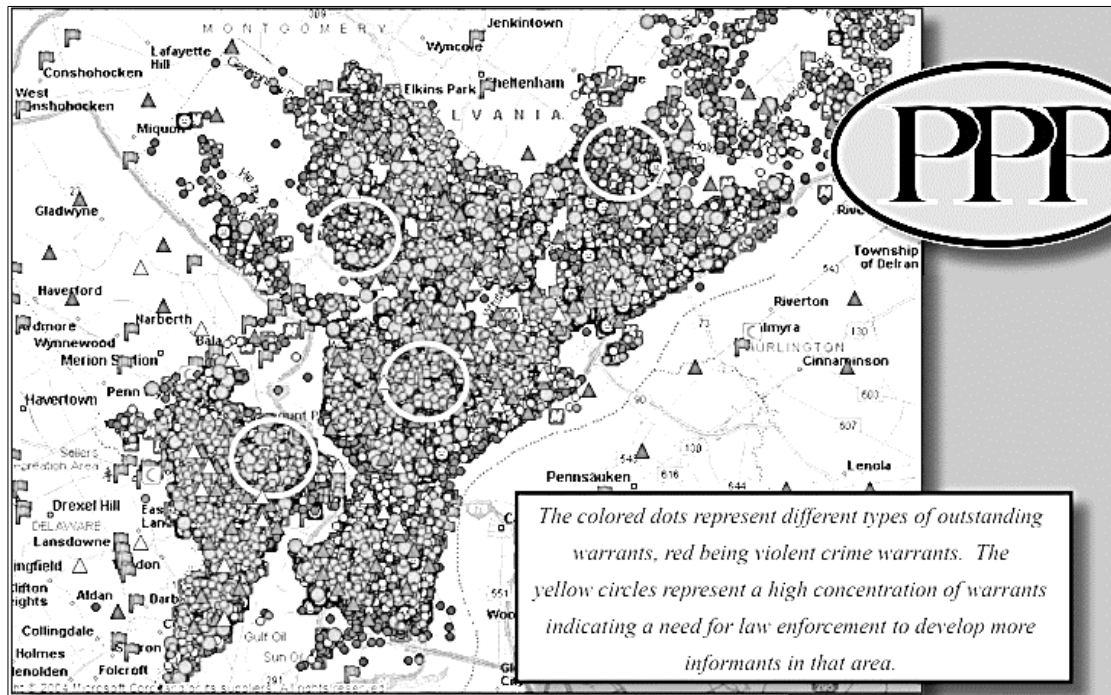


(b)

Rajah 2.34 Ketumpatan jenayah pembunuhan dan rogol dari tahun 2001 hingga 2012 di India menurut negeri dan wilayah (a) Peta ketumpatan menurut negeri dan wilayah dan (b) Peta ketumpatan jenayah menurut kawasan

Sumber: Deepika 2018

Menurut Biro Penyiasatan Persekutuan Amerika Syarikat (FBI) (2007, 2010) pemetaan jenayah boleh digunakan untuk merekrut sumber pemberi maklumat yang boleh membantu memberikan maklumat berkenaan lokasi dan tingkah laku suspek. Rajah 2.35 adalah contoh paparan "Project Pin Point" yang menggunakan ikon berkod warna. Maklumat yang paling utama adalah lokasi di mana waran tangkapan dikeluarkan. Antara maklumat lain yang terdapat di dalam peta adalah lokasi menara komunikasi, pemangsa seks, pelanggar syarat parol, pelompap jaminan dan juga ikon masyarakat seperti ketua komuniti. Bulatan-bulatan di atas peta adalah lokasi yang mempunyai ketumpatan waran tangkapan yang paling tinggi dan di lokasi-lokasi inilah pihak FBI merekrut pemberi maklumat dan mendapat petunjuk siapakah yang mereka perlu cari untuk mendapatkan maklumat.



Rajah 2.35 Paparan pemetaan "Project Pin Point"

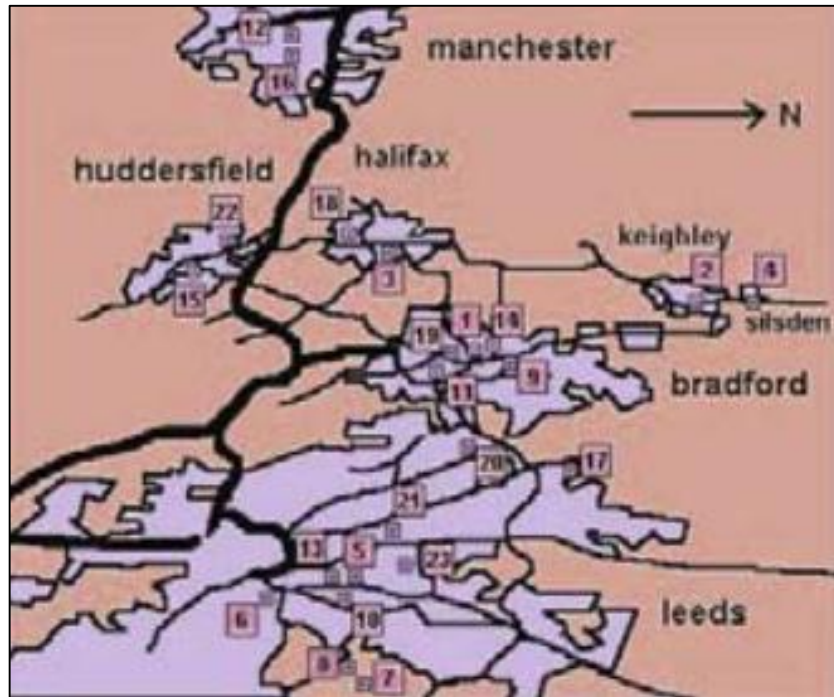
Sumber: United States Federal Bureau of Investigation 2010

Apa yang ditunjukkan melalui Deepika (2018), Institut Keadilan Negara Amerika Syarikat (2018), City of Chicago Police Department (2018), Levine (2006), Mumtaz (2010), Biro Penyiasatan Persekutuan Amerika Syarikat (2010), Kingston et al. (2010), Varan (2006) dan Ester (1996) adalah seperti berikut:

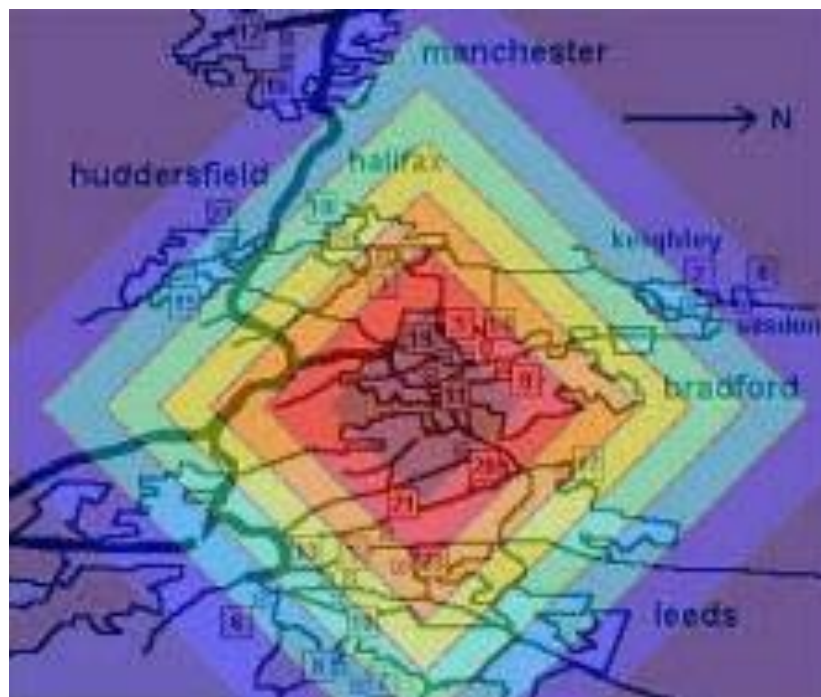
- a) Pemetaan jenayah yang berkemampuan memvisualisasikan kejadian jenayah menurut jenis dan masa.
- b) Kaedah laporan yang tidak mempunyai kecerdasan dari segi meramalkan pergerakan ataupun anjakan jenayah seterusnya. Gerak hati pengguna memainkan peranan untuk menentukan kemanakah pergerakan jenayah seterusnya.
- c) Tumpuan diberikan kepada kelompok titik panas dan tidak menjurus kepada individu suspek berulang.
- d) Laporan pemetaan yang dihasilkan adalah untuk tujuan analitik visual diskriptif.

2.9 PERAMALAN LOKASI

Beralih kepada model matematik bagi ramalan lokasi jenayah, model Rossmo (Rossmo 1995) tertumpu kepada penemuan lokasi di mana jenayah seterusnya mungkin berlaku. Model Rossmo hanya memberikan fokus kepada jenayah pecah rumah. Untuk sekelompok kejadian jenayah pecah rumah yang berlaku berhampiran di dalam kejiranan yang sama, andaian yang dibuat adalah kelompokan jenayah pecah rumah tersebut dilakukan oleh suspek yang sama. Oleh itu, model Rossmo berusaha untuk menjejaki lokasi tempat tinggal suspek tersebut. Rajah 2.36 memberikan gambaran penggunaan model Rossmo. Rajah 2.36(a) menggambarkan kawasan geo-pagar yang menunjukkan taburan kelompok jenayah. Nombor di dalam petak-petak di atas peta menyatakan jumlah bilangan jenayah di kawasan tersebut untuk julat waktu yang dipilih. Dengan menggunakan lokasi petak sebagai lokasi permulaan, model Rossmo mengira jarak penampakan dan membuat beberapa zon penampakan dari titik permulaan. Rajah 2.36(b) menunjukkan beberapa zon penampakan yang mengelilingi lokasi permulaan. Setiap lapisan zon penampakan dibezakan dengan warna. Menurut model ini, kebarangkalian pergerakan kelompok jenayah dikatakan lebih tinggi dengan lokasi di tengah-tengah zon penampakan dan lebih rendah apabila menjauhi lokasi tengah zon penampakan (Zheng 2011). Model Rossmo berfungsi dengan menggunakan anjakan pemindahan jenayah. Dalam erti kata lain, jika jenayah berlaku di tempat "A" maka jenayah serupa mungkin berlaku di tempat "B" dalam jarak yang telah ditetapkan dari titik asal "A". Selain itu, jenayah di tempat "B" boleh berlaku dari mana-mana arah dari tempat A. Kaedah anjakan ini digunakan oleh Rossmo kerana beliau menyatakan bahawa penjenayah tidak akan bergerak jauh dari lokasi tempat tinggalnya. Ini bererti untuk jenayah pecah rumah, Rossmo menyatakan bahawa suspek jenayah tersebut dilakukan oleh ahli penduduk kawasan setempat dan kejadian jenayah seterusnya adalah tidak jauh dari kediaman si pelaku jenayah. Kaedah Rossmo adalah mirip dengan kaedah Carian Lokasi Berulang di mana jenayah dikatakan akan bergerak dalam satu jarak pra-tetap dari lokasi asal. Untuk menjejaki lokasi tempat tinggal suspek pula, Rossmo mengenal pasti lokasi-lokasi kejadian jenayah yang disyaki dilalukan oleh suspek yang sama dan menambahkan satu nilai pra-tetap yang dikatakan mungkin dilalui oleh suspek melalui rangkaian jalan. Rangkaian jalan yang paling banyak bertindih itu dikatakan adalah kawasan tempat tinggal suspek.



(a)



(b)

Rajah 2.36 Gambaran penggunaan model Rossmo (a) Kawasan geo-pagar yang menunjukkan lokasi kelompok kejadian jenayah (b) Penandaan kelompok titik panas dan ruang pemanpan.

Sumber: Zheng 2011

Tayebi et al. (2015) pula menghasilkan satu model yang dinamakan CrimeCast yang menggunakan andaian yang sama digunakan oleh Rossmo iaitu suspek jenayah pecah rumah tinggal berhampiran dengan lokasi jenayah. Seperti Rossmo, CrimeCast juga menggunakan maklumat rangkaian jalan. Berbeza dengan Rossmo, CrimeCast menggunakan lokasi tempat tinggal suspek dan cuba meramal kemanakah suspek akan bergerak dari rumah tempat tinggal untuk melakukan jenayah. Tayebi menyatakan bahawa setiap suspek mewujudkan suatu ruang aktiviti di mana suspek merasakan selesa untuk bertindak dan tidak mungkin akan melakukan jenayah atau meneroka di luar ruang aktiviti. Ruang aktiviti yang diwujudkan penjenayah mempunyai kelakuan geospasial tersendiri. Model CrimeCast yang dibangunkan Tayebi menggunakan kaedah Random Walk, iaitu dari lokasi asal tempat tinggal, suspek boleh mengambil langkah ke hadapan, ke kiri, ke kanan atau ke belakang. Dan apabila suspek telah mengambil langkah pertama, langkah-langkah seterusnya juga menggunakan kaedah yang sama iaitu boleh bergerak selangkah ke hadapan, ke kiri, ke kanan dan ke belakang ataupun berhenti dan melakukan jenayah di lokasi langkah yang terakhir. Jumlah langkah maksimum yang diambil oleh seseorang suspek adalah 10,000 langkah, jika satu langkah dikaitkan dengan jarak 1 kaki maka jarak 10,000 langkah adalah bersamaan jarak 10,000 kaki atau 3 km. Apa yang mempengaruhi CrimeCast untuk membuat keputusan bergerak atau berhenti adalah maklumat berkenaan kelompok titik panas yang berhampiran jalan yang dilalui, keberhamiran lokasi yang dilalui dengan kenalan penjenayah yang lain, daya tarik sesuatu lokasi untuk kejadian jenayah pecah rumah dan jarak dari lokasi tempat tinggal suspek. Daripada penulisan, Tayebi menyatakan bahawa jarak dari kelompok titik panas sangat mempengaruhi model CrimeCast di dalam meramal lokasi jenayah seterusnya.

Persamaan ketara berkenaan kaedah Rossmo dan CrimeCast adalah seperti berikut:

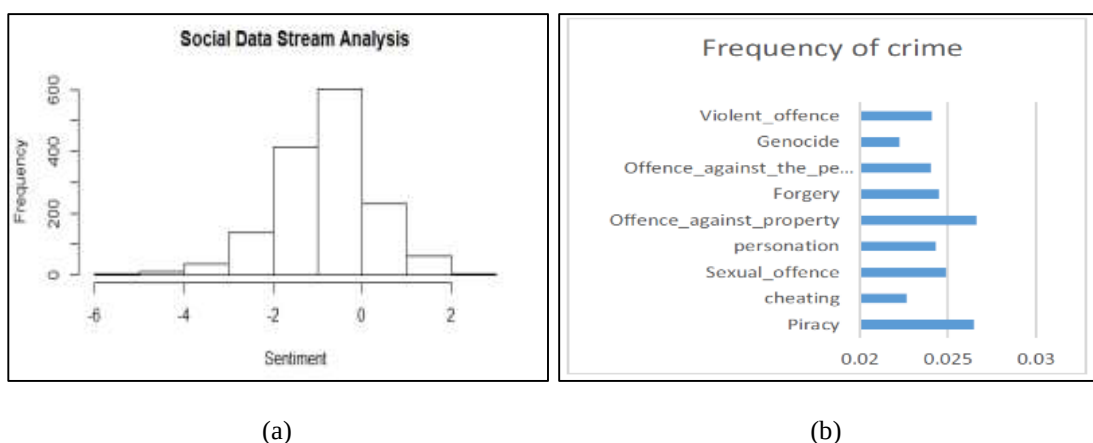
- a) Kedua-dua kaedah menyatakan suspek bergerak berhampiran tempat tinggal.
- b) Menggunakan jarak pra-tetap untuk dikatakan suspek tidak bergerak melangkaui jarak ini.

Perbezaan antara kaedah Rossmo dengan CrimeCast adalah seperti berikut:

- a) Kaedah Rossmo tidak memerlukan maklumat berkenaan kelompok titik panas manakala kaedah CrimeCast memerlukan maklumat titik panas untuk membantu membuat keputusan samada untuk bergerak atau berhenti melangkah.
- b) Kaedah Rossmo tidak menetapkan jarak bergerak yang optimum dan kaedah CrimeCast menglimitkan pergerakan kepada 10,000 langkah.
- c) Kaedah Rossmo mencari tempat tinggal suspek melalui kejadian-kejadian pecah rumah lampau yang boleh dikaitkan dengan suspek manakala kaedah CrimeCast perlu mengetahui lokasi tempat tinggal suspek dan cuba meramal pergerakan langkah seterusnya.
- d) Kaedah Rossmo mempunyai sifat pelaporan kerana memerlukan pengetahuan berkenaan lokasi-lokasi jenayah lampau oleh suspek yang sama manakala CrimeCast juga mempunyai sifat pelaporan kerana memerlukan maklumat kelompok titik panas dan maklumat penjenayah lain yang mempunyai jenis jenayah yang sama dengan suspek untuk membantu membuat keputusan untuk melangkah.
- e) Untuk mengira lokasi anjakan jenayah, Rossmo menggunakan jarak jejeari manakala kaedah CrimeCast menggunakan jarak langkah di jalan.
- f) Kaedah Rossmo tidak memerlukan pra-pemprosesan kepada pemetaan. Kaedah CrimeCast memerlukan kekisian ataupun grid di mana setiap ruang grid mewakili satu langkah. Melalui penulisan, tidak diketahui apakah dimensi grid yang digunakan.
- g) Kaedah Rossmo tidak dipengaruhi oleh kelompok titik panas manakala CrimeCast dipengaruhi oleh keberadaan kelompok titik panas.

Azeez et al. (2015) mencadangkan pendekatan hibrid pembelajaran mendalam (deep learning) untuk meramal kejadian jenayah. Penggunaan formula rumit dicadangkan sebagai kaedah yang mungkin boleh diguna pakai untuk tujuan ramalan. Dinamakan sebagai Pendekatan Hibrid, ia mencadangkan penggunaan pelbagai faktor penyumbang yang boleh dirangkumkan ke dalam pertimbangan ramalan. Antara faktor-faktor penyumbang itu adalah pendekatan analisis visual, analisis sentimen sosial melalui Twitter dan media-media sosial, dan teknik statistik. Output untuk kaedah ini adalah Pangkalan Data Graf dan keupayaan untuk meramalkan lokasi jenayah yang mungkin berlaku pada suatu ruang masa yang diberikan dan beliau melangsungkan larian sehingga 30 juta iterasi. Rajah 2.37 adalah contoh-contoh analisis visual. Rajah 2.37(a) menunjukkan contoh analisis sentiment dan Rajah 2.37(b) menunjukkan contoh analisis kekerapan kejadian jenayah. Rajah 2.38 menunjukkan contoh ramalan lokasi jenayah pada wilayah yang dipilih, namun tidak dinyatakan jenis jenayah yang dipetakan. Adalah tidak jelas bagaimana maklumat sosial dipetakan dan juga bagaimana maklumat kekerapan jenayah lampau dipetakan. Output yang dijanakan adalah satu senarai jenayah yang mungkin berlaku pada sesuatu lokasi yang dikenal pasti.

Apa yang unik berkenaan kaedah hybrid ialah ia tidak meramal anjakan ataupun pergerakan jenayah dan hanya meramal lokasi-lokasi yang berkemungkinan berlakunya jenayah. Namun tidak dinyatakan dengan jelas jenis jenayah yang diramal.



Rajah 2.37 Cadangan analisis visual data jenayah (a) Analisis kekerapan sentimen (b) Analisis kekerapan jenayah

Sumber: Azeez et al. 2015



Rajah 2.38 Contoh ramalan lokasi kejadian jenayah melalui kaedah hibrid analisis visual, analisis sentimen sosial melalui Twitter dan media-media sosial, dan teknik statistik

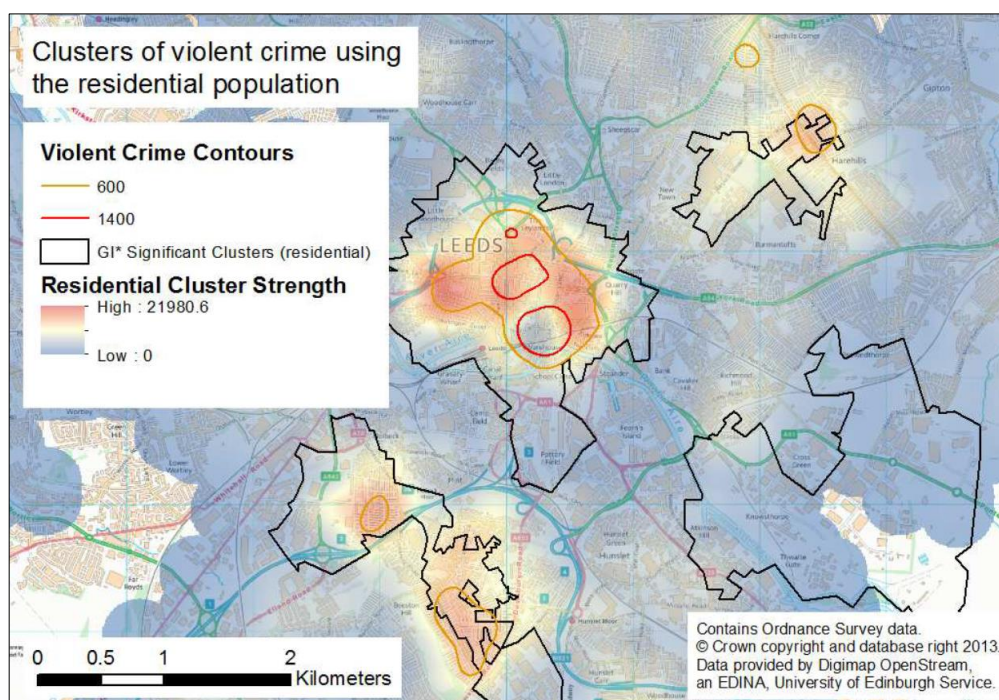
Sumber: Azeez et al. 2015

Pendekatan hibrid memberi tumpuan kepada penghasilan kelompokan titik panas dan berbeza dengan kaedah yang dibangunkan untuk tesis ini yang memberi tumpuan kepada pergerakan suspek.

Malleson et al. 2015 mencadangkan penggunaan maklumat melalui sumber khalayak (crowd sourcing). Dengan ledakan internet dan penggunaan peranti mudah alih, sumber khalayak boleh menjadi sumber tambahan untuk pemetaan jenayah. Melalui sumber khalayak, terdapat dua cara untuk mengetahui lokasi yang mungkin mempunyai tumpuan jenayah yang tinggi iaitu melalui kepadatan kediaman penduduk (residential population) dan kepadatan penduduk sekitar (ambient population). Malleson et al. (2015) membuat andaian bahawa kepadatan penduduk yang tinggi berkemungkinan menghasilkan kadar jenayah yang lebih tinggi. Beliau telah berjaya mendapatkan akses kepada mesej Twitter dan hanya menggunakan mesej yang mempunyai lokasi GPS untuk dipadankan dengan lokasi. Beliau juga menggunakan masa pada mesej untuk membina profil kependudukan sekitar menurut julat masa. Rajah 2.39 menunjukkan pemetaan jenayah menurut kaedah kepadatan kediaman

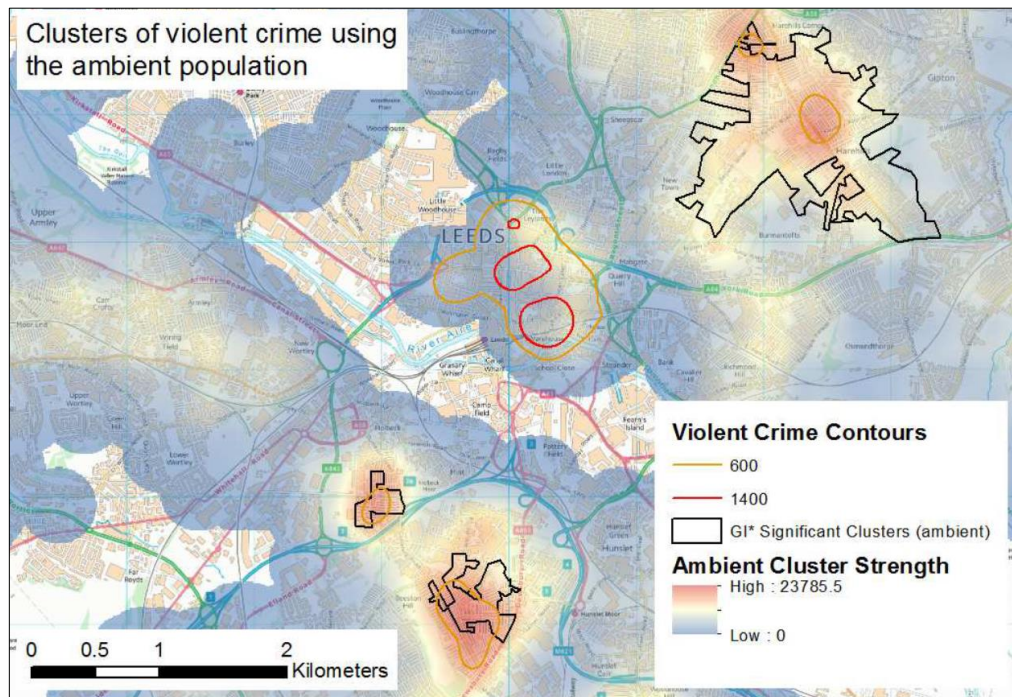
penduduk. Rajah 2.39(a) menunjukkan kadar jenayah menurut kepadatan penduduk kediaman manakala Rajah 2.39(b) menunjukkan kadar jenayah menurut kepadatan penduduk sekitar. Kepadatan penduduk kediaman didefinisikan sebagai ketumpatan penduduk sebenar manakala kepadatan penduduk sekitar didefinisikan sebagai jumlah bilangan twit media sosial Twitter yang dihantar dari kawasan penduduk yang sama. Walaupun dapat disimpulkan bahawa kepadatan tinggi penduduk kediaman dan kepadatan tinggi populasi ambien mungkin mempunyai beberapa corak geospasial yang berkaitan dengan kawasan jenayah yang tinggi, namun perkara yang sama tidak dapat ditentukan jika perkara sebaliknya berlaku. Didapati bahawa kawasan berketumpatan jenayah yang tinggi tidak semestinya dapat memaparkan kewujudan kepadatan penduduk kediaman atau penduduk sekitar yang tinggi. Oleh itu, tiada kesimpulan dicapai melalui kaedah ini. Juga tidak diketahui jika kepadatan jenayah dapat dipadankan atau dikaitkan dengan sebarang kata kunci mesej Twitter.

Kaedah Malleson et al (2015) ada sedikit persamaan dengan kaedah yang dibanungkan oleh Azeez et al. (2015) iaitu penggunaan maklumat yang tidak dapat dipetakan dengan tepat seperti sentimen sosial dan penggunaan Twitter.



(a)

bersambung...



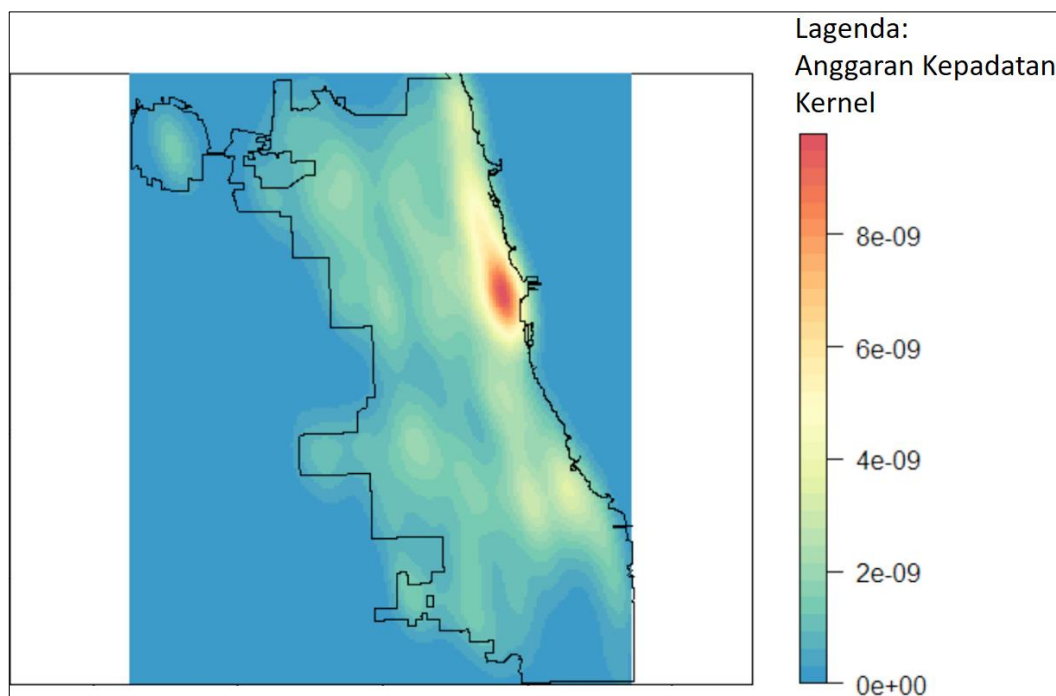
(b)

Rajah 2.39 Lakaran lokasi jenayah menurut kaedah Malleeson (a) Pemetaan menurut ketumpatan penduduk kediaman (b) Pemetaan menurut ketumpatan mesej sosial

Sumber: Malleeson 2015

Chen et al. (2015) juga menjalankan ujian peramalan dengan menggunakan maklumat sentimen sosial dari Twitter dan menambah parameter tambahan iaitu faktor cuaca. Menurutny, faktor suhu cuaca mempunyai hubungan langsung yang mempengaruhi tingkah laku seseorang untuk bertindak melakukan jenayah keganasan. Peta bandaraya Chicago dipecahkan kepada grid sebesar 200m x 200m untuk menghasilkan peta kelompokan jenayah, grid sebesar 1000m x 1000m pula digunakan untuk menghasilkan peta anggaran kepadatan kernel sentimen Twitter seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 2.40 manakal tidak dinyatakan bagaimana pula maklumat suhu cuaca dipetakan. Apabila digabungkan sentimen sosial dari Twitter dan maklumat suhu cuaca, lokasi kelompokan jenayah dapat diramal. Dari ujian ini, didapati bahawa apabila polariti sentimen Twitter bertambah, maka kadar jenayah secara keseluruhan juga akan bertambah. Perkara yang sama dengan cuaca iaitu apabila suhu cuaca bertambah, maka kadar jenayah pecah rumah akan bertambah dan apabila suhu cuaca menurun maka kadar jenayah pecah rumah akan menurun. Dadapati sentimen Twitter

dikaitkan dengan kadar jenayah yang umum manakala suhu cuaca dikaitkan dengan kadar jenayah pecah rumah.



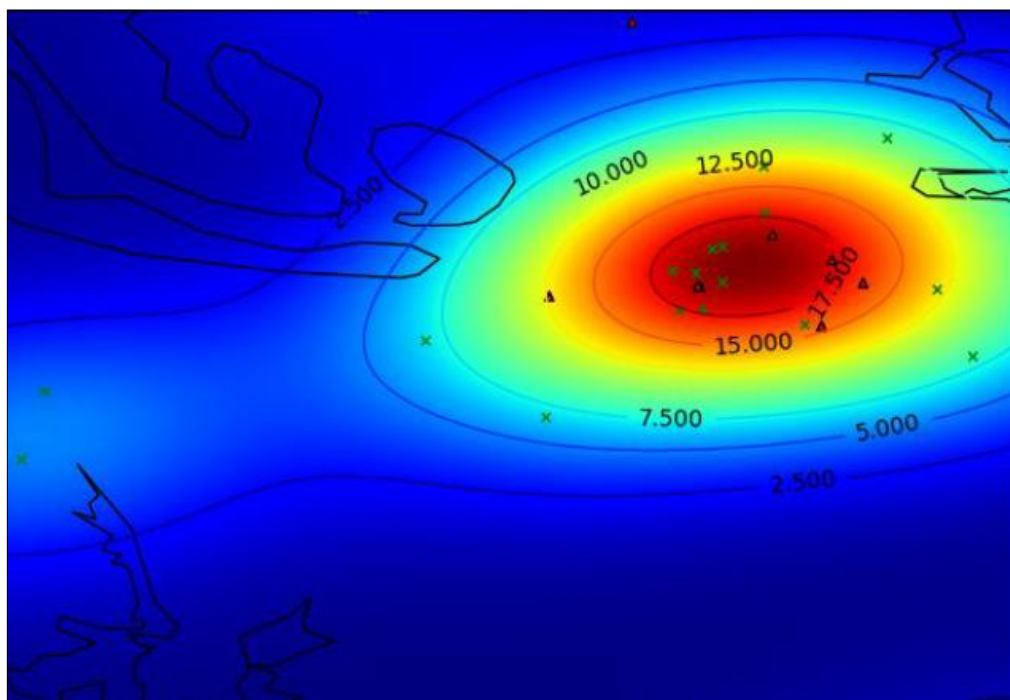
Rajah 2.40 Anggaran kepadatan kernel sentimen sosial Twitter di Bandaraya Chicago dari Jan 1, 2014 hingga Jan 31, 2014

Sumber: Chen et al. 2015

Johansson et al. (2015) mencadangkan penggunaan kaedah Anggaran Kepadatan Kernel (KDE) untuk meramal kejadian jenayah. Kaedah KDE adalah mirip kaedah kelompok titik panas yang digunakan untuk meramal lokasi jenayah. Di dalam kajian ini, maklumat berkenaan kejadian jenayah pecah rumah digunakan. Kesemua lokasi kejadian jenayah pecah rumah diambil kira untuk menghasilkan peta anggaran ketumpatan. Kajian ini menggunakan sebanyak 5,681 lokasi kejadian pecah rumah di selatan bandaraya Sweden yang berlaku dalam tahun 2013. Rajah 2.41 menunjukkan contoh peta anggaran kepadatan kernel yang dihasilkan dengan menggunakan maklumat kelompok titik panas. Untuk setiap kawasan kelompok yang dihasilkan, peratusan kejadian jenayah dihitung. Peratusan jenayah dihitung dengan mengira jumlah jenayah pecah rumah yang berlaku di dalam kelompok yang dipilih dan dibahagikan dengan kesemua bilangan kes yang ada. Angka yang ditunjukkan dalam Rajah 2.41 adalah peratusan jenayah pecah rumah yang berlaku di kawasan tersebut berbanding keseluruhan kes pecah rumah yang ada. Angka yang lebih tinggi

menunjukkan peratusan kejadian yang lebih tinggi manakala angka yang lebih rendah menunjukkan peratusan kejadian yang lebih rendah. Segi tiga yang dilukis di dalam peta menunjukkan lokasi jenayah jenayah seterusnya dan menurut Johansson et al. (2015) peramalan lokasi jenayah pecah rumah seterusnya dikira berjaya jika ianya berlaku dalam lingkungan peta yang menunjukkan peratusan 40% kejadian.

Kajian oleh Johansson et al. (2015) menunjukkan kelompokan titik panas digunakan sebagai alat untuk meramal lokasi jenayah. Berkenaan jarak antara lokasi jenayah yang dikira untuk menyatukan kejadian-kejadian di dalam satu keompok tidak dinyatakan secara spesifik. Beliau menegaskan ini adalah kaedah anggaran dan mencadangkan agar mencuba kepelbagaian jarak sehingga mendapat hasil yang dikehendaki.

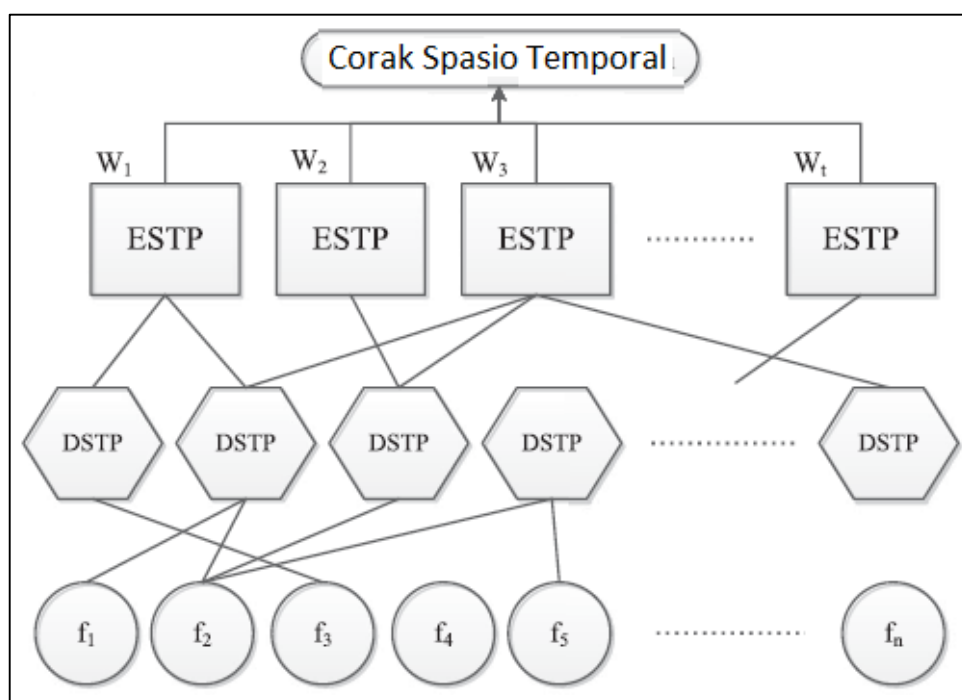


Rajah 2.41 Pemetaan jenayah pecah rumah dengan menggunakan kaedah Anggaran Kepadatan Kernel

Sumber: Johansson 2015

Menurut Yu et al. (2016), terdapat satu pola corak ruang yang mungkin dikaitkan dengan jenayah. Sebagai contoh, jika terdapat corak rompakan yang berlaku di tempat berhampiran bank, maka lokasi bank yang berkaitan dengan tempat rompakan boleh dianggap sebagai mempunyai satu corak geospasial. Membuat spekulasi, jika

terdapat 10 ciri ruang di Tapak A dan ciri-ciri ruang yang mirip juga tersedia di Tapak B, maka berkemungkinan ada corak dasar yang menghubungkan ciri ruang pada kedua-dua tapak. Yu mencadangkan satu kaedah yang dipanggil CCRBoost iaitu Peningkatan Keyakinan Cluster.



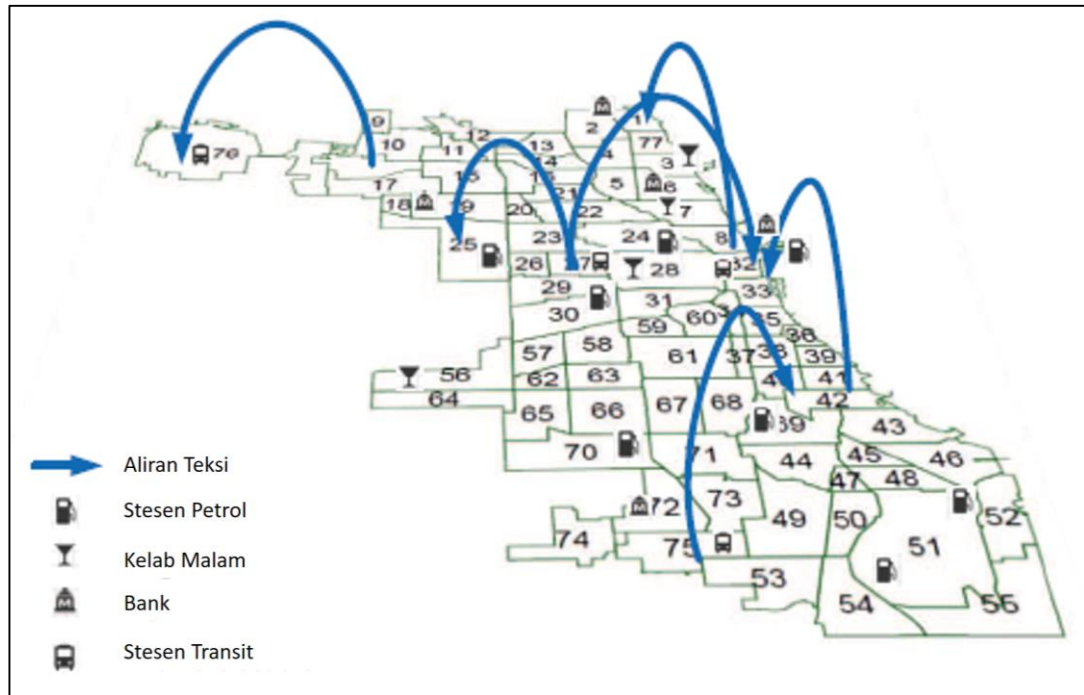
Rajah 2.42 Hierarki spasio temporal menurut kaedah CCRBoost

Sumber: Yu et al. 2016

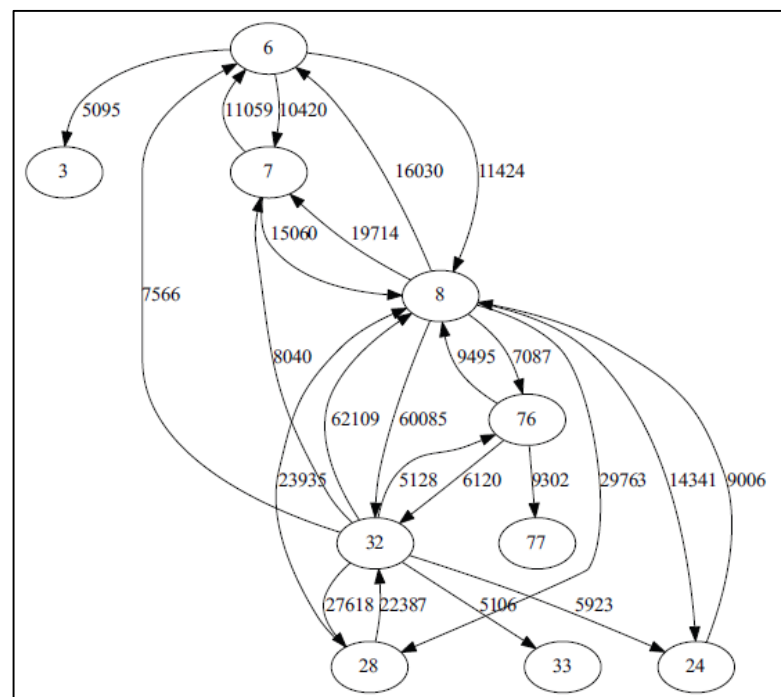
Kaedah CCRBoost adalah berkenaan mencari hubungan persamaan antara lokasi-lokasi yang berbeza dengan melihat fitur-fitur geospasial yang mirip di lokasi-lokasi yang terlibat. CCRBoost membentuk corak spasio-temporal sebagai struktur hierarki dan membina ramalan berdasarkan pola pembelajaran yang terhasil dari hierarki terbabit. Langkah pertama adalah mengenal pasti spora corak spasio-temporal (DSTP) dan ini adalah hierarki yang paling bawah. Sebagai contoh, mengenal pasti corak spasio-temporal di Lokasi A, Lokasi B dan kesemua lokasi yang meliputi kawasan kajian, juga mengenal pasti jenis-jenis jenayah yang berlaku. Langkah kedua adalah membina hierarki seterusnya yang dipanggil ESTP iaitu gabungan kepada DSTP yang telah dihasilkan terdahulu. Langkah ketiga ialah membina rumusan korelasi yang mengaitkan kesemua ESTP yang membolehkan ramalan dilakukan. Rajah 2.42 menunjukkan hierarki CCRBoost di mana W adalah faktor keyakinan dan juga adalah

pemberat kepada rangkaian neural dan f adalah fitur geospasial. Melalui Rajah 2.42, Yu mengatakan dapat dikenal pasti kesemua maklumat dan calon DSTP di peringkat butiran, dapat dipilih kombinasi DSTP yang paling sesuai untuk membina ESTP dan dapat dirumuskan perhubungan kepelbagaian ESTP yang sesuai dengan model ramalan. Apabila dipilih satu lokasi, maka model CCRBoost dapat meramal jenayah apakah yang akan berlaku di lokasi tersebut.

Wang et al. (2016) telah mencadangkan penggunaan maklumat pergerakan teksi sebagai petanda untuk meramalkan kepadatan kejadian jenayah. Di dalam kajian ini, andaian dibuat bahawa pergerakan teksi yang kerap di sesuatu kawasan boleh digunakan sebagai petunjuk berkenaan kepadatan jenayah di kawasan berkenaan. Wang et al. (2016) mengatakan bahawa dua kawasan atau lebih yang mempunyai kadar jenayah dari jenis yang sama boleh dikaitkan dengan sambungan perkhidmatan teksi kerana perkhidmatan teksi adalah satu kaedah pengangkutan yang boleh digunakan di merata-rata tempat tanpa batasan dan boleh digunakan oleh pelaku jenayah dalam keadaan kebersendirian. Oleh itu jika ada sesuatu kawasan yang dikenalpasti mempunyai ketumpatan sesuatu jenis pelakuan jenayah, ramalan lokasi lain yang mempunyai ketumpatan berkenaan pelakuan jenis jenayah yang sama boleh dibuat melalui sambungan yang diwujudkan oleh rangkaian teksi. Di dalam kajian ini, maklumat pergerakan teksi di bandaraya Chicago telah digunakan. Sebagai permulaan, kejirana disekitar bandaraya Chicago telah diberikan nombor pengenalan yang unik seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 2.43(a). Maklumat pergerakan teksi antara kesemua kejiranan kemudiannya dipetakan dengan menggunakan sambungan yang mempunyai sekurang-kurangnya 5000 laluan seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 2.43(b). Hasil daripada kaedah ini menunjukkan memang terdapat kesamaan dari segi ketumpatan jenis jenayah yang sama antara dua kawasan yang disambungkan oleh perkhidmatan teksi yang melakukan sekurang-kurangnya 5000 laluan dan boleh digunakan sebagai pembantu untuk membuat ramalan berkenaan hubungan jenayah antara dua lokasi. Kaedah yang ditunjukkan ini bagaimanapun tidak menyatakan jenis jenayah yang bersesuaian dan tidak menyatakan ketumpatan minima sesuatu jenis jenayah di sesuatu kawasan.



(a)



(b)

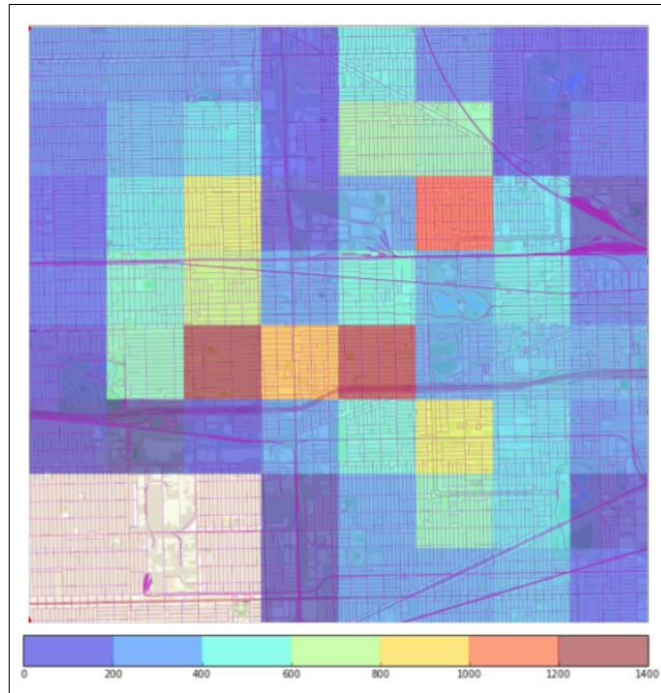
Rajah 2.43 Pemetaan pergerakan teksi disekitar bandaraya Chicago (a) Penglabelan kejiranan melalui penomboran yang unik (b) Hubungan yang diwujudkan oleh jaringan pergerakan teksi antara kejiranan

Sumber: Wang et al. 2016

Mahmud et al. (2016) mencadangkan CRIMECAST -- nama model yang sama yang dibangunkan oleh Tayebi et al. (2015) -- di dalam usaha meramal jenayah masa hadapan seperti kadar jenayah, lokasi jenayah, masa pelakuan jenayah dan jenis jenayah. Menurutnya, kepenggunaan rangkaian neural akan memberikan ramalan yang lebih tepat berbanding pelaksanaan matematik yang lain. Beliau mencadangkan menggunakan data silam sejauh 30 tahun lampau untuk meramal pelakuan jenayah yang melibatkan pergerakan seperti jenayah samun dan rompakan. Penulisan beliau yang menarik adalah jika pelakuan penjenayah lampau telah dipelajari dan jika pada masa sekarang terdapat penjenayah yang mahu melakukan jenayah yang sama, maka jenayah pada masa sekarang akan bertindak dengan pelakuan yang sama dengan penjenayah lampau. Namun penulisan beliau masih berpandukan pada pergerakan kelompok titik panas dan tidak memberi fokus kepada suspek jenayah berulang seperti yang digunakan dalam tesis ini. Model CrimCast yang dibangunkan oleh Mahmud et al. (2016) bermula dengan mengira kerabangkalian kejadian jenayah dengan memberikan label ketenatan kepada jenis-jenis jenayah. Faktor ketenatan dipengaruhi oleh jenis jenayah, masa terakhir kejadian jenayah dan kekerapan kejadian jenayah. Sebagai contoh, dikatakan jenayah membunuh adalah lebih serius berbanding jenayah pecah rumah maka jenayah membunuh diberikan faktor keutamaan yang lebih tinggi; jenayah yang baru sahaja berlaku mempunyai kemungkinan yang lebih tinggi untuk berlaku lagi berbanding dengan jenayah yang sudah lama tidak berlaku; dan kekerapan jenayah yang lebih tinggi dalam satu juaat masa mempunyai pengaruh yang lebih tinggi berbanding kekerapan jenayah yang lebih rendah di dalam juaat masa yang sama. Setelah kebarangkalian kejadian jenayah dikira, langkah kedua ialah untuk membina peta kelompok titik panas berpandukan faktor ketenatan yang dihasilkan. Dengan menggunakan suatu nilai ambang (threshold value), kawasan yang mempunyai kawasan yang menyamai nilai ambang adalah kawasan kelompok titik panas dan kawasan yang tidak mencapai nilai ambang dikenali sebagai kawasan kelompok titik sejuk. Langkah ketiga adalah meramal lokasi lokasi kelompok titik panas yang akan berlaku dengan menggunakan maklumat dari langkah pertama dan kedua. Penulisan beliau menggunakan data simulasi kerana tidak mempunyai akses kepada data jenayah sebenar dan beliau tidak dapat membandingkan hasil kajian beliau dengan keadaan semasa.

Walaupun model yang dibangunkan oleh Mahmud et al. (2016) mempunyai nama yang serupa dengan model yang dibangunkan oleh Tayebi et al. (2015), namun kaedah yang digunakan adalah berbeza. Mahmud cuba mengetahui di manakah kelompok titik panas akan terhasil manakala Tayebi ingin tahu ke manakah suspek akan melangkah seterusnya. Mahmud tidak melakukan perprosesan grid seperti yang dilakukan oleh Tayebi, namun kedua-duamereka memerlukan maklumat jenayah lampau dan lokasi kelompok titik panas sebagai input.

Andersson et al. (2017) telah mengembangkan lagi penulisan berkenaan "Broken Window" dengan menghasilkan model yang dinamakan Pemodelan Risiko Kawasan (RTM). RTM adalah satu model peramalan kelakuan jenayah dengan bagi sesuatu kawasan berpandukan petunjuk visual dengan hanya menggunakan gambar-gambar yang diambil dari aras jalan. "Broken Window" dibangunkan oleh Kelling et al. (1982) yang merupakan satu teknik pengecaman jenayah dan risiko jenayah di sesuatu tempat dengan hanya melihat isyarat visual. Secara visual, kawasan yang mempunyai tingkap-tingkap yang pecah, ataupun ruah-rumah yang rosak ataupun kejiranan yang tidak terurus menunjukkan kadar jenayah yang lebih tinggi berbanding kawasan dan kejiranan yang kemas, teratur dan terurus. Di dalam ujikaji yang duilakukan Anderson, skop lokasi adalah satu kawasan di bandaraya Chicago dan skop jenayah adalah jenayah yang berlaku di sisi jalan -- kawasan dan jenis jenayah tidak diperincikan. Kawasan yang terpilih dibahagikan kepada sel-sel grid yang sama saiz di mana setiap sel diwarnakan menurut kekerapan jenayah yang berlaku di dalam sel tersebut dengan julat antara 1 hingga 1400 sel dan langkau 200 sel seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 2.44(a). Di dalam ujikaji ini, foto-foto dari aras pejalan kaki ataupun kaki lima diambil di dalam setiap sel. Setiap sel diwakili oleh bilangan foto yang sama yang menunjukkan foto arah utara, selatan, timur dan barat seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 2.44(b). Sel-sel kemudiannya di bahagikan untuk tujuan latihan dan ujian. Kaedah ini berjaya menunjukkan bahawa boleh dikaitkan hubungan kadar jenayah dengan ciri-ciri persekitaran yang dapat dilihat secara visual walaupun dengan hanya menggunakan imej yang diambil dari tepi jalan. Kaedah berupaya menghasilkan ramalan ketumpatan jenayah di sel-sel yang dipilih dan tidak memberikan tumpuan kepada pergerakan jenayah.



(a)



(b)

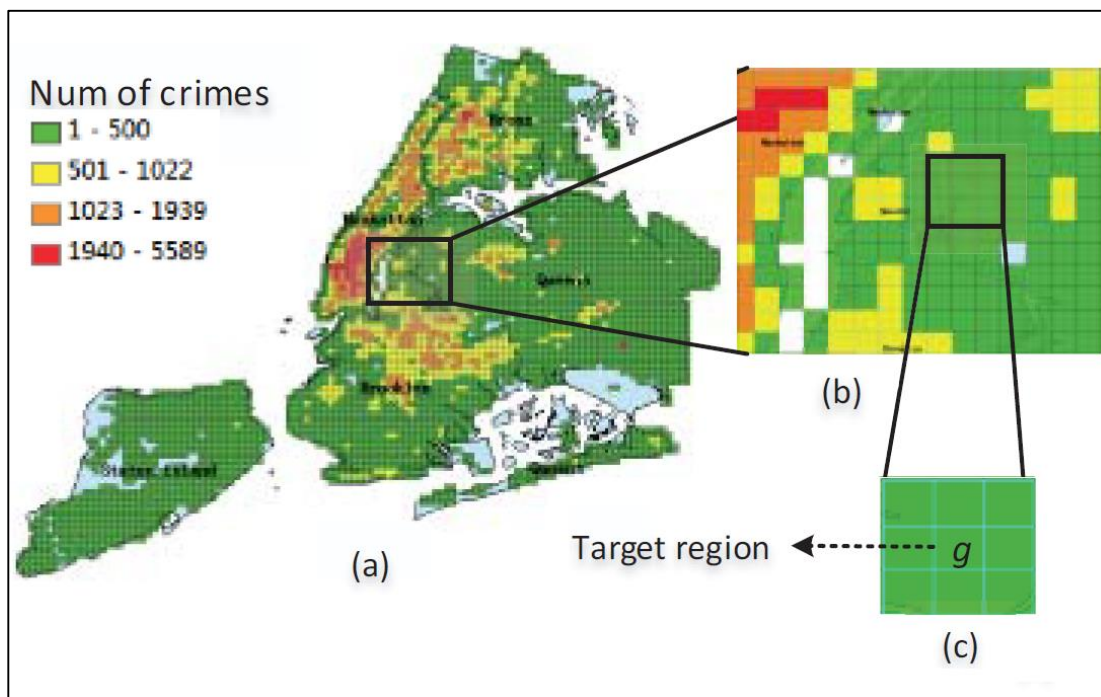
Rajah 2.44 (a) Sel-sel jenayah yang dibahagikan kepada saiz grid yang sama dan setiap sel diwarnakan menurut kadar jenayah yang berlaku di dalam sel terbabit
(b) Contoh gambar yang di ambil di dalam grid yang memaparkan pandangan ke utara, selatan, timur dan barat.

Sumber: Andersson et al. 2017

Kaedah yang dibanungkan oleh Anderson et al. (2017) memperkukuhkan apa yang dikatakan oleh Kelling (1982) dan Ramli Din (2005) yang menyatakan bahawa apa yang dilihat dipersekitaran sesuatu kawasan dapat memberikan maklumat berkenaan kadar jenayah kawasan tersebut.

Duan et al. (2017) juga telah mencadangkan satu model yang menggunakan grid pemetaan dan dinamakan Rangkaian Jenayah Spasial-Temporal (Spasio-Temporal Crime Network). Tujuan model ini adalah untuk meramal anjakan kelompok titik panas melalui pembinaan grid. Di dalam model ini, wilayah yang dipilih dipecahkan menurut grid-grid yang sama saiz yang berukuran 0.47 km x 0.38 km iaitu berkeluasan 0.18 km persegi. Data yang digunakan bertarikh dari tahun 2010 hingga tahun 2015. Di dalam setiap grid yang sama untuk tahun-tahun yang berlainan, kejadian jenayah dijumlahkan dan diwarnakan menurut kekerapan kejadian jenayah yang berlaku seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 2.45. Grid berwarna hijau mempunyai sehingga 500 kejadian, grid berwarna kuning sehingga 1022 kejadian, grid berwarna samar sehingga 1939 kejadian dan grid berwarna merah sehingga 5589 kejadian. Dengan membuat analisis spasial bersebelahan, beliau membuat ralaman jika kejadian jenayah akan beranjak ke grid bersebelahan.

Model yang dibangunkan oleh Duan et al. (2017) menggunakan kaedah grid seperti yang digunakan oleh Andersson et al. (2017). Berbezaannya adalah Duan meramalkan anjakan kelompok titik panas iaitu pergerakan jenayah dari lokasi grid asal manakala Andersson meramalkan kepadatan jenayah di grid-grid yang lain. Kedua-dua penyelidik tidak menyatakan jenis jenayah yang dikaji dan tidak menyatakan jika terdapat keperluan kepada maklumat fitur-fitur geospasial. Model yang dibangunkan oleh Duan tidaklah menjurus kepada kaedah yang berupaya menjejak suspek jenayah berulang. Model ini juga tidak membezakan jenis-jenis jenayah yang berlaku di dalam setiap grid dan melaporkan kekerapan jenayah sebagai jumlah keseluruhan kejadian jenayah dari tahun 2010 hingga 2015 dan model ini adalah berkenaan pergerakan ataupun anjakan kelompok titik panas.



Rajah 2.45 Peta jaringan jenayah spasial-temporal (a) Menunjukkan keseluruhan peta negeri New York (b) Wilayah yang merangkumi 120 grid x 100 grid (c) Wilayah yang merangkumi 3 grid x 3 grid

Sumber: Duan et al. 2017

Caplan et al. (2017) juga menggunakan grid pemetaan dan mencadangkan model yang dinamakan Permodelan Medan Risiko (Risk Terrain Modelling - RTM). Berminat untuk mencari hubungan bagaimana faktor-faktor risiko menyumbang kepada jenayah samun, beliau menggunakan wilayah Glendale di Arizona sebagai tapak penyelidikan dan menghasilkan peta raster berdimensi 236 x 236 grid tetapi saiz sebenar setiap grid tidak dinyatakan. Di dalam setiap grid, beliau mengira fitur geospasial yang wujud seperti fitur bar, sekolah, hentian pengangkutan awam dan kompleks perumahan untuk menghitung kerentatan jenayah. Dengan menggunakan 629 data jenayah samun bagi tahun 2012, beliau telah berjaya mengira kekerapan fitur geospasial dan kekerapan kejadian jenayah samun di setiap grid, seperti yang ditunjukkan dalam Jadual 2.4. Beliau telah berjaya menghasilkan 512 kombinasi tetapan faktor-faktor risiko jenayah (Case configuration) ataupun tetapan fitur-fitur geospasial yang mempengaruhi jenayah samun. Daripada 512 kombinasi tetapan, beliau menyatakan bahawa terdapat 61 tetapan yang unik di seluruh kawasan kajian dan terdapat 25 tetapan yang menyerlah. Beliau telah mengenal pasti faktor utama yang menyumbang kepada jenayah samun adalah perhentian bas, kedai runcit dan kedai minuman keras. Beliau kemudiannya

menggunakan peta raster yang menunjukkan lokasi kelompok titik panas dan menandakan penindasan kelompok titik panas dengan grid yang merakamkan kejadian jenayah rompakan. Daripada hasil tindakan, beliau telah mencadangkan bahawa jarak ataupun kedekatan sesuatu lokasi dari sesuatu fitur geospasial mempengaruhi kebangkalian kejadian jenayah manakala risiko kejadian jenayah meningkat dengan peningkatan kepadatan fitur geospasial. Beliau memberi contoh bahawa risiko samun adalah tinggi di dalam lingkungan 472 kaki dari sebuah bar, 944 kaki dari sebuah bar yang menjual minuman keras dan 236 kaki dari sebuah kompleks perumahan. Kerja yang dijalankan oleh beliau juga tidak menjerumus kepada peramalan lokasi suspek berulang. Ramalan yang terhasil dari model ini adalah lokasi jenayah yang dapat dikenal pasti melalui fitur-fitur geospasial yang menyumbang atau mempengaruhi kepada kejadian.

Jadual 2.4 Matriks analisis faktor risiko samun untuk tahun 2012 di Glendale, Arizona

142

Table 2. Conjunctive Analysis Data Matrix of Dominant Case Configurations for Calendar Year 2012 Robbery Risk Factors in Glendale, Arizona.

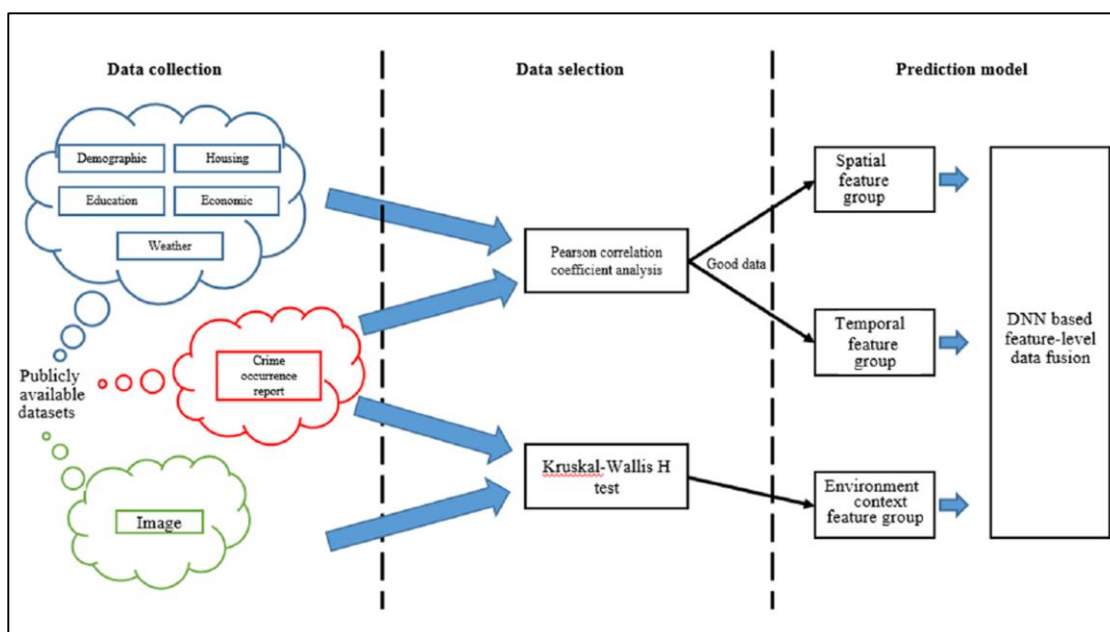
Case configuration	Apartment complexes	Gas stations	Convenience stores	Middle schools	Bus stops	Liquor stores	Take out restaurants	Banks	Bars	Crime count	Percent crime	Cell count	Percent area	Relative frequency of crime
1	0	0	1	0	1	1	0	0	0	8	1.39	10	0.03	80
2	0	0	0	0	1	1	0	1	1	13	2.26	25	0.08	52
3	0	0	0	0	1	1	0	0	1	22	3.82	96	0.31	22.92
4	0	0	0	0	1	1	0	1	0	21	3.65	92	0.30	22.83
5	1	0	0	0	0	1	0	0	0	9	1.56	41	0.13	21.95
6	0	0	0	0	1	1	0	0	0	155	26.91	719	2.32	21.56
7	0	0	0	0	1	1	1	0	0	3	0.52	17	0.05	17.65
8	0	0	0	0	1	0	0	1	0	6	1.04	40	0.13	15
Mean RFC										237	41.15	1,040	3.35	—
9	0	0	0	0	0	1	0	1	1	2	0.35	16	0.05	12.5
10	1	0	0	0	1	0	0	0	0	3	0.52	26	0.08	11.54
11	0	0	0	0	1	1	1	0	1	1	0.17	12	0.04	8.33
12	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0.17	14	0.05	7.14
13	0	0	0	0	0	1	0	1	0	4	0.69	58	0.19	6.9
14	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0.17	17	0.05	5.88
15	0	0	0	0	0	0	0	0	1	9	1.56	173	0.56	5.2
16	0	0	0	0	1	0	0	0	1	3	0.52	66	0.21	4.55
17	0	0	0	0	0	1	0	0	0	85	14.76	2,007	6.47	4.24
18	0	0	0	0	1	0	0	0	0	57	9.90	1,608	5.18	3.54
19	0	0	0	1	0	0	0	0	0	15	2.60	537	1.73	2.79
20	1	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0.35	82	0.26	2.44
21	0	0	0	0	0	1	0	0	1	2	0.35	88	0.28	2.27
22	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0.17	47	0.15	2.13
23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	139	24.13	25,091	80.85	0.55
24	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0.00	33	0.11	0
25	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0.00	20	0.06	0

Sumber: Caplan et al. 2017

Model yang dibangunkan oleh Caplan et al. (2017) menggunakan kaedah grid seperti model-model yang dibangunkan oleh Duan et al. (2017) dan Andersson et al. (2017). Kesamaan antara model Caplan et al. (2017) dan Duan et al. (2017) adalah kedua-duanya menggunakan maklumat kelompok titik panas dan juga maklumat fitur geospasial di dalam kawasan kajian. Perbezaannya pula adalah model Caplan et al.

(2017) tidak meramalkan anjakan kelompok titik panas seperti model yang dibangunkan oleh Duan et al. (2017).

Kang et al. (2017) mencadangkan kaedah penggunaan data multi modal. Berilhamkan kajian berkaitan "Broken Window" dan juga Pencegahan Jenayah Melalui Reka Bentuk Alam Sekitar (CPTED), beliau mencadangkan agar digabungkan maklumat jenayah dan maklumat geospasial bersama maklumat-maklumat konteks persekitaran alam sekitar untuk membuat ramalan kejadian jenayah. Rajah 2.46 menunjukkan pendekatan yang digunakan di mana data jenayah, data demografi, data alam sekitar dan data imej digabungkan dan kemudiannya disediakan untuk melalui model ramalan. Dengan menggunakan rangkaian neural, ramalan risiko jenayah berjaya dihasilkan pada lokasi yang dipilih.



Rajah 2.46 Pendekatan yang dicadangkan untuk pengumpulan data multi modal bagi tujuan meramal kejadian jenayah

Sumber: Kang et al. 2017

Kaedah yang dihasilkan oleh Kang et al. (2017) menggunakan maklumat pengimejan seperti model yang dihasilkan oleh Andersson et al. (2017). Namun kedua-dua kaedah ini tidak tertumpu kepada peramalan lokasi susek bersiri dan masih bertumpu kepada keperluan maklumat silam berkenaan kelompokan kelakuan jenayah.