

**KETERDEDAHAN INFRASTRUKTUR KRITIKAL
TERHADAP BAHAYA BANJIR DI BANDARAYA
KUALA LUMPUR**

SITI HASNIZA BINTI MUHAMMAD ARSHAD

UNIVERSITI KEBANGSAAN MALAYSIA

KETERDEDAHAN INFRASTRUKTUR KRITIKAL TERHADAP BAHAYA
BANJIR DI BANDARAYA KUALA LUMPUR

SITI HASNIZA BINTI MUHAMMAD ARSHAD

TESIS YANG DIKEMUKAKAN UNTUK MEMPEROLEH
IJAZAH DOKTOR FALSAFAH

INSTITUT ALAM SEKITAR DAN PEMBANGUNAN
UNIVERSITI KEBANGSAAN MALAYSIA
BANGI

2026

EXPOSURE OF CRITICAL INFRASTRUCTURE TO FLOOD HAZARDS IN THE
CITY OF KUALA LUMPUR

SITI HASNIZA BINTI MUHAMMAD ARSHAD

THESIS SUBMITTED IN FULFILMENT FOR THE DEGREE OF
DOCTOR OF PHILOSOPHY

INSTITUTE FOR ENVIRONMENT AND DEVELOPMENT
UNIVERSITI KEBANGSAAN MALAYSIA
BANGI

2026

PENGAKUAN

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

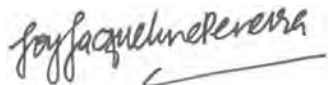
11 Februari 2026

SITI HASNIZA BINTI
MUHAMMAD ARSHAD
P94856

	UKM-SPKPPP-PT(PdP)-05-AK04-BO07	No. Semakan: 02	Tarikh Kuat Kuasa: 27/01/2026
	BORANG DAN SENARAI SEMAK PENYERAHAN TESIS / DISERTASI SELEPAS PEMBETULAN <i>Form and Check List of Amended Thesis / Dissertation Submission</i>		

(Author's Full Name)		SITI HASNIZA BINTI MUHAMMAD ARSHAD	
No. Pendaftaran Pelajar (Student's Registration No.)	P94856	Sesi Akademik (Academic Session)	
Tajuk Tesis / Disertasi (Thesis / Dissertation Title)		Keterdedahan Infrastruktur Kritikal Terhadap Bahaya Banjir di Bandaraya Kuala Lumpur	
Semua tesis/disertasi dan penerbitan mengenai hasil penyelidikan pelajar adalah tertakluk kepada Dasar Harta Intelektual Universiti Kebangsaan Malaysia. <i>All theses/ dissertations and publications relating to the research work of a student are subject to the Intellectual Property Policy of Universiti Kebangsaan Malaysia.</i> Saya mengaku bahawa tahap akses tesis/disertasi ini sebagai (*Tandakan ✓ dalam kotak bagi maklumat yang berkaitan; tandakan satu (1) kotak di bawah sahaja): <i>I hereby declare the level of access for this thesis/dissertation as follows (tick ✓ the relevant box below; tick only one option).</i>			
Pilihan Tahap Akses Access Level Selection		Tafsiran Tahap Akses Tesis/Disertasi Definition of Thesis/Dissertation Access Level	
☐	RAHSIA (CONFIDENTIAL)	Mengandungi maklumat rahsia sepertimana yang diperuntukan bawah Akta Rahsia Rasmi 1972. <i>Contains classified information as stipulated under the Official Secrets Act 1972.</i>	
☒	TERHAD (RESTRICTED)	Mengandungi maklumat yang hanya boleh diakses oleh pihak yang mempunyai kebenaran atau keperluan tertentu untuk mengetahuinya yang ditentukan oleh organisasi/ badan di mana penyelidikan dijalankan. <i>Contains information that may only be accessed by parties with specific authorization or a defined need to know, as determined by the organization or body where the research is conducted.</i>	
☐	AKSES TERBUKA (OPEN ACCESS)	Tesis/disertasi versi akhir dalam format PDF yang boleh diakses secara percuma secara dalam talian dan bebas dari isu hak cipta dan pelesenan <i>The final version of the thesis/dissertation in PDF format that is freely accessible online and free from copyright and licensing issues.</i> Kementerian Pendidikan Tinggi melalui surat bertarikh 27 Mac 2025 memutuskan bahawa kebenaran akses tesis / disertasi dalam borang serahan akses terbuka ditentukan oleh penyelia (bukan pelajar). <i>The Ministry of Higher Education, through a letter dated 27 March 2025, has decided that permission for thesis / dissertation access in the open access submission form shall be determined by the supervisor (not the student).</i>	
☐	EMBARGO	Tempoh masa di mana akses kepada tesis/disertasi disekat (ditutup) selama dua (2) tahun atas sebab-sebab tertentu sebagai contoh kerahsiaan atau hak cipta. Tesis/disertasi akan berstatus akses terbuka selepas tamat tempoh embargo. <i>The period during which access to the thesis/dissertation is restricted for two (2) years due to specific reasons, such as confidentiality or copyright. The thesis/dissertation will be granted open-access status upon the expiry of the embargo period.</i>	

 UNIVERSITI KEBANGSAAN MALAYSIA <i>The National University of Malaysia</i>	UKM-SPKPPP-PT(PdP)-05-AK04-BO07	No. Semakan: 02	Tarikh Kuat Kuasa: 27/01/2026
	BORANG DAN SENARAI SEMAK PENYERAHAN TESIS / <i>DISERTASI</i> SELEPAS PEMBETULAN <i>Form and Check List of Amended Thesis / <i>Dissertation</i> Submission</i>		

PENGESAHAN PELAJAR (STUDENT VERIFICATION)	PENGESAHAN PENYELIA (SUPERVISOR VERIFICATION)
 TANDATANGAN PELAJAR (STUDENT'S SIGNATURE)	 TANDATANGAN PENYELIA / Pengerusi JK Siswazah (SUPERVISOR'S / CHAIRPERSON SUPERVISION COMMITTEE SIGNATURE)
Nama Pelajar (Student name): Siti Hasniza No. Pendaftaran Pelajar P94856 (Student's Registration No.) Tarikh: 11/2/2026 (Date)	Nama Penyelia / Pengerusi JK Siswazah : Prof. Dr. Joy Jacqueline Pereira (Supervisor's / Chairperson Supervision Committee Name) Tarikh 11/2/2026 (Date)

PENGHARGAAN

Syukur kehadiran ilahi dengan limpah kurnia-NYA, saya dapat menyiapkan kajian dan penulisan dengan jayanya walaupun menempuh pelbagai halangan dan kesukaran. Alhamdulillah dengan kekuatan, ketabahan, kesabaran serta kematangan fikiran diberikan oleh-NYA diharap kajian ini dapat memberi nilai kepada masyarakat dan generasi akan datang. Setinggi-tinggi penghargaan dan jutaan terima kasih diucapkan kepada penyelia utama saya, Professor Dr. Joy Jacqueline Pereira. Beliau telah banyak bersabar, membimbing, memberi teguran dan tunjuk ajar sepanjang menyiapkan kajian ini. Tidak lupa juga kepada penyelia kedua saya iaitu Dr. Gs. Nurfashareena Muhamad yang banyak membantu memberikan idea yang bernas, memberi galakkan dan tunjuk ajar sepanjang tempoh menyiapkan kajian ini.

Penghargaan teristimewa kepada ibu bapa saya iaitu Encik Muhammad Arshad bin Rahim Basah dan Puan Hamidah binti Sa'aidin yang banyak memberi saya doa, sokongan, dorongan dan nasihat semasa tempoh pengajian dan proses menyiapkan tesis ini. Pendorong utama saya iaitu Mohd Fadzli bin Razak merangkap suami saya yang tidak jemu mendoakan dan memberi sokongan ketika proses menyiapkan tesis. Ribuan terima kasih ditujukan kepada rakan-rakan perjuangan saya Dayang Nur Izan, Nurul Ain dan ramai lagi yang tidak dapat saya sebutkan di sini atas segala bantuan dan sokongan yang diberikan.

Saya juga ingin merakamkan sekalung penghargaan kepada *Newton-Ungku Omar Fund* yang ditadbir oleh *Malaysian Industry-Government Group for High Technology (MIGHT)* dan *Innovate UK* melalui sokongan projek penyelidikan *Disaster Resilient Cities: Forecasting Local Level Climate Extremes and Physical Hazards for Kuala Lumpur (XX-2017-002)* yang memberi saya peluang menjalankan kajian di bawah Projek ini. Selain itu, penghargaan ini turut ditujukan buat warga SEADPRI-UKM yang sentiasa memberi motivasi dan dorongan begitu warga LESTARI dan teman-teman seperjuangan yang dikasihi. Jasa dan budi baik kalian dikenang selagi hayat dikandung badan. Jutaan terima kasih juga kepada semua yang terlibat secara langsung dan tidak langsung dalam menghasilkan penulisan ilmiah ini. Semoga Allah jua akan membalas jasa baik anda semua. Segala kerjasama yang diberikan oleh semua pihak amatlah dihargai dan didahului dengan ucapan terima kasih.

ABSTRAK

Kuala Lumpur sering dikaitkan dengan kejadian banjir kilat yang memberikan kesan besar terhadap pembangunan bandar. Walaupun pembinaan Terowong SMART pada tahun 2007 berjaya mengurangkan impak banjir, isu baharu turut muncul iaitu kejadian air bertakung di beberapa kawasan tertentu. Objektif kajian ini adalah untuk menyediakan maklumat asas berkenaan kejadian banjir dan pelbagai unsur yang terdedah; membina pangkalan data bagi pemetaan banjir, infrastruktur kritikal dan penduduk mudah terancam; dan membangunkan model spatial bagi kerentanan dan unjuran senario terburuk bagi keterdedahan infrastruktur kritikal dan kemudahterancaman penduduk terhadap banjir di Kuala Lumpur. Metodologi kajian melibatkan analisis kandungan, pemetaan data serta permodelan spatial untuk mengenalpasti kawasan kerentanan banjir dan unjuran senario terburuk bagi keterdedahan infrastruktur kritikal dan kemudahterancaman penduduk terhadap banjir. Analisis kandungan digunakan untuk mendapatkan maklumat kejadian banjir, lokasi infrastruktur kritikal, dan penduduk mudah terancam daripada pelbagai sumber, termasuk laporan kerajaan, laporan akhbar dan laman sesawang terbuka. Pemetaan data dilakukan dengan memproses maklumat asas berkenaan kejadian banjir, lokasi infrastruktur kritikal dan penduduk mudah terancam daripada bentuk teks kepada format spatial dalam pangkalan data. Permodelan spatial menggunakan sistem maklumat geografi dan berasaskan senario terburuk, iaitu keadaan di mana seluruh kawasan kerentanan banjir tinggi di Kuala Lumpur ditenggelami air banjir. Hasil kajian mendapati sebanyak 964 insiden banjir telah direkodkan di Kuala Lumpur dari tahun 1977 hingga 2022, khususnya di kawasan seperti Kampung Baru, Kampung Pantai Dalam, Kampung Datok Keramat, Jalan Tun Razak, Batu 3 Jalan Klang Lama, Kampung Pasir, dan Kampung Selamat. Kampung Baru merekodkan kekerapan banjir kilat tertinggi dengan 18 kejadian sepanjang 1977 hingga 2022, diikuti Kampung Pantai Dalam (17) dan Kampung Datok Keramat (13). Sebanyak 509 infrastruktur kritikal telah dikenalpasti iaitu 33 fasiliti kesihatan, 189 institusi pendidikan, 261 kemudahan perkhidmatan asas dan 26 elemen berkaitan aspek sosial dan ekonomi. Selain itu, 2,786 isi rumah mudah terancam juga telah dikenalpasti. Maklumat tersebut dipaparkan dalam bentuk peta berasaskan sempadan kawasan Parlimen setelah diolah dan disimpan dalam pangkalan data skala tempatan yang dibangunkan khusus untuk Kuala Lumpur. Kajian ini juga mendapati bahawa hampir 60% kawasan Kuala Lumpur berada dalam zon kerentanan banjir pada pelbagai tahap iaitu tahap tinggi (0.6%), sederhana (13.4%) dan rendah (46%). Walaupun keluasan zon kerentanan banjir tinggi adalah kecil ianya meliputi sebahagian besar kawasan pembangunan serta penempatan penduduk. Dalam senario terburuk di zon kerentanan banjir tinggi ini, keterdedahan infrastruktur kritikal didapati berbeza. Elemen berkaitan aspek sosial merekodkan peratusan keterdedahan yang tertinggi (33%), diikuti oleh institusi pendidikan (29%), kemudahan asas (29%), aspek ekonomi (27%), dan fasiliti kesihatan (12%). Daripada segi bilangan, sebanyak 61 aspek sosial, 54 institusi pendidikan, 7 aspek ekonomi, 6 kemudahan asas dan 4 hospital dikenal pasti sebagai terdedah kepada risiko banjir di Kuala Lumpur. Sebanyak 1,810 isi rumah mudah terancam juga turut terdedah kepada risiko banjir dalam senario terburuk, iaitu bersamaan dengan 65% daripada keseluruhan populasi kumpulan ini. Secara keseluruhannya, maklumat ini dapat menyokong perancangan bandar berdaya tahan bencana dengan tumpuan khusus kepada kawasan berkerentanan tinggi bagi mengurangkan keterdedahan infrastruktur kritikal dan penduduk mudah terancam.

EXPOSURE OF CRITICAL INFRASTRUCTURE TO FLOOD HAZARDS IN THE CITY OF KUALA LUMPUR

ABSTRACT

Kuala Lumpur is often associated with flash floods that have a major impact on urban development. Although the construction of the SMART Tunnel in 2007 successfully reduced the impact of floods, a new issue has emerged, namely the occurrence of water ponding in certain areas. The objectives of this study are to collate basic information on flood events and various vulnerable elements in Kuala Lumpur; build a database for mapping floods, critical infrastructure and vulnerable populations; and develop a spatial model for vulnerability and project worst-case scenario for floods in Kuala Lumpur. The methodology involves content analysis, data mapping and spatial modelling to identify areas susceptible to floods and project worst-case scenarios for exposure of critical infrastructure and vulnerable population to flooding. Content analysis was used to obtain information on flood events, critical infrastructure locations and vulnerable populations from various sources, including government reports, newspaper reports and open websites. Data mapping was carried out by processing basic information on flood events, critical infrastructure locations and vulnerable populations, from textual form to spatial format in a database. Spatial modelling used Geographic Information Systems based on a worst-case scenario, which is a situation where the entire area in Kuala Lumpur that is highly susceptible to flooding is submerged in floodwater. The study found that a total of 964 flood incidents were recorded in Kuala Lumpur from 1977 to 2022, particularly in areas such as Kampung Baru, Kampung Pantai Dalam, Kampung Datok Keramat, Jalan Tun Razak, Batu 3 Jalan Klang Lama, Kampung Pasir, and Kampung Selamat. Kampung Baru recorded the highest frequency of flash floods with 18 incidents throughout 1977 to 2022, followed by Kampung Pantai Dalam (17) and Kampung Datok Keramat (13). A total of 509 critical infrastructures were identified, namely 33 health facilities, 189 educational institutions, 261 basic service facilities and 26 elements related to social and economic aspects. In addition, 2,786 vulnerable households were also identified. The information was displayed in a map based on parliamentary boundaries after being processed and stored in a local scale database developed specifically for Kuala Lumpur. The study also found that almost 60% of the Kuala Lumpur area is susceptible to flooding at various degrees, namely high (0.6%), medium (13.4%) and low (46%) levels. Although the zone with high susceptibility to flooding is small, it covers a large part of the developed areas and settlements in the city. In the worst-case scenario, within this zone of high susceptibility to flooding, the exposure of critical infrastructure was found to be different. Elements related to social aspects recorded the highest percentage of exposure (33%), followed by educational institutions (29%), basic facilities (29%), economic aspects (27%), and health facilities (12%). In terms of numbers, a total of 61 social aspects, 54 educational institutions, 7 economic aspects, 6 basic facilities, and 4 hospitals were identified as exposed to flooding in Kuala Lumpur. A total of 1,810 vulnerable households were also exposed to flooding in the worst-case scenario, equivalent to 65% of the total population of this group. Overall, this information can support disaster-resilient urban planning with a special focus on zones with high susceptibility to flooding, to reduce the exposure of critical infrastructure and vulnerable populations.

KANDUNGAN

	Halaman
PENGAKUAN	i
PENGHARGAAN	iii
ABSTRAK	iv
ABSTRACT	v
KANDUNGAN	vi
SENARAI JADUAL	x
SENARAI ILUSTRASI	xiii
SENARAI SINGKATAN	xvii
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Pengenalan	1
1.2 Permasalahan Kajian	6
1.3 Persoalan Kajian	11
1.4 Objektif Kajian	12
1.5 Kawasan Kajian	12
1.5.1 Asas Pemilihan	15
1.5.2 Lembangan Sungai Klang	17
1.6 Skop Kajian	24
1.7 Kepentingan Kajian	26
1.8 Mengenai Tesis	27
BAB II ULASAN KEPUSTAKAAN	
2.1 Pengenalan	29
2.2 Konsep dan Terminologi	29
2.2.1 Bahaya dan Bencana	29
2.2.2 Risiko	32
2.2.3 Kerentanan	34
2.2.4 Keterdedahan dan Kemudahterancaman	36
2.2.5 Bandar Berdaya Tahan	38
2.2.6 Hubung Kait Konsep	43
2.3 Perbandaran dan Daya Huni Setempat	48
2.3.1 Tahap Perbandaran	50

	2.3.2	Bencana Akibat Perbandaran	57
	2.3.3	Bencana di Kawasan Bandar	61
2.4		Pengurusan Bencana Bandar	64
	2.4.1	Aspek Berkaitan Pengurusan Bencana Bandar	66
	2.4.2	Strategi Pengurusan Bencana Bandar	77
2.5		Pengurusan Bencana Banjir	87
	2.5.1	Teknologi Geospasial	87
	2.5.2	Pemetaan Banjir untuk Bandar	89
2.6		Kerangka Konsep	92
2.7		Rumusan	95

BAB III

METODOLOGI

3.1		Pengenalan	96
3.2		Analisis Kandungan	96
	3.2.1	Latar belakang	96
	3.2.2	Aplikasi	99
	3.2.3	Kelebihan dan Kelemahan	106
3.3		Pemetaan Data	107
	3.3.1	Latar belakang	107
	3.3.2	Aplikasi Data Geospasial	115
	3.3.3	Kelebihan dan Kelemahan	125
3.4		Pemodelan Spasial	128
	3.4.1	Latar belakang	128
	3.4.2	Aplikasi	131
	3.4.3	Kelebihan dan kelemahan	142
3.5		Reka Bentuk Kajian	147
	3.5.1	Kajian Maklumat Banjir	150
	3.5.2	Penyediaan Pangkalan Data	152
	3.5.3	Pembangunan Model	157
3.6		Rumusan	161

BAB IV

PENGURUSAN BANJIR

4.1		Pengenalan	163
4.2		Banjir dan Air Bertakung di Kuala Lumpur	163
	4.2.1	Kejadian Banjir dan Air Bertakung	163
	4.2.2	Kawasan Berisiko Banjir	173
4.3		Kecekapan Pengurusan Banjir	177
	4.3.1	Peranan Agensi Berkaitan dan Pihak Berkuasa Tempatan	177

	4.3.2	Keberkesanan Sistem Mitigasi Banjir	178
4.4		Unsur-unsur Terdedah di Kawasan Banjir	188
	4.4.1	Hospital Awam dan Swasta	189
	4.4.2	Sekolah Awam dan Swasta	189
	4.4.3	Perumahan Penduduk Miskin dan Kondominium	190
	4.4.4	Perkhidmatan Kemudahan Asas	191
	4.4.5	Perkhidmatan Sosial	191
	4.4.6	Penduduk Mudah Terancam	193
4.5		Perbincangan	194
4.6		Rumusan	195

BAB V ANGKALAN DATA BENCANA

5.1		Pengenalan	197
5.2		Liputan Data Bencana Banjir	198
	5.2.1	Struktur	198
	5.2.2	Kesesuaian Data untuk Skala Tempatan	212
5.3		Liputan Data Skala Tempatan	214
	5.3.1	Kejadian Banjir	214
	5.3.2	Infrastruktur Kritikal	217
	5.3.3	Penduduk Mudah Terancam	231
5.4		Perbincangan	237
5.5		Rumusan	239

BAB VI KETERDEDAHAN DAN KEMUDAHTERANCAMAN

6.1		Pengenalan	241
6.2		Peta Kawasan Kerentanan Banjir	241
6.3		Banjir 18 & 19 Disember 2021	247
	6.3.1	Kajian Rintis	247
	6.3.2	Validasi	249
6.4		Keterdedahan Infrastruktur Kritikal	252
6.5		Kemudahterancaman Penduduk	254
6.6		Senario Terburuk	262
	6.6.1	Unjuran	262
	6.6.2	Hasil Simulasi	265
6.7		Perbincangan	268
6.8		Rumusan	269

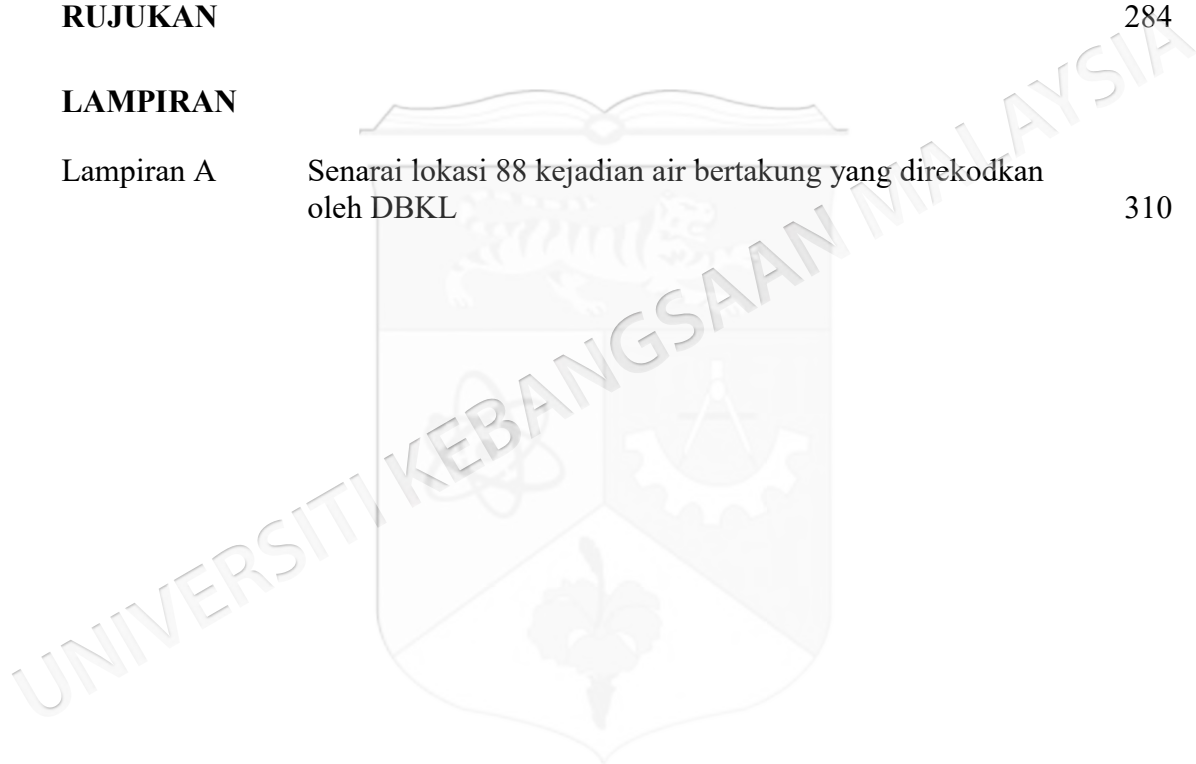
BAB VII PERBINCANGAN DAN KESIMPULAN

7.1	Pengenalan	271
7.2	Kejadian Banjir di Kuala Lumpur	271
7.3	Taburan Kawasan Banjir	274
7.4	Keterdedahan Infrastruktur Kritikal	275
7.5	Kemudahterancaman Penduduk	277
7.6	Pencapaian Objektif	278
7.7	Implikasi Dasar	280
7.8	Cadangan Kajian Lanjutan	282

RUJUKAN	284
----------------	-----

LAMPIRAN

Lampiran A	Senarai lokasi 88 kejadian air bertakung yang direkodkan oleh DBKL	310
------------	--	-----



SENARAI JADUAL

No. Jadual		Halaman
Jadual 1.1	Tiga empangan utama di dalam lembangan Sungai Klang,	18
Jadual 1.2	Anak sungai di dalam Lembangan Sungai Klang	18
Jadual 1.3	Jajaran Sungai Klang yang merentasi lima PBT di negeri Selangor dan DBKL	20
Jadual 1.4	Perkembangan penduduk bandar utama di Lembah Klang dari tahun 1991-2010	23
Jadual 1.5	Keterangan limitasi data banjir, limitasi maklumat keterdedahan, limitasi maklumat kemudahterancaman dan kejituan data	25
Jadual 2.1	Definisi bencana di peringkat global dan tempatan (Malaysia)	31
Jadual 2.2	Definisi risiko dan bahaya di peringkat global dan tempatan (Malaysia)	33
Jadual 2.3	Definisi kerentanan di peringkat global dan tempatan (Malaysia)	35
Jadual 2.4	Definisi, asal usul dan konsep istilah keterdedahan dan kemudahterancaman.	37
Jadual 2.5	Definisi, konsep dan langkah-langkah yang berkaitan dengan bandar berdaya tahan	39
Jadual 2.6	Definisi, contoh dan kandungan pangkalan data	45
Jadual 2.7	Contoh pangkalan data global dan tempatan (Malaysia)	48
Jadual 2.8	Peringkat pembandaran di Malaysia	51
Jadual 2.9	Dua jenis pelan yang digunakan oleh DBKL bagi perancangan pembangunan	53
Jadual 2.10	Trend, sebab, kesan dan bencana di bandar	58
Jadual 2.11	Jenis-jenis bencana yang berlaku di kawasan bandar	62
Jadual 2.12	Kejadian-kejadian bencana banjir di beberapa buah negara di dunia	63
Jadual 2.13	Jenis-jenis kerentanan banjir	67

Jadual 2.14	Ringkasan inisiatif pengurusan risiko bencana yang diambil oleh pelbagai negara	78
Jadual 2.15	Cadangan Penyelesaian jangka pendek dan jangka panjang	81
Jadual 2.16	Aspek, butiran dan rujukan platform sistem amaran awal multi bahaya	82
Jadual 2.17	Contoh-contoh pemetaan banjir yang terdapat di negara Eropah yang menggunakan T iaitu tempoh ulangan tahunan yang berbeza	90
Jadual 3.1	Jenis, contoh dan sumber bagi data primer, data sekunder dan data tertiar	102
Jadual 3.2	Jenis-jenis dokumen, contoh serta kelebihan dan kelemahannya	105
Jadual 3.3	Kelebihan dan kelemahan Analisis Kandungan	106
Jadual 3.4	Perbezaan data berstruktur, data tidak berstruktur dan data separa berstruktur serta jenis pangkalan data yang digunakan.	109
Jadual 3.5	Aspek utama bagi model pangkalan data <i>entity relation model</i> , <i>relational databases</i> dan <i>object oriented model</i> serta penggunaannya di dalam GIS	113
Jadual 3.6	Perbandingan Model Data Raster dan Model Data Vektor	126
Jadual 3.7	Kelebihan Model Data Raster dan Model Data Vektor	127
Jadual 3.8	Kelemahan Model Data Raster dan Model Data Vektor	128
Jadual 3.9	Aspek dan keterangan Analisis Statistik di dalam GIS	135
Jadual 3.10	Ringkasan kaedah analisis spatial asas	137
Jadual 3.11	Kaedah analisis spatial lanjutan	139
Jadual 3.12	Kaedah dan aplikasi ujian tekanan	142
Jadual 3.13	Kelebihan dan kelemahan analisis spatial asas	143
Jadual 3.14	Kelebihan dan kelemahan analisis spatial lanjutan	144
Jadual 3.15	Kelebihan dan kelemahan analisis tindakan lapis berwajaran	145
Jadual 3.16	Kelebihan dan kelemahan ujian tekanan	147
Jadual 3.17	Data-data yang digunakan berserta sumber dan tahun data diperolehi.	153
Jadual 4.1	Penerangan mod Terowong SMART.	181

Jadual 4.2	Tarikh-tarikh dan mod-mod operasi Terowong SMART dari April 2007 hingga 2022	181
Jadual 4.3	Jumlah infrastruktur kritikal yang terdedah kepada bahaya banjir	193
Jadual 4.4	Jumlah penduduk mudah terancam yang terdedah kepada bahaya banjir	194
Jadual 5.1	Jenis sumber, pemilik dan tahap akses pangkalan data berkaitan bencana di Malaysia	203
Jadual 5.2	Contoh keperluan kualiti dan ketepatan data dalam pangkalan data bencana, berserta impaknya sekiranya berlaku kekurangan	205
Jadual 5.3	Gambaran keseluruhan pangkalan data berkaitan bencana yang terdapat di internet (pada Oktober 2020)	207
Jadual 5.4	Jenis-jenis pangkalan data kerugian dan kerosakan yang dikaji	211
Jadual 5.5	Perbandingan antara pangkalan data bencana global, serantau, nasional dan tempatan.	213
Jadual 5.6	Infrastruktur kritikal disusun ke dalam lima kategori utama SFDRR (Sasaran D).	219
Jadual 5.7	Sumber terbuka maklumat tempatan mengenai infrastruktur kritikal di Kuala Lumpur sehingga Januari 2021	221
Jadual 5.8	Infrastruktur kritikal disusun dalam lima kategori utama SFDRR (Sasaran D).	223
Jadual 5.9	<i>Elaboration count</i> infrastruktur kritikal mengikut sempadan parlimen	227
Jadual 5.10	Liputan Maklumat mengenai infrastruktur kritikal di asia tenggara (sehingga Januari 2021)	229
Jadual 5.11	Luas bagi setiap kawasan parlimen	237
Jadual 6.1	Infrastruktur kritikal dan tahap-tahap keterdedahan.	252
Jadual 6.2	Penduduk mudah terancam dan tahap-tahap kemudahterancaman	255
Jadual 6.3	Jumlah infrastruktur kritikal yang terdedah kepada bahaya banjir dalam simulasi senario kejadian terburuk.	266
Jadual 6.4	Jumlah penduduk mudah terancaam yang terdedah kepada bahaya banjir dalam simulasi senario kejadian terburuk.	267

SENARAI ILUSTRASI

No. Rajah		Halaman
Rajah 1.1	Lokasi Kuala Lumpur di dalam Lembangan Sungai Klang	13
Rajah 1.2	Lokasi hotspot (titik merah) dan kejadian banjir (titik biru) di Kuala Lumpur dari tahun 1977-2022	17
Rajah 1.3	Empangan-empangan utama dan badan air di dalam Lembangan Sungai Klang	20
Rajah 1.4	Sungai Klang dan sungai-sungai yang bersambung dengannya yang merentasi Lembangan Sungai Klang	21
Rajah 1.5	Sempadan Kuala Lumpur, Lembah Klang dan Lembangan Sungai Klang	22
Rajah 1.6	Kaitan bagi setiap bab yang terdapat dalam kajian ini	28
Rajah 2.1	Lima komponen Bandar Berdaya Tahan Bencana	42
Rajah 2.2	Karakter Bandar Berdaya Tahan	42
Rajah 2.3	Sempadan Zon Strategik	54
Rajah 2.4	Tujuh Target Bandar Pintar	56
Rajah 2.5	Tiga komponen KL- MHP	86
Rajah 2.6	Carta alir penggunaan KL-MHP oleh DBKL	86
Rajah 2.7	Fasa- fasa perkhidmatan DGIM	88
Rajah 2.8	Senibina MyFloodRAS	89
Rajah 2.9	Peta Risiko Banjir (a) JPs (b) DBKL (c) JBA	92
Rajah 2.10	Kerangka konseptual kajian	94
Rajah 3.1	Prosedur penghasilan kepadatan penduduk dengan menggunakan kaedah koroplet	121
Rajah 3.2	Contoh peta koroplet.	121
Rajah 3.3	Ilustrasi mewakili model berasaskan objek dan model berasaskan medan	131
Rajah 3.4	Komponen data spatial	132
Rajah 3.5	Langkah pemodelan data spatial	132

Rajah 3.6	Tahap- tahap pemprosesan yang berkaitan dengan model data GIS	136
Rajah 3.7	Fasa pelaksanaan kajian	149
Rajah 3.8	Fasa pelaksanaan kajian maklumat banjir	151
Rajah 3.9	Fasa pelaksanaan penyediaan pangkalan data dan penukaran data dari teks ke bentuk spatial	153
Rajah 3.10	Lokasi FID di dalam jadual atribut	155
Rajah 3.11	Jadual Atribut kejadian banjir dari 1977 – 2022	155
Rajah 3.12	Jadual atribut infrastruktur kritikal	156
Rajah 3.13	Jadual atribut penduduk mudah terancam	157
Rajah 3.14	Fasa pelaksanaan analisis tinding lapis berwajaran	159
Rajah 3.15	Proses pemplotan lokasi di dalam Google Earth dan penukaran data dari data bentuk .kml ke dalam bentuk shapefiles di dalam ArcGIS.	160
Rajah 3.16	Carta alir proses penghasilan DEM bagi Kuala Lumpur menggunakan data spot height daripada Google Earth dan interpolasi IDW di dalam GIS	161
Rajah 4.1	Kekerapan kejadian banjir yang berlaku di kawasan yang sama di Kuala Lumpur dari tahun 1977- 2022. Maksimum kekerapan ialah sebanyak 18 kali.	166
Rajah 4.2	Peta kejadian banjir di Titiwangsa (115 lokasi).	167
Rajah 4.3	Peta kejadian banjir di Segambut (87 lokasi).	168
Rajah 4.4	Peta kejadian banjir di Lembah Pantai (87 lokasi).	169
Rajah 4.5	Peta kejadian banjir di Bukit Bintang (72 lokasi).	170
Rajah 4.6	Peta menunjukkan lokasi 88 kejadian air bertakung yang direkodkan oleh DBKL.	172
Rajah 4.7	Jadual atribut yang menunjukkan sebahagian lokasi 88 kejadian air bertakung yang direkodkan oleh DBKL	173
Rajah 4.8	Kekerapan kejadian banjir yang berlaku dan lokasi di Kuala Lumpur dari tahun 1977- 2022.	174
Rajah 4.9	Lokasi kawasan sekitar yang ditenggelami air akibat banjir kilat dan genangan air di Kuala Lumpur pada 10 September 2020.	176

Rajah 4.10	Peta menunjukkan kejadian banjir kilat sebelum pembinaan Terowong SMART	182
Rajah 4.11	Kejadian banjir kilat dan air bertakung selepas pembinaan Terowong SMART	183
Rajah 4.12	Kawasan liputan Terowong SMART dan lokasi kerap mengalami banjir di Terowong SMART.	184
Rajah 4.13	Bilangan kejadian banjir kilat di Kuala Lumpur dari tahun 1984-2017.	186
Rajah 4.14	Lokasi Hotspot JPS bagi tahun 2022, Hotspot DBKL bagi tahun 2021 dan Hotspot DBKL bagi tahun 2022.	187
Rajah 5.1	Inventori data kejadian banjir yang direkodkan dari tahun 1977 hingga 2022.	216
Rajah 5.2	Peta lokasi kejadian banjir yang direkodkan dari tahun 1977 hingga 2022.	217
Rajah 5.3	Jadual atribut infrastruktur kritikal di Kuala Lumpur	225
Rajah 5.4	Peta lokasi infrastruktur kritikal di Kuala Lumpur	226
Rajah 5.5	Inventori data penduduk mudah terancam	233
Rajah 5.6	Peta lokasi penduduk mudah terancam dan pusat gelandangan di Kuala Lumpur	234
Rajah 5.7	Lokasi penduduk mudah terancam di Kuala Lumpur dan kawasan risiko banjir	235
Rajah 6.1	Peta kawasan kerentanan banjir Kuala Lumpur mengikut kelas keterdedahan medium (kuning), tinggi (jingga) dan sangat tinggi (merah).	243
Rajah 6.2	Peta kawasan kerentanan banjir Kuala Lumpur mengikut kelas keterdedahan tinggi (jingga) dan sangat tinggi (merah) bagi kawasan Titiwangsa pada skala yang lebih terperinci.	244
Rajah 6.3	Peta kawasan kerentanan banjir Kuala Lumpur mengikut kelas keterdedahan tinggi (jingga) dan sangat tinggi (merah) bagi kawasan Cheras pada skala yang lebih terperinci.	245
Rajah 6.4	Peta kawasan kerentanan banjir Kuala Lumpur mengikut kelas keterdedahan Tinggi (Jingga) dan sangat tinggi (merah) bagi kawasan Bukit Bintang pada skala yang lebih terperinci.	246
Rajah 6.5	Jadual atribut lokasi kejadian banjir pada 18 & 19 Disember 2021 dan kelas kerentanan banjir.	249

Rajah 6.6	Lokasi-lokasi kejadian banjir yang berlaku pada 18–19 Disember 2021 yang ditindan lapis dengan peta risiko banjir JBA. Penyepaduan ini membolehkan analisis perbandingan antara kawasan berisiko tinggi dan kejadian banjir sebenar.	251
Rajah 6.7	Lokasi-lokasi infrastruktur kritikal, di dalam kawasan kerentanan banjir	254
Rajah 6.8	Taburan lokasi penduduk miskin dan gelandangan dalam kawasan kerentanan banjir di Kuala Lumpur.	256
Rajah 6.9	Lokasi-lokasi infrastruktur kritikal, penduduk miskin dan gelandangan yang kebanyakannya jatuh di dalam kawasan kerentanan banjir.	258
Rajah 6.10	Lokasi-lokasi infrastruktur kritikal, penduduk miskin dan gelandangan di dalam sempadan Titiwangsa pada skala yang lebih terperinci.	259
Rajah 6.11	Lokasi-lokasi infrastruktur kritikal, penduduk miskin dan gelandangan di dalam sempadan Cheras pada skala yang lebih terperinci.	260
Rajah 6.12	Lokasi-lokasi infrastruktur kritikal, penduduk miskin dan gelandangan di dalam sempadan Bukit Bintang pada skala yang lebih terperinci.	261
Rajah 6.13	DTM Kuala Lumpur yang menunjukkan bentuk mukabumi dan kawasan rendah dan tinggi.	264
Rajah 6.14	Senario apabila air banjir mula naik.	264
Rajah 6.15	Senario apabila air banjir naik paling maksimum lalu menenggelamkan infrastruktur kritikal, penduduk mudah terancam dan gelandangan.	265
Rajah 6.16	(a) Peta lokasi infrastruktur kritikal, (b) Peta lokasi penduduk miskin (penduduk mudah terancam) (c) Kawasan simulasi kejadian banjir terburuk (biru) yang ditindan lapis dengan Peta Infrastruktur kritikal dan penduduk mudah terancam	267

SENARAI SINGKATAN

B40	Golongan Berpendapatan Rendah
dBASE	<i>Distributed Bandwidth Allocation Sharing Extension</i>
DBKL	Dewan Bandaraya Kuala Lumpur
DBMS	<i>Database Management Systems</i>
DGIM	<i>Defence Geospatial Information Management</i>
DRR	<i>Disaster Risk Reduction</i>
GIS	<i>Geographic Information System</i>
IDW	Inverse Distance Weighted
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
JPBD	Jabatan Perancangan Bandar dan Desa
JPS	Jabatan Pengairan dan Saliran
JUPEM	Jabatan Ukur dan Pemetaan Malaysia
KDNK	Keluaran Dalam Negara Kasar
MKN	Majlis Keselamatan Negara
MyFloodRAS	<i>Flood Risk Assessment and Mapping System</i>
NADMA	Agensi Pengurusan Bencana Negara
NDCC	Pusat Kawalan Bencana Negara
PBT	Pihak Berkuasa Tempatan
PGK	Pendapatan Garis Kemiskinan
SFDRR	<i>Sendai Framework for Disaster Risk Reduction</i>
TIN	<i>Triangular Irregular Network</i>
UNISDR	<i>United Nation's office for disaster risk reduction</i>

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 PENGENALAN

Pada abad ke-21, jumlah penduduk yang mendiami kawasan bandar adalah lebih banyak daripada jumlah penduduk yang mendiami di kawasan luar bandar. Oleh itu, abad ini dikenali sebagai 'abad bandar' kerana lebih daripada separuh penduduk dunia kini mendiami di kawasan bandar. Penggunaan tanah bandar secara efisien ialah tumpuan utama dalam perancangan bandar dan penting untuk menentukan kemapanan. Data empirikal jelas menunjukkan bahawa lebih daripada 50 % daripada jumlah penduduk dunia kini tinggal di kawasan bandar (United Nation 2010a). Bandar adalah enjin pertumbuhan ekonomi sesebuah negara, dengan 75% daripada Keluaran Dalam Negara Kasar (KDNK) tertumpu di bandar-bandar. Di Malaysia, sebahagian besar pembangunan ekonomi tertumpu di bandar-bandar utama yang terletak di Konurbasi Negara (Konurbasi Utama), Konurbasi Utara, Konurbasi Selatan, dan Konurbasi Timur. Potensi pembangunan bandar-bandar ini perlu dirancang dengan rapi bagi memastikan tiada persaingan antara bandar-bandar, supaya mendapat faedah ekonomi yang optimum (PLANMalaysia 2022).

Sehubungan itu, bagi memastikan pembangunan bandar terancang secara harmoni di peringkat nasional dan negeri, Jabatan Perancangan Bandar dan Desa Semenanjung Malaysia (JPBD Semenanjung Malaysia 2013) telah menyediakan Dasar Perbandaran Negara Kedua (Jabatan Perancangan Bandar dan Desa Semenanjung Malaysia 2016) 2016-2025 supaya pembangunan negara lebih terancang dan selaras dengan dasar-dasar di dalam Rancangan Fizikal Negara Ketiga (RFN-3) (Jabatan Perancangan Bandar dan Desa Semenanjung Malaysia 2016). Menurut Wawasan 2020, 70% penduduk Malaysia akan tinggal di kawasan bandar selaras dengan keperluan

pembangunan mapan. Oleh itu, semakin banyak bandar-bandar baru akan dibangunkan di samping bandar-bandar yang sedia ada di naik taraf kepada status bandar raya. Proses pembandaran yang pesat sejak merdeka lebih lima dekad yang lalu telah menyebabkan penghijrahan rakyat Malaysia dari kawasan luar bandar ke bandar. Sebelum merdeka, peratusan penduduk yang tinggal di bandar adalah kecil. Sebagai contoh, pada tahun 1947, hanya terdapat kira-kira 15.9 % sahaja penduduk Malaysia (ketika itu Malaya) yang menetap di bandar. Namun, tiga belas tahun selepas merdeka, iaitu pada tahun 1970, seperempat daripada jumlah 10.4 juta penduduk ketika itu iaitu 26.7 % tinggal di kawasan bandar.

Masyarakat Malaysia telah mengalami transformasi sejarah yang besar dan mendalam terutamanya sejak kemerdekaan pada tahun 1957, pelaksanaan Dasar Ekonomi Baru (DEB) (1971-1990), ini akibat daripada kesan globalisasi yang didorong oleh kuasa pasaran sejak tahun 1980-an. Sedekad kemudian, penduduk bandar meningkat kepada 34.2 % dan seterusnya pada tahun 1991, kadar itu meningkat secara mendadak kepada 50.7 %. Kadar urbanisasi Malaysia terus meningkat pada kadar 55.1 % pada tahun 1995 dan 61.8 % pada tahun 2000.

Pada dekad pertama abad ke-21, proses urbanisasi terus berlaku, dengan penduduk bandar menyumbang 66.9 % daripada jumlah penduduk pada tahun 2005 dan meningkat kepada 70 % pada tahun 2008. Kadar urbanisasi yang pesat di Malaysia dalam beberapa dekad yang lalu ditunjukkan lagi oleh laporan perangkaan yang dikeluarkan dalam Rancangan Malaysia Ke- 10. Trend urbanisasi yang semakin meningkat ini dijangkakan akan berterusan, mencapai 90 % pertumbuhan penduduk yang tertumpu di kawasan bandar menjelang tahun 2020.

Bencana banjir mampu memberikan impak yang pelbagai kepada manusia sama ada dalam bentuk fizikal mahupun mental, sama ada secara langsung mahupun tidak langsung. Antara impak banjir ialah pencemaran, kematian, kerosakan harta benda, kehilangan haiwan ternakan dan juga menyebabkan wabak penyakit (Ishak et al. 2014). Bagi mengurangkan impak ini, ilmu pengetahuan mengenai bahaya banjir dalam kalangan penduduk adalah penting dan perlu dititikberatkan. Sebahagian besar bencana terburuk di Malaysia ialah disebabkan oleh banjir, iaitu 38 daripada jumlah keseluruhan

51 kejadian bencana alam. Dalam beberapa tahun yang lalu, banjir telah menjejaskan lebih 770,000 orang, membunuh 148 orang, dan menyebabkan kerugian AS \$1.4 bilion atau kira-kira RM 5.82 bilion kerosakan. Pengiraan minimum kerosakan setiap tahun ke atas Keluaran Dalam Negeri Kasar Negara (KDNK) bagi tahun 2014, kerosakan purata yang dialami oleh Malaysia adalah sebanyak 0.13 % setahun.

Jumlah keseluruhan kerugian akibat banjir dianggarkan bernilai RM933.4 juta (2023: RM755.4 juta), bersamaan 0.05 peratus daripada Keluaran Dalam Negara Kasar (KDNK) nominal (2023: 0.04%). Kerugian terbesar dicatatkan bagi tempat kediaman, melonjak kepada RM372.2 juta (2023: RM168.3 juta), diikuti aset awam dan infrastruktur sebanyak RM303.4 juta (2023: RM380.7 juta). Kerugian dalam sektor pertanian turut meningkat kepada RM185.2 juta (2023: RM120.6 juta), manakala premis perniagaan mencatatkan kerugian sebanyak RM54.1 juta (2023: RM53.2 juta). Sementara itu, kerosakan kenderaan berjumlah RM17.3 juta (2023: RM22.3 juta), manakala sektor pembuatan mencatatkan kerugian paling kecil, iaitu RM1.2 juta (2023: RM10.3 juta) (Jabatan Perangkaan Malaysia 2025).

Banjir tahun 2024 memberi impak yang cukup besar kepada ekonomi negara, dengan majoriti kerugian tertumpu kepada tempat kediaman, infrastruktur awam dan pertanian. Kelantan, Terengganu dan Kedah mengalami kerugian yang paling ketara, terutama pada tempat kediaman dan premis perniagaan, sementara kerugian kenderaan dan pembuatan hanya mengalami kerosakan yang sederhana. Data ini memperlihatkan hubungan kait risiko ekonomi rentetan banjir yang sering berulang serta keperluan untuk memperkukuh daya tahan dan kesiapsiagaan dalam menghadapi bencana ini. Oleh itu, langkah ke hadapan, usaha mempertingkatkan infrastruktur, menambah baik sistem pertahanan banjir, dan mengoptimumkan peruntukan sumber perlu diberi keutamaan bagi mengukuhkan lagi daya tahan serta kestabilan ekonomi negara untuk jangka masa panjang (Jabatan Perangkaan Malaysia 2025).

Ilmu pengurusan banjir ini bukan hanya perlu mengambil kira aspek faktor, proses dan kesan bencana banjir ke atas manusia sahaja, malahan juga perlu merangkumi aspek banjir yang lain seperti bahaya, risiko dan kemudaratan banjir bagi golongan yang berisiko tinggi atau kerap berhadapan dengan bencana ini (Temrin &

Awang 2017). Pilihan penduduk untuk mendiami dan membangunkan kawasan dataran banjir khususnya di bandar-bandar besar merupakan antara punca utama meningkatnya kes kejadian banjir. Tindakan ini menyebabkan peningkatan paras banjir sekali gus mengakibatkan keluasan dataran banjir menjadi lebih besar (Jabatan Perancangan Bandar dan Desa Semenanjung Malaysia 2016).

Pelbagai bentuk perubahan dapat dilihat ke atas landskap muka bumi akibat daripada aktiviti pembangunan. Perubahan ini telah menyebabkan alam sekitar terpaksa beradaptasi terhadap perubahan bagi menyesuaikan diri dengan persekitaran baru yang dicipta oleh manusia. Laporan dari Jabatan Pengairan dan Saliran (JPS 2023) menyatakan bahawa kira-kira 29,000 km persegi atau 9% daripada jumlah kawasan tanah dan lebih daripada 4.82 juta orang (22%) terjejas oleh banjir setiap tahun. Kerosakan yang disebabkan oleh banjir dianggarkan sebanyak RM 915 juta. Walaupun kejadian banjir monsun sering berlaku disebabkan oleh hujan lebat dan jangka masa hujan yang lama, tetapi kini lebih banyak lagi kejadian banjir sungai dan banjir kilat yang meliputi kawasan besar telah dilaporkan sejak kebelakangan ini.

Pilihan penduduk untuk tinggal dan pembangunan pesat di kawasan dataran banjir, terutamanya di bandar-bandar besar, ialah salah satu punca utama peningkatan kes kejadian banjir. Metropolis Kuala Lumpur dan bandar-bandar sekitarnya, terutamanya Petaling Jaya, Subang Jaya, Shah Alam, Klang, Selayang, Ampang Jaya, dan Kajang, digabungkan untuk membentuk konurbasi perbandaran yang dinamakan sebagai Wilayah Metropolitan Lembah Klang-Langat (WM Klang - Langat).

Perbandaran dan pengagihan semula bandar di pinggir Wilayah Metropolitan Klang-Langat dalam era globalisasi ekonomi telah memberi kesan kepada corak penggunaan tanah di kawasan ini. Penempatan semula penduduk, institusi awam, pusat komersial, pejabat pentadbiran dan kilang pembuatan dari zon teras bandar ke zon pinggir bandar meningkatkan kawasan penggunaan tanah bandar di kawasan tersebut. Kawasan guna tanah bangunan telah meningkat dengan ketara, menunjukkan perbandaran yang pesat dan pertumbuhan semula bandar di WM Klang - Langat. Keluasan guna tanah bangunan semakin meningkat daripada 15.7 % pada tahun 1997 kepada 21.0 % pada tahun 2006. Perubahan dalam tempoh tidak sampai 10 tahun (1997-

2006) itu ialah sebanyak 38,158 hektar (35.2 %). Sebaliknya keluasan guna tanah pertanian dan hutan masing-masing menurun daripada 46.9 % dan 37.9 % pada tahun 1997 kepada 42.1 % dan 36.9 % bagi tempoh masa yang sama.

Penyusutan tersebut melibatkan pengurangan sebanyak kira-kira 42,273 hektar (12.6 %) bagi guna tanah pertanian dan 13.838 hektar (5.1 %) bagi kawasan perhutanan. Peningkatan keluasan yang ketara bagi guna tanah bandar menunjukkan bahawa pembandaran dan perluasan bandar sedang berlaku dengan pesat di WM Klang-Langat (Katiman et al. 2017). Penyusutan bilangan kawasan telap air di kawasan bandar menyebabkan air larian tidak dapat diserap ke dalam tanah, lalu kejadian banjir sering berlaku.

Infrastruktur kritikal ialah asas masyarakat dan komuniti kerana ia menyediakan perkhidmatan untuk fungsinya dan memastikan sumbangan penting diberikan kepada pembangunan yang mampan dan berdaya tahan. Ia merupakan satu sistem yang kompleks, saling berkaitan dan saling bergantung, serta rangkaian pembandaran yang memberikan sokongan penting kepada kehidupan dan aktiviti seharian masyarakat (UNDP 2022).

Seiring dengan kemajuan agenda pembangunan mampan, kepentingan dan peranan infrastruktur kritikal telah muncul sebagai asas penting untuk pembangunan berdaya tahan. Infrastruktur kritikal mudah terdedah kepada risiko dan ancaman sedia ada yang boleh mengancam struktur dan fungsinya: ini memburukkan lagi keadaan sedia ada dan menjejaskan pembangunan yang mampan dan berdaya tahan (UNDP 2022). SFDRR mengenal pasti infrastruktur kritikal di bawah sasaran global iaitu Sasaran D dan mengkategorikannya kepada lima bidang utama iaitu kesihatan, pendidikan, perkhidmatan asas, aspek sosial dan aspek ekonomi (Muhamad et al. 2021; United Nation UN 2015)

Bandaraya Kuala Lumpur mengalami proses urbanisasi yang sangat pesat. Pembangunan kawasan perumahan dan komersial mengurangkan kawasan tadahan air. Pembangunan pesat ini tidak seiring dengan infrastruktur, lalu menjejaskan sistem saliran semula jadi dan sistem perparitan yang lama. Tambahan pula, fenomena cuaca

ekstrem dan perubahan iklim juga semakin meningkat. Peningkatan kejadian hujan lebat secara tiba-tiba dan corak hujan yang tidak menentu menjadi punca utama banjir kilat. Kesan perubahan iklim global ini turut memberi impak kepada kejadian banjir tempatan.

Kajian ini memfokuskan kepada insiden banjir yang berlaku di sekitar Kuala Lumpur. Tempoh kajian meliputi insiden banjir yang berlaku dalam tempoh 45 tahun (tahun 1977 hingga tahun 2022) bagi mendapatkan gambaran menyeluruh tentang tren, punca, serta impak banjir. Kaedah yang digunakan ialah analisis kandungan, analisis spatial, dan analisis spatial lanjutan. Data yang digunakan adalah daripada sumber terbuka.

1.2 PERMASALAHAN KAJIAN

Kuala Lumpur sering terdedah kepada kejadian banjir kilat. Peningkatan kawasan *hotspot* banjir daripada hanya 18 kawasan pada tahun 2018 kepada 139 kawasan pada tahun 2022 menunjukkan bahawa kawasan yang lebih mudah dilanda banjir di Kuala Lumpur semakin meningkat tahun demi tahun. Walaupun terdapat beberapa laporan mengenai banjir, masih terdapat kekurangan maklumat yang terperinci dan spatial mengenai lokasi banjir serta tahap keterdedahan pelbagai unsur seperti infrastruktur kritikal dan penduduk mudah terancam. Namun data spatial mengenai lokasi banjir dan tahap keterdedahan unsur terjejas masih terhad. Kekurangan maklumat ini menyukarkan perancangan strategi mitigasi yang berkesan, justeru kajian ini bertujuan mengenal pasti kawasan banjir serta menilai keterdedahan penduduk dan infrastruktur di Kuala Lumpur.

Selain itu, kekurangan maklumat spatial dan data terkini mengenai kejadian banjir dan unsur terjejas menghalang pihak berkuasa daripada mengenal pasti corak kejadian banjir secara menyeluruh. Tanpa pemetaan dan penilaian keterdedahan yang tepat, langkah mitigasi dan pengurusan bencana mungkin tidak menyasarkan kawasan yang paling berisiko, sekali gus meningkatkan kerentanan penduduk dan infrastruktur kritikal terhadap kejadian banjir di masa depan.

Kejadian banjir kilat telah menyebabkan kerosakan harta benda yang melibatkan kos yang sangat tinggi serta mengganggu pelbagai aktiviti harian warga kota. Meskipun pelbagai projek mitigasi banjir telah dilaksanakan, namun kejadian banjir terus berulang di kawasan yang sama. Ini menimbulkan persoalan tentang sejauh mana keberkesanan perancangan bandar semasa dalam mengurangkan impak banjir terhadap golongan mudah terancam ini dan sistem perkhidmatan infrastruktur kritikal bandar.

Infrastruktur kritikal seperti hospital, sekolah dan pusat rawatan air penting bagi penduduk kerana fungsi dan peranannya sebagai pemberi khidmat kemudahan, perlindungan dan sumber asas penduduk. Sekiranya fungsi infrastruktur kritikal itu terjejas, penduduk tidak dapat menerima bantuan atau kemudahan asas yang diperlukan dan ini akan memudaratkan penduduk. Contohnya jika bekalan air dan elektrik tiada, penduduk tidak akan mendapat bekalan air bersih dan juga bekalan kuasa elektrik lalu membawa kepada perkara lain seperti penyakit bawaan air.

Kuala Lumpur ialah sebuah bandar raya global yang menjadi pusat pertumbuhan ekonomi di Malaysia. Pembangunan pesat dan kos sara hidup yang tinggi di bandar ini telah membawa kepada pembinaan rumah kos rendah dan peningkatan jumlah penduduk miskin bandar. Seramai 2.91 juta isi rumah di Malaysia berada dalam kategori B40 pada tahun 2020 dengan had pendapatan sebanyak RM4,849 (DOSM 2020).

Kuala Lumpur juga tidak terkecuali daripada isu isi rumah miskin. Golongan isi rumah miskin ini digelar miskin bandar yang membawa maksud isi rumah miskin yang tinggal di kawasan bandar (Mustafar et al. 2018). Pada tahun 2019, Jabatan Perangkaan Malaysia (DOSM) merekodkan 3.8 % isi rumah miskin mutlak yang terdiri daripada isi rumah miskin bandar dan 0.2 % daripadanya adalah mereka yang tinggal di Kuala Lumpur (DOSM 2020).

Di Malaysia, kaedah pengukuran kemiskinan mutlak ini telah dilaksanakan sejak 1977 lagi dengan menggunakan pendekatan Kos Keperluan Asas. Melalui kaedah ini satu paras keperluan minimum yang dikenali sebagai Pendapatan Garis Kemiskinan

(PGK) telah ditetapkan. Komponen PGK ini terdiri daripada dua kategori iaitu PGK makanan dan PGK bukan makanan. Nilai PGK makanan diperoleh melalui penentuan keperluan kalori bagi sesebuah isi rumah (Jabatan Perangkaan Malaysia 2020).

Kemiskinan mutlak adalah suatu konsep di mana isi rumah hanya mampu menikmati keperluan hidup asas dalam kadar yang minimum. Pendekatan ini menyatakan bahawa isi rumah itu miskin mutlak jika pendapatan yang diperoleh kurang daripada standard semasa, iaitu garis kemiskinan yang ditetapkan berdasarkan pendapatan bagi memenuhi keperluan hidup pada kadar yang paling minima (Jabatan Perangkaan Malaysia 2020).

Kemiskinan merupakan salah satu sebab wujudnya golongan gelandangan di sekitar Kuala Lumpur (Mustafar et al. 2018). Golongan miskin bandar dan gelandangan ini dirangkumkan sebagai penduduk mudah terancam yang perlu diberikan lebih perhatian kerana kumpulan ini lebih terdedah kepada bahaya banjir kerana tinggal di kawasan dataran yang berisiko berlaku banjir.

Namun, kesan banjir ini tidak dialami secara sama rata. Golongan miskin lebih terkesan kerana kekangan sumber dan akses kepada perlindungan serta maklumat. Dalam masa yang sama, banyak infrastruktur kritikal tidak direka bentuk untuk menampung risiko banjir, menjadikan sistem perkhidmatan awam mudah terganggu. Memandangkan lebih banyak kawasan terdedah kepada banjir, ini menyebabkan lebih banyak infrastruktur kritikal dan penduduk mudah terancam yang akan terdedah kepada bencana banjir pada masa hadapan.

Lebih 45% mangsa banjir bersedia menghadapi bencana dengan menyimpan stok keperluan harian bagi memastikan kelangsungan hidup dalam tempoh kecemasan. Selain itu, 17% mengambil langkah perlindungan dengan mencarum insurans sebagai jaminan kewangan sekiranya berlaku kerosakan atau kerugian. Namun, kurang daripada 0.1% memilih untuk tidak mencarum insurans. Sementara itu, 25% mangsa banjir tidak membuat sebarang persediaan, yang mungkin meningkatkan risiko kesukaran semasa dan selepas kejadian banjir (Jabatan Perangkaan Malaysia 2025). Penduduk miskin mempunyai pendapatan yang rendah, oleh itu mereka lebih mengutamakan keperluan

asas untuk terus hidup dan tidak mampu membeli perlindungan insurans untuk menghadapi banjir.

Oleh itu, kawasan kerentanan banjir dan pelbagai unsur yang terdedah di Kuala Lumpur perlu dikenal pasti agar satu perancangan pembangunan dan langkah-langkah mitigasi yang lebih tertumpu dapat dilaksanakan di kawasan tersebut. Lokasi-lokasi banjir atau kawasan kerentanan ini bertaburan di sekitar Kuala Lumpur dan tidak hanya tertumpu di kawasan berdekatan dengan sungai. Kajian-kajian yang dilakukan oleh pihak berkepentingan seperti JPS adalah berdasar pendekatan *River Basin Management Unit* (RBMU) yang mentakrifkan sempadan lembangan sungai untuk tujuan pengurusan. Pendekatan berdasarkan sempadan lembangan sungai ini hanya tertumpu di kawasan berdekatan sungai sedangkan kebanyakan kejadian banjir di Kuala Lumpur ialah banjir kilat dan air bertakung yang berlaku bukan berdekatan sungai sahaja.

Kajian-kajian yang telah dijalankan sebelum ini hanya melihat kepada satu aspek sahaja iaitu sama ada pada aspek ekonomi, fizikal atau sosial. Tetapi, kajian ini akan melihat kepada aspek fizikal (infrastruktur kritikal) dan juga aspek sosial (penduduk mudah terancam). Aspek fizikal atau infrastruktur ini perlu diambil kira dalam langkah pengurusan risiko bencana untuk mengurangkan kerosakan ketika bencana dan bagi memastikan fungsinya tidak terjejas apabila bencana berlaku agar dapat terus memberi khidmat kepada orang awam.

Hasil daripada kajian yang telah dijalankan didapati bahawa tiada pangkalan data skala tempatan berkenaan kejadian banjir, infrastruktur kritikal dan penduduk mudah terancam di Kuala Lumpur. Terdapat juga beberapa limitasi seperti pangkalan data yang tidak lengkap dan tidak dikemaskini kepada keadaan semasa, data yang tidak menepati skala spatial bagi membolehkan analisis dijalankan di peringkat mikro, data hanya terdapat dalam bentuk fizikal dan tiada dalam bentuk digital lalu menyebabkan masa yang panjang diperlukan bagi menganalisis data serta data disimpan di dalam pelbagai sistem berlainan bagi setiap agensi seperti agensi Negeri, Pihak Berkuasa Tempatan dan agensi Persekutuan, menyebabkan perkongsian data kurang berkesan (Jabatan Perumahan Negara 2018). Oleh itu, pangkalan data skala tempatan

dibangunkan menggunakan teknologi *Sistem Maklumat Geografi* (GIS) untuk kajian ini.

Penyediaan pangkalan data adalah penting bagi memastikan maklumat mengenai lokasi banjir, infrastruktur kritikal, dan penduduk mudah terancam dikumpul secara sistematik dan terkini. Dengan adanya pangkalan data yang lengkap, pihak berkuasa dan perancang bandar dapat mengenal pasti kawasan yang berisiko tinggi, merancang langkah mitigasi yang lebih tepat, serta memantau perubahan corak banjir dari masa ke masa. Selain itu, pangkalan data ini membolehkan analisis spatial dilakukan dengan lebih berkesan, seterusnya menyokong pengurusan risiko bencana yang berasaskan bukti dan membantu mengurangkan impak banjir terhadap penduduk dan infrastruktur kritikal.

Sistem Maklumat Geografi (GIS) merupakan satu teknologi berasaskan komputer yang membolehkan pemprosesan data geospasial dan atribut bagi menghasilkan maklumat pemetaan dalam bentuk digital. Teknologi ini berkeupayaan menyimpan, memaparkan, menganalisis serta memanipulasi data yang berkaitan dengan ciri fizikal muka bumi dan faktor geografi. Hasil analisis yang dihasilkan adalah bergantung pada data input yang diberikan oleh pengguna serta prosedur pemprosesan yang dijalankan bagi mencapai objektif output yang ditetapkan.

Teknologi Sistem Maklumat Geografi (GIS) mengintegrasikan operasi pangkalan data konvensional, seperti kueri dan analisis statistik, dengan representasi visual dalam bentuk peta. Penyampaian maklumat secara visual membolehkan pengguna memperoleh pemahaman yang lebih jelas berbanding dengan data numerik semata-mata. Melalui teknologi ini, proses perancangan pembangunan serta peramalan kejadian dapat dijalankan melalui simulasi geospasial (Zainudin et al., 2005). Selain itu, GIS berkeupayaan menggabungkan data daripada pelbagai sumber, termasuk imej satelit, peta topografi, data meteorologi dan rekod sejarah banjir, bagi membentuk set data komprehensif yang menyokong analisis spatial secara menyeluruh.

Teknologi ini mempunyai keupayaan untuk menghasilkan peta, memanipulasi maklumat, memaparkan senario semasa, menyelesaikan masalah kompleks, serta

mempersembahkan idea yang bernilai bagi membangunkan penyelesaian yang lebih berkesan berbanding kaedah tradisional (Zainudin et al., 2005). Selain itu, GIS turut membolehkan visualisasi potensi kejadian banjir bagi menunjukkan tahap keterjejasan kawasan di bawah pelbagai senario hujan. Visualisasi ini membantu mengenal pasti kawasan dan infrastruktur yang berisiko tinggi, sekali gus menyokong perancangan mitigasi bencana secara lebih sistematik dan berinformasi.

GIS berupaya memodelkan senario terburuk dengan mengambil kira pelbagai faktor, termasuk kemungkinan hujan maksimum, keadaan sistem saliran yang tersumbat, serta kadar pelepasan puncak sungai. Unjuran yang dihasilkan melalui pemodelan ini dapat memberikan gambaran yang lebih jelas tentang tahap keterukan kejadian banjir yang berpotensi berkembang menjadi bencana. Sehubungan itu, teknologi GIS digunakan dalam kajian ini bagi menghasilkan unjuran tahap keterdedahan infrastruktur kritikal serta kemudahterancaman penduduk terhadap kejadian banjir di Kuala Lumpur.

1.3 PERSOALAN KAJIAN

Berdasarkan permasalahan kajian yang dinyatakan di atas, beberapa persoalan kajian telah diajukan seperti:

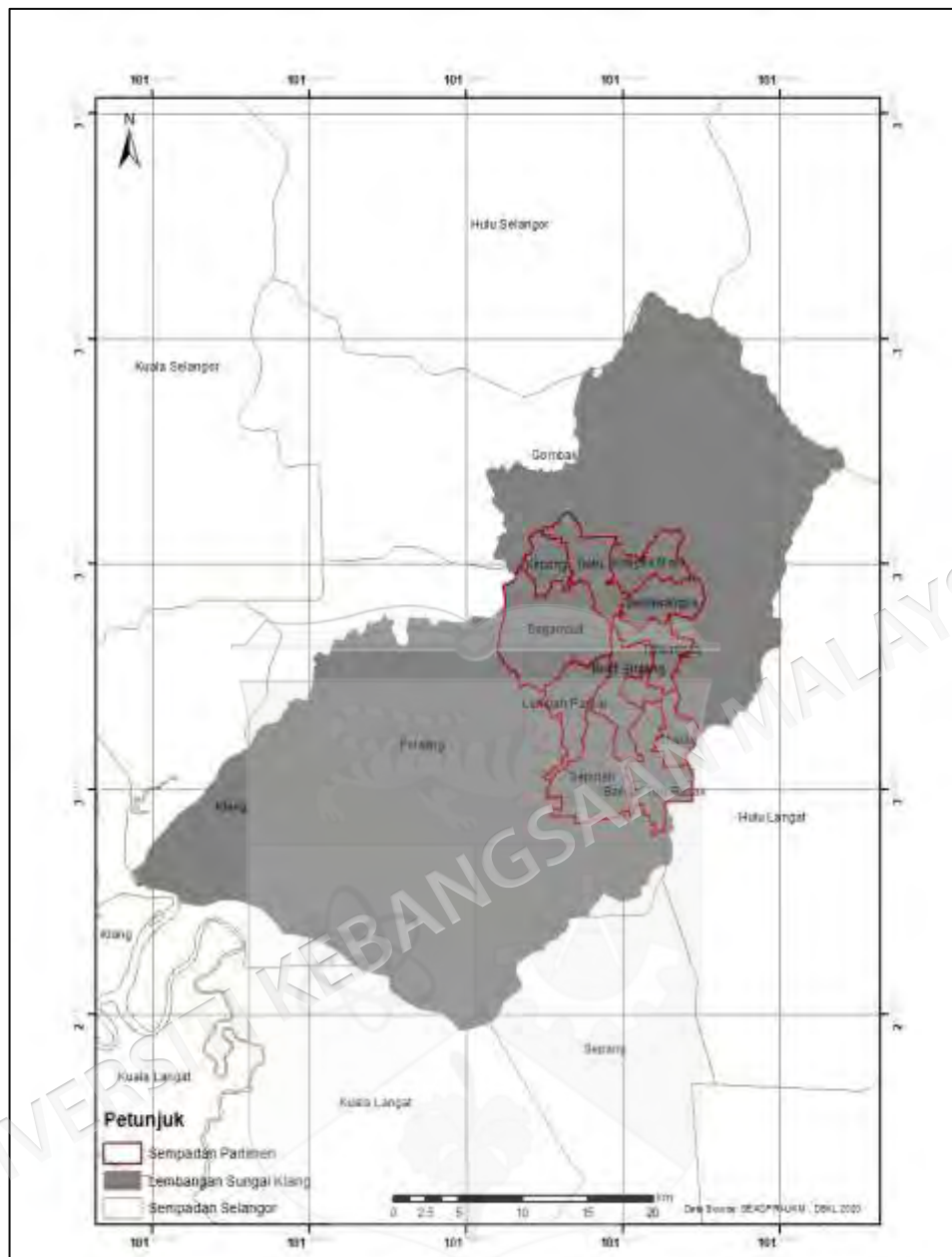
- i. Dimanakah kawasan banjir dan pelbagai unsur yang terdedah di Kuala Lumpur?
- ii. Adakah terdapat pangkalan data skala tempatan berkenaan kejadian banjir, lokasi infrastruktur kritikal dan keberadaan penduduk mudah terancam di Kuala Lumpur?
- iii. Adakah teknologi GIS dapat membantu membuat unjuran keterdedahan infrastruktur kritikal dan kemudahterancaman penduduk terhadap banjir di Kuala Lumpur?

1.4 OBJEKTIF KAJIAN

- i. Menyediakan maklumat asas berkenaan kejadian banjir dan pelbagai unsur yang terdedah di Kuala Lumpur.
- ii. Membina pangkalan data bagi pemetaan kejadian banjir, lokasi infrastruktur kritikal dan penduduk mudah terancam di Kuala Lumpur, dan
- iii. Membangunkan model spatial bagi kerentanan dan unjuran senario terburuk bagi keterdedahan infrastruktur kritikal dan kemudahterancaman penduduk terhadap banjir di Kuala Lumpur.

1.5 KAWASAN KAJIAN

Kuala Lumpur ialah ibu negara Malaysia. Ia terletak di dalam Lembangan Sungai Klang mempunyai anggaran penduduk sebanyak 6.2 juta orang pada tahun 2012, meningkat kepada 8 juta orang pada tahun 2018, dan seterusnya menjadi 8.4 juta orang pada tahun 2022. Kuala Lumpur di bawah pentadbiran pihak berkuasa tempatan Dewan Bandaraya Kuala Lumpur (DBKL) merangkumi kawasan seluas 244 km². Ini memberikan kepadatan penduduk bandar dengan ketumpatan penduduk yang sangat tinggi iaitu 17,310 orang per meter padu atau 6,890 per km². Sempadan sains bagi Kuala Lumpur menggunakan pendekatan lembangan sungai iaitu Lembangan Sungai Klang. Rajah 1.1 menunjukkan lokasi Kuala Lumpur di dalam Lembangan Sungai Klang.



Rajah 1.1 Lokasi Kuala Lumpur di dalam Lembangan Sungai Klang

Sumber: SEADPRI-UKM 2024

Lembangan Sungai Klang berkeluasan 1,288 km², dan kawasan yang paling pesat membangun di Malaysia. Ia merangkumi sembilan Pihak Berkuasa Tempatan (PBT) dan sering menghadapi masalah degradasi alam sekitar yang serius dan banjir yang disebabkan oleh aktiviti pembandaran, perindustrian, dan pertumbuhan penduduk yang pesat. Lebih separuh daripada lembangan telah menjadi bandar, dan kadar pembangunan bandar yang berterusan ini berlaku di dataran yang terdedah kepada bencana banjir (Asian Development Bank 2017).

Sempadan sains ditentukan berdasarkan data atau kajian saintifik. Ia biasanya menggunakan kriteria semula jadi seperti bentuk muka bumi (topografi), jenis tanah, saliran, litupan tumbuhan, atau ekosistem. Garis sempadan sains yang digunakan berdasarkan lembangan sungai iaitu Lembangan Sungai Klang. Manakala sempadan pentadbiran adalah sempadan yang ditetapkan oleh pihak berkuasa atau kerajaan untuk tujuan pengurusan, pentadbiran, dan penguatkuasaan undang-undang.

Terdapat tiga jenis sempadan pentadbiran di Kuala Lumpur iaitu sempadan parlimen, sempadan mukim dan sempadan strategik. Sempadan parlimen adalah berdasarkan 11 kawasan parlimen iaitu Kepong, Batu, Wangsa Maju, Segambut, Setiawangsa, Titiwangsa, Bukit Bintang, Lembah Pantai, Seputeh, Cheras dan Bandar Tun Razak. Sempadan mukim terdiri daripada mukim Batu, mukim Setapak, mukim Hulu Kelang, mukim Bandar Kuala Lumpur, mukim Ampang, mukim Kuala Lumpur, mukim Petaling, mukim Cheras dan mukim Bandar Petaling Jaya. DBKL menggunakan sempadan strategik untuk tujuan pentadbiran dan sempadan ini ialah Sentul Manjalara, Wangsa Maju Maluri, Pusat Bandaraya, Damansara Penchala, Bukit Jalil Seputeh dan Bandar Tun Razak Sungai Besi.

Kuala Lumpur telah mengalami banjir besar sejak tahun 1920-an lagi. Kejadian banjir pada tahun 1971 adalah yang terburuk pernah direkodkan dalam sejarah Malaysia. Ia berlaku pada bulan Januari 1971 disebabkan oleh musim hujan lebat monsun yang menyebabkan Sungai Klang, Sungai Batu dan Sungai Gombak melimpah. Banjir tersebut menyebabkan 32 orang terbunuh dan lebih 180,000 orang terjejas. Kejadian banjir pada bulan Mac 2012, menyebabkan sebanyak 150 buah rumah di Kampung Belacan dinaiki air setinggi 2 meter.

Pada November 2015 sekali lagi hujan lebat menyebabkan banjir kilat di Kampung Datuk Keramat, Jalan Semarak, Jalan Sentul, Jalan Kampung Pandan, Jalan Ampang, Jalan Tun Razak, Lebuhraya Sultan Iskandar, Jalan Sultan Azlan Shah, Jalan Pahang, Jalan Gombak dan Jalan Genting Klang. Dari tahun 2020 sehingga tahun 2022 kawasan-kawasan yang sering berlaku banjir masih lagi sama iaitu Masjid Jamek, Jalan Ampang, Jalan Raja Laut, Jalan Chan Sow Lin dan Jalan Kuching.

1.5.1 Asas Pemilihan

Kuala Lumpur dipilih sebagai kawasan kajian atas beberapa sebab salah satunya ialah kerana isu kejadian banjir kilat yang sering berulang. Bandar ini sangat terdedah kepada banjir kerana terletak berdekatan dengan sungai-sungai utama, iaitu Sungai Gombak dan Sungai Klang, yang sering mengalami banjir jika berlaku hujan lebat di kawasan bandar. Rekod menunjukkan sejarah banjir yang signifikan di Kuala Lumpur, dengan 289 kejadian banjir direkodkan daripada 1977 sehingga tahun 2020. Terbaharu, bagi tempoh 2021 hingga 2022 sahaja, sebanyak 60 kejadian banjir direkodkan di bandar raya ini. Kawasan yang sering dilanda banjir termasuk Kampung Baru dan Kampung Pantai Dalam, masing-masing mengalami pelbagai kejadian sejak 1980-an. Lokasi lain yang turut terjejas termasuk Kampung Datuk Keramat, Jalan Semarak, Jalan Sentul, Jalan Kampung Pandan, Jalan Ampang, Jalan Tun Razak dan Lebuhraya Sultan Iskandar.

Perbandaran Kuala Lumpur yang pesat telah mengubahnya menjadi hutan konkrit, ini memburukkan lagi risiko banjir. Penyelidikan daripada pelbagai universiti dan institusi mengaitkan banjir ini dengan permukaan yang tidak telap air yang menghalang penyerapan air ke dalam tanah, terutamanya di kawasan bersebelahan dengan sungai (Noordin et al. 2007). Banjir kilat, yang disifatkan oleh kenaikan mendadak dan penurunan paras air yang cepat, adalah perkara biasa di Kuala Lumpur, sering dicetuskan oleh ribut tempatan yang kuat. Walaupun biasanya cetek (sehingga 100 mm), kadang-kadang ia boleh mencapai kedalaman sehingga 2 meter dalam masa sejam lalu mengganggu aktiviti harian dengan ketara (Ros et al. 2019).

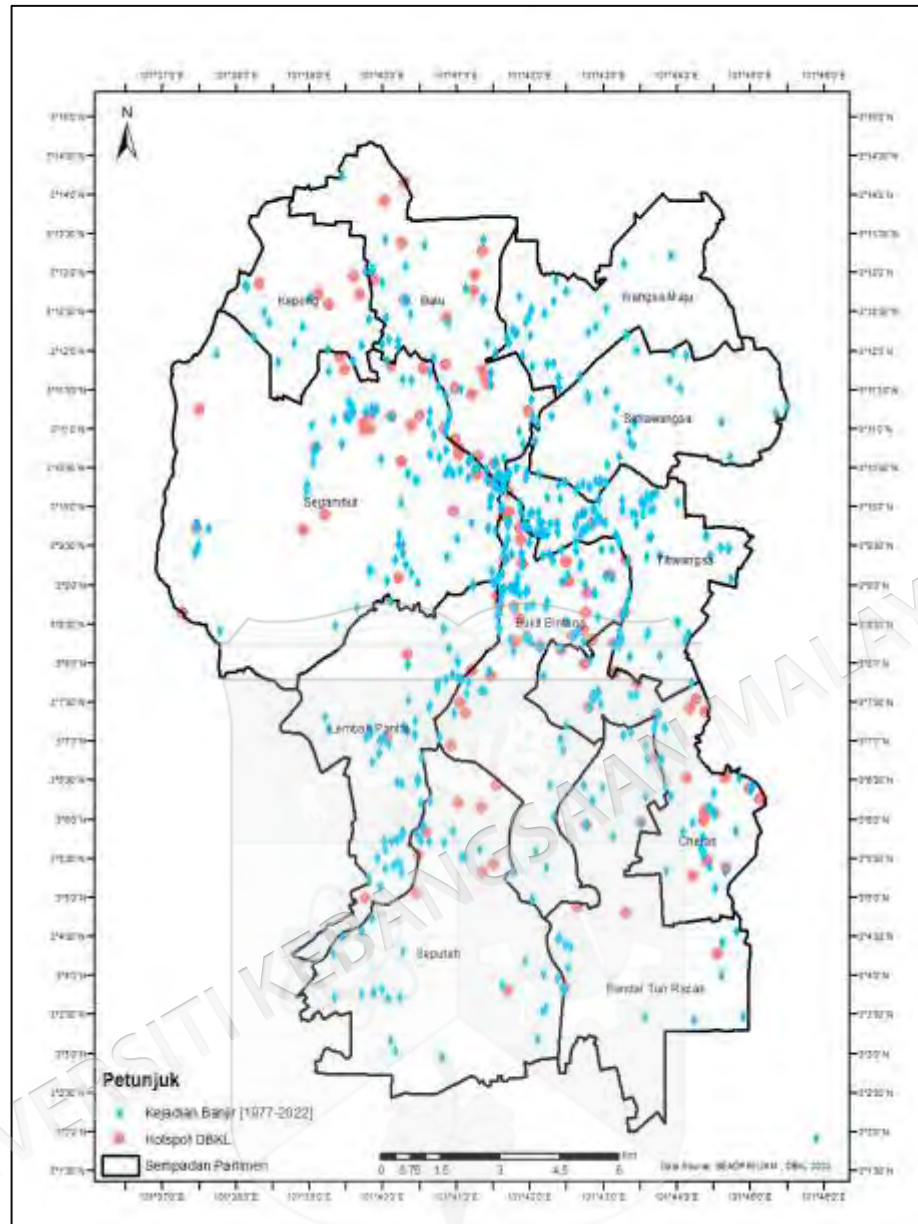
Kesan banjir kilat melangkaui kesulitan, menimbulkan risiko besar kepada orang awam yang berada di dalam kenderaan dan di kawasan bawah tanah (Sene 2012). Kerosakan harta benda menjadi tumpuan utama kerana rumah, kenderaan dan kemudahan awam sering terjejas ketika musim tengkujuh (Muhammad Yusoff & Thomas 2021). Selain itu, banjir kilat menyumbang kepada kesesakan lalu lintas kerana ia cenderung berlaku di awal pagi, ketika warga kota berpusu-pusu ke tempat kerja dan pada waktu petang ketika warga kota pulang daripada kerja, ini menambahkan lagi cabaran kepada pengurusan bandar.

Kuala Lumpur mempunyai kepadatan penduduk yang tinggi serta menempatkan banyak infrastruktur penting (hospital, pusat beli-belah, institusi kerajaan). Oleh itu, kesan banjir kilat di bandar ini lebih ketara daripada segi ekonomi dan sosial. Beberapa kejadian banjir kilat telah melumpuhkan laluan utama dan sistem pengangkutan awam di pusat bandar dalam masa kurang dari 2 jam selepas hujan lebat.

Kuala Lumpur bercita-cita untuk menjadi sebuah bandar raya bertaraf dunia, maka adalah amat penting untuk memastikan infrastruktur yang berdaya tahan, pengurusan bandar yang berkesan, dan amalan pembangunan mampan. Usaha ini penting bagi memenuhi harapan penduduk, pekerja, pelawat dan pelabur, walaupun berdepan cabaran bahaya alam seperti banjir kilat (DBKL 2017a).

Rajah 1.2 menunjukkan lokasi hotspot (titik merah) dan kejadian banjir (titik biru) di Kuala Lumpur dari tahun 1977 hingga tahun 2022. Berdasarkan Rajah 1.2 dapat dilihat bahawa kawasan hotspot dan kejadian banjir makin meningkat tahun demi tahun. Oleh itu, kajian perlu dilakukan bagi mengenal pasti punca kejadian banjir dan langkah-langkah untuk mengatasinya.

Kajian ini penting bagi memberikan pemahaman yang lebih mendalam mengenai punca-punca utama kejadian banjir di Kuala Lumpur, khususnya dalam konteks pembangunan pesat dan perubahan guna tanah. Penemuan kajian ini dapat membantu pihak berkuasa tempatan, seperti Dewan Bandaraya Kuala Lumpur (DBKL) dan Jabatan Pengairan dan Saliran (JPS), dalam merancang strategi mitigasi yang lebih berkesan untuk mengurangkan risiko dan impak banjir pada masa hadapan.



Rajah 1.2 Lokasi hotspot (titik merah) dan kejadian banjir (titik biru) di Kuala Lumpur dari tahun 1977-2022

Sumber : SEADPRI-UKM 2024.DBKL 2020

1.5.2 Lembangan Sungai Klang

a. Sejarah Sungai Klang

Asal usul nama Klang adalah dari bahasa ‘Mon-Khymer’ iaitu ‘Klong’. ‘Klong’ juga bermaksud gudang, terusan dan jalan air yang mana menjadi satu simbolik kepada pelabuhan terpenting ketika itu. Sungai Klang yang mengalir di tengah-tengah Bandar Klang memisahkan Bandar Klang kepada 2 bahagian iaitu Klang Utara dan Klang

Selatan. Sehingga abad ke-19, bijih timah dilombong di Sungai Klang dan pada tahun 1818 ia merupakan kawasan perlombongan utama yang memperoleh hasil bijih timah sebanyak 2,000 pikul setahun.

Sungai Klang merupakan nadi kepada pembangunan dan perkembangan Bandar Klang yang mana muara sungai menjadi pintu keluar masuk utama kawasan Lembah Klang kepada pedagang asing. Oleh itu sejak awal lagi Sungai Klang merupakan pemangkin pembangunan Negeri Selangor dan peranan serta kepentingannya akan memberi impak yang tinggi kepada pembangunan hartanah dan Negeri Selangor keseluruhannya pada masa akan datang (Rahman 2009).

b. Lembangan Sungai Klang

Lembangan Sungai Klang merupakan lembangan ke-4 terbesar selepas Lembangan Sungai Langat, Lembangan Sungai Selangor dan Lembangan Sungai Bernam. Jajaran Sungai Klang adalah lebih kurang 120 km iaitu 80 km di dalam Negeri Selangor dan 40 km di dalam kawasan Dewan Bandaraya Kuala Lumpur. Anggaran keluasan keseluruhan Lembangan Sungai Klang meliputi 1,290 km persegi.

Terdapat tiga empangan dan 13 buah anak sungai di dalam Lembangan Sungai Klang seperti yang disenaraikan di dalam Jadual 1.1 & Jadual 1.2.

Jadual 1.1 Tiga empangan utama di dalam lembangan Sungai Klang,

Bil	Empangan	Kapasiti (mg)	Kawasan Tadahan (hek)
1	Klang Gate	7043.00	7560.00
2	Batu	6704.85	5059.00
3	Tasik Subang	777.00	1700.00

Sumber : Lembaga Urus Air Selangor (LUAS)

Jadual 1.2 Anak sungai di dalam Lembangan Sungai Klang

Bil	Anak-anak Sungai	PBT	Panjang Sungai (km)
1	Sungai Ampang	MPAJ	18.25
2	Sungai Gombak	MPAJ	30.5
3	Sungai Batu	MPAJ	25.25
4	Sungai Penchala	MBPJ	11.12
5	Sungai Kayu Ara	MBPJ	TM
6	Sungai Kuyoh	MPSJ	7.5
7	Sungai Bohol	MPSJ	TM
8	Sungai Damansara	MBSA	20.75
			bersambung...

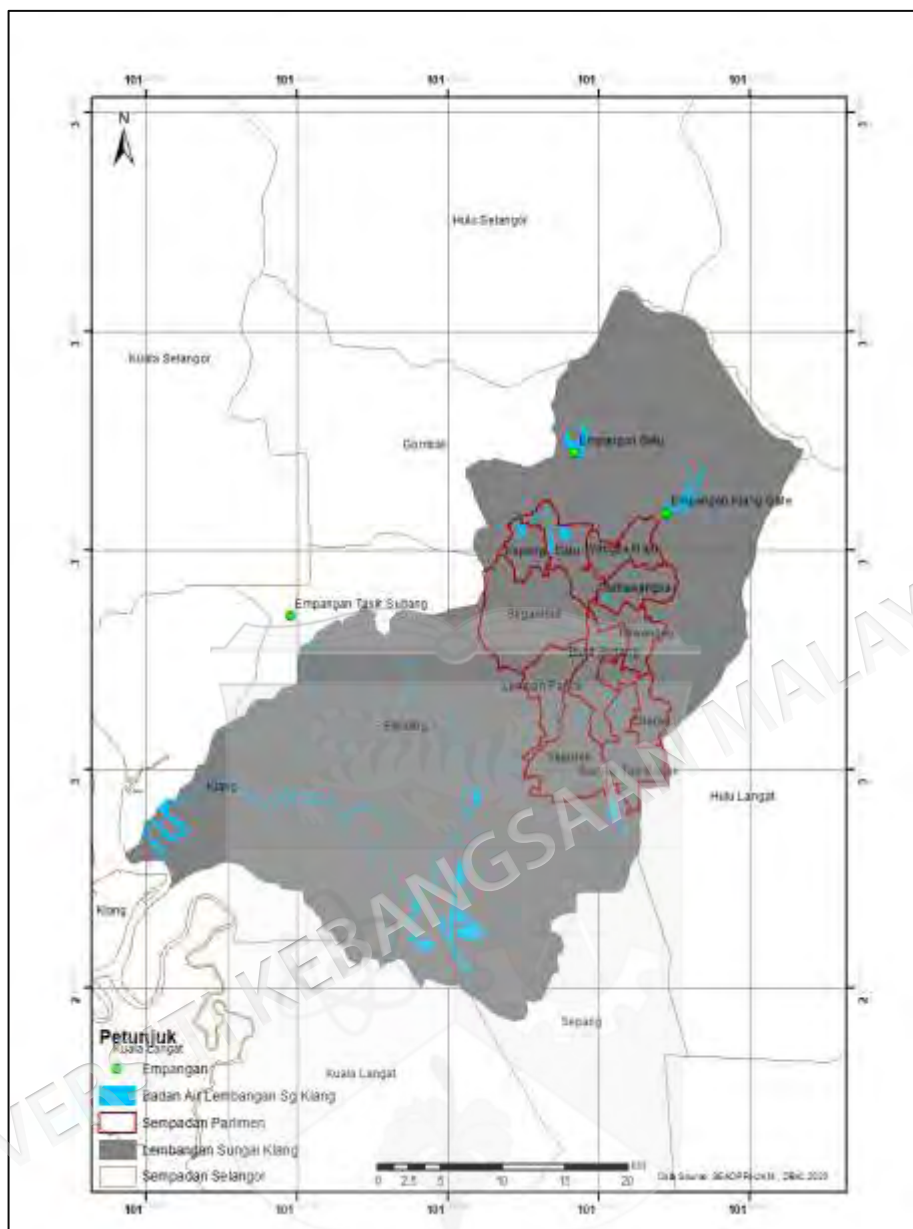
...sambungan			
9	Sungai Renggam	MBSA	TM
10	Sungai Rasa	MPK	TM
11	Sungai Kerayong	DBKL	12.5
12	Sungai Jinjang	DBKL	TM
13	Sungai Keroh	DBKL	TM

Nota: TM (Tiada Maklumat)

Sumber : Lembaga Urus Air Selangor (LUAS)

c. Sungai Klang

Sungai Klang yang bermula dari Hutan Simpan Ulu Gombak mengunjur hingga ke muara Sungai Klang mempunyai kelebaran maksimum di muara lebih kurang 300 meter dan purata kelebaran ialah 50 meter hingga 100 meter. Jajaran Sungai Klang melalui lima buah kawasan pentadbiran. Ini merangkumi beberapa Pihak Berkuasa Tempatan di Negeri Selangor dan juga Dewan Bandaraya Kuala Lumpur. Rajah 1.3 menunjukkan empangan yang menjadi sumber air di Lembangan Sungai Klang manakala Rajah 1.4 ialah lokasi Sungai Klang dan sungai-sungai yang bersambung dengannya yang merentasi Lembangan Sungai Klang. Jajaran Sungai Klang yang merentasi lima PBT di negeri Selangor dan DBKL ditunjukkan di dalam Jadual 1.3. Seterusnya Rajah 1.5 menunjukkan sempadan Kuala Lumpur, Lembah Klang dan Lembangan Sungai Klang.



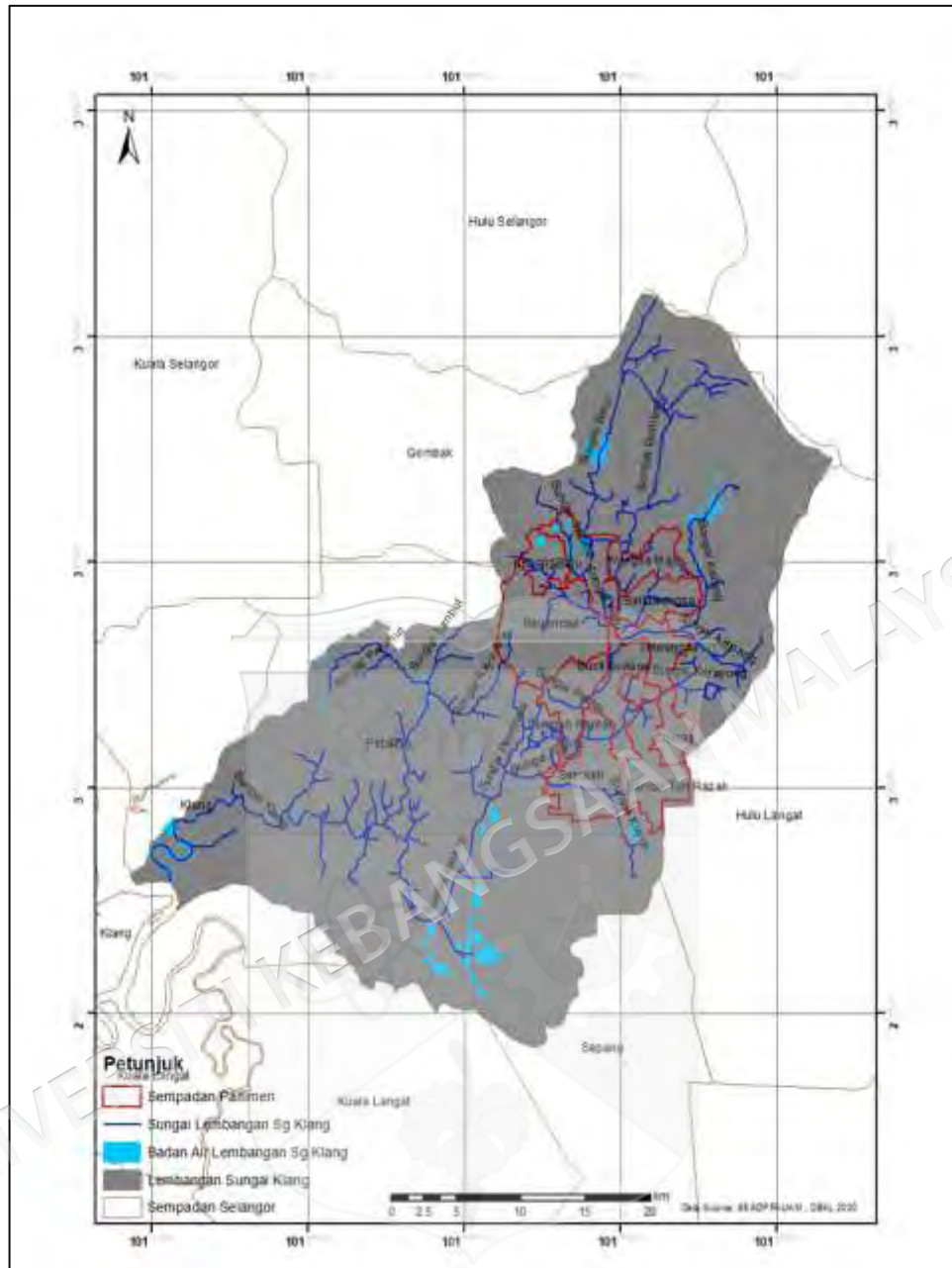
Rajah 1.3 Empangan-empangan utama dan badan air di dalam Lembangan Sungai Klang

Sumber : SEADPRI-UKM 2024

Jadual 1.3 Jajaran Sungai Klang yang merentasi lima PBT di negeri Selangor dan DBKL

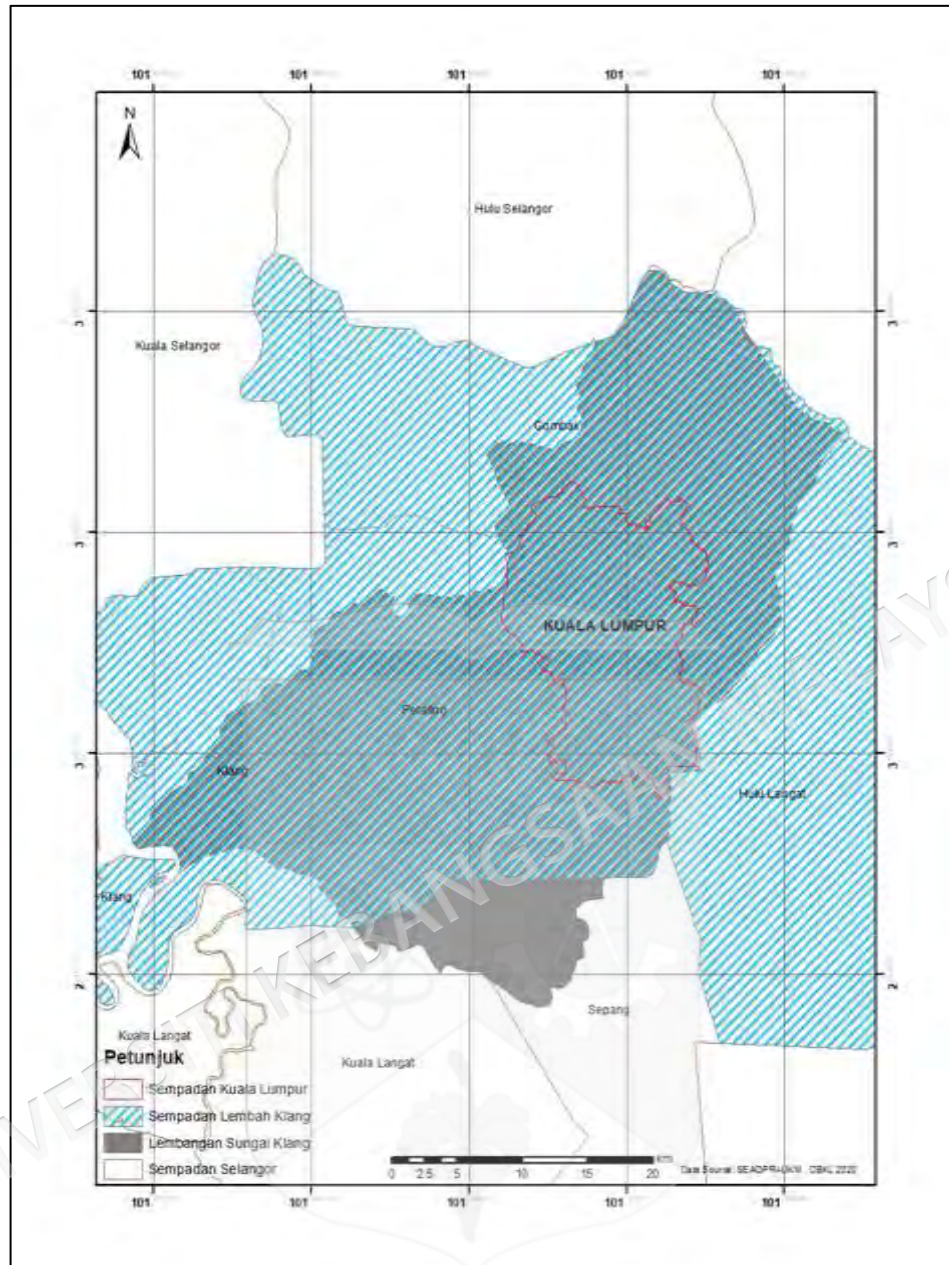
	Pihak Berkuasa Tempatan	Panjang (km)
1	Majlis Perbandaran Klang (MPK)	21
2	Majlis Bandaraya Shah Alam (MBSA)	20
3	Majlis Perbandaran Subang Jaya (MPSJ)	9
4	Majlis Bandaraya Petaling Jaya (MBPJ)	6
5	Majlis Perbandaran Ampang Jaya (MPAJ)	24
6	Dewan Bandaraya Kuala Lumpur (DBKL)	40
	Jumlah	120

Sumber: JPBD Selangor 2008



Rajah 1.4 Sungai Klang dan sungai-sungai yang bersambung dengannya yang merentasi Lembangan Sungai Klang

Sumber : SEADPRI-UKM 2024



Rajah 1.5 Sempadan Kuala Lumpur, Lembah Klang dan Lembangan Sungai Klang

Sumber : SEADPRI-UKM 2024

Wilayah Lembah Klang merangkumi Wilayah Persekutuan Kuala Lumpur, Daerah Petaling, Daerah Klang, Daerah Gombak dan Daerah Hulu Langat. Ia merupakan pusat pentadbiran, ekonomi dan juga kewangan negara. Lembah Klang juga merupakan salah satu kawasan yang paling maju di Malaysia. Wilayah ini meliputi kawasan seluas kira-kira 2,832 kilometer persegi dan terletak kira-kira di bahagian tengah pantai barat Semenanjung Malaysia (Mohamad 2021).

Wilayah ini merangkumi beberapa pusat bandar utama iaitu metropolis Kuala Lumpur (ibu negara Malaysia), Petaling Jaya, Shah Alam, Subang Jaya, Klang dan Ampang Jaya. Ia bersempadan dengan daerah Sepang dan Kuala Langat yang menjadi kawasan pertumbuhan baru di Malaysia kerana pembangunan projek mega di Koridor Raya Multimedia (MSC), KLIA, Putrajaya, dan bandar lain. Bagi tujuan pentadbiran, Lembah Klang telah dikelolakan kepada lapan pihak berkuasa tempatan (PBT), iaitu Majlis Perbandaran Kajang (MPKj), Majlis Perbandaran Ampang Jaya (MPAJ), Majlis Perbandaran Selayang (MPS), Bandaraya Shah Alam (MBSA), Bandaraya Petaling Jaya (MBPJ), Majlis Perbandaran Subang Jaya (MPSJ) dan Majlis Perbandaran Klang (MPK) (Rashid 2017). Ini dapat dilihat dalam Jadual 1.4: Perkembangan penduduk bandar utama di Lembah Klang dari tahun 1991-2010 di bawah.

Jadual 1.4 Perkembangan penduduk bandar utama di Lembah Klang dari tahun 1991-2010

Pihak Berkuasa Tempatan (PBT)	Penduduk 1991 ('000)	Penduduk 2000 ('000)	Penduduk 2010 ('000)
W.P. Kuala Lumpur (DBKL)	1,297.5	1,297.5	1,723
Klang (MP Klang)	368.4	631.7	747
Petaling Jaya (MBPJ)	556.0	704.5	577
Subang Jaya (MPSJ)	290.9	423.3	583
Ampang Jaya (MPAJ)	479.0	543.8	142
Shah Alam (MBSA)	350.6	485.3	528
Selayang (MPS)	154.2	187.7	559
Putrajaya (PPj)	—	—	89
Sepang (MD Sepang)	—	—	82

Sumber: Jabatan Perangkaan Malaysia. 2001. Banci Penduduk dan Perumahan Malaysia 2000; Laporan Khas Penempatan Kawasan Bandar dan Luar Bandar. Putrajaya; Jabatan Perangkaan Malaysia; Jabatan Perangkaan Malaysia. 2001. Banci Penduduk dan Perumahan Malaysia 2000; Taburan Penduduk Mengikut Pihak Berkuasa Tempatan dan Mukim. Putrajaya; Jabatan Perangkaan Malaysia; Jabatan Perangkaan Malaysia. 2010. Banci Penduduk dan Perumahan Malaysia 2010. Putrajaya; Jabatan Perangkaan Malaysia.

Data bancian di dalam Jadual 1.4 menunjukkan pertumbuhan penduduk yang ketara di kawasan bandar raya dan bandar utama Lembah Klang dari tahun 1991 hingga 2010. Kuala Lumpur kekal mencatat jumlah penduduk tertinggi iaitu 1.297 juta pada 1991 dan 2000, sebelum meningkat kepada 1.723 juta pada 2010. Beberapa kawasan lain seperti Klang, Petaling Jaya, Subang Jaya dan Shah Alam turut menunjukkan peningkatan jumlah penduduk yang konsisten sepanjang tempoh tersebut. Sebagai contoh, penduduk Klang meningkat daripada 368 ribu pada 1991 kepada 631 ribu pada 2000, dan seterusnya 747 ribu pada 2010. Keadaan ini memperlihatkan pola urbanisasi pesat di bandar-bandar utama sekitar Kuala Lumpur.

Walau bagaimanapun, terdapat juga variasi pola pertumbuhan mengikut kawasan. Petaling Jaya dan Selayang, misalnya, menunjukkan pertambahan penduduk sederhana dengan sedikit penurunan selepas tahun 2000. Ampang Jaya pula merekodkan populasi 479 ribu pada 1991 dan meningkat kepada 543 ribu pada 2000, tetapi menurun drastik kepada 142 ribu pada 2010, kemungkinan disebabkan perubahan sempadan pentadbiran atau pengasingan kawasan tertentu. Selain itu, kawasan baharu seperti Putrajaya dan Sepang mula direkodkan pada tahun 2010 dengan jumlah penduduk masing-masing 89 ribu dan 82 ribu. Perubahan ini menggambarkan dinamika pembangunan wilayah di Lembah Klang yang dipengaruhi faktor migrasi, peluasan bandar baharu, serta penyesuaian sempadan pentadbiran.

Menurut laporan *Current Population Estimates 2024* oleh Jabatan Perangkaan Malaysia (DOSM), anggaran populasi Malaysia ialah 34.1 juta orang, dengan negeri Selangor mencatat bahagian penduduk tertinggi iaitu sekitar 21.6% daripada jumlah tersebut (Jabatan Perangkaan Malaysia, 2024). Dalam konteks Lembah Klang atau *Greater Kuala Lumpur* yang merangkumi Kuala Lumpur, sebahagian besar Selangor dan Putrajaya, anggaran populasi pada tahun 2024 telah mencecah kira-kira 8.8 juta orang, mencerminkan pertumbuhan pesat kawasan metropolitan ini serta cabaran besar dari segi perancangan bandar dan penyediaan infrastruktur.

1.6 SKOP KAJIAN

Kajian ini memerlukan sejumlah data teknikal dari pelbagai disiplin dan daripada pelbagai sumber. Namun, wujud limitasi dalam mendapatkan data-data tersebut untuk kajian ini disebabkan oleh beberapa faktor seperti kekurangan data semasa, data yang diperlukan merupakan data terkawal, data yang diterima tidak lengkap (mempunyai tahun sahaja, tiada tarikh kejadian dan maklumat ketinggian aras air yang naik dan lokasi atau koordinat yang tepat) atau data adalah terhad (tidak boleh dikongsi kepada umum).

Kajian ini menghadapi beberapa kekangan utama berkaitan ketersediaan dan keseragaman data. Pertama, tiada set data yang tersedia dalam format yang boleh terus digunakan untuk pemprosesan GIS, justeru memerlukan pemprosesan awal data mentah daripada bentuk bukan spatial (teks). Kedua, terdapat ketidakseragaman format data

antara jabatan dan agensi yang terlibat, yang menyukarkan proses penggabungan maklumat. Selain itu, maklumat berkaitan lokasi kejadian banjir sering kali tidak disertakan dengan koordinat geografi yang tepat, sekali gus menyulitkan penentuan lokasi secara spesifik. Data yang diperoleh daripada laporan media juga menimbulkan cabaran dari segi ketepatan lokasi yang dilaporkan dan memerlukan proses verifikasi silang dengan sumber rasmi. Tambahan pula, tidak semua kejadian banjir dilaporkan oleh media, menyebabkan kemungkinan terdapat kejadian yang tidak direkodkan dalam pangkalan data kajian

Oleh yang demikian, kajian ini mengguna pakai data yang sedia ada yang diperoleh dari jabatan-jabatan kerajaan seperti JPS, MetMalaysia & DBKL) dan yang telah dikumpul oleh SEADPRI-UKM sendiri serta menjana beberapa data lain dari sumber terbuka melalui kaedah GIS. Limitasi data banjir, limitasi maklumat keterdedahan, limitasi maklumat kemudahterancaman dan kejituan data diterangkan di dalam Jadual 1.5 di bawah.

Jadual 1.5 Keterangan limitasi data banjir, limitasi maklumat keterdedahan, limitasi maklumat kemudahterancaman dan kejituan data

Limitasi	Keterangan
Limitasi Data Banjir	Maklumat data banjir diperoleh daripada pelbagai sumber iaitu daripada jabatan-jabatan kerajaan dan daripada sumber terbuka. Terdapat maklumat kejadian banjir yang tidak lengkap (mempunyai tahun sahaja, tiada tarikh kejadian dan maklumat ketinggian aras air yang naik dan lokasi yang tepat). Oleh itu, carian semula maklumat kejadian dilakukan dengan mencari dari sumber terbuka (artikel dan surat khabar serta laman-laman web berita).
Limitasi Maklumat Keterdedahan	Maklumat keterdedahan merujuk kepada keterdedahan infrastruktur kritikal terhadap bahaya bencana banjir. Senarai-senarai bagi hospital, sekolah, balai bomba, balai polis dan lain-lain (tapak pelupusan sampah, bekas tapak pelupusan sampah, pusat pemindahan, stesen TNB dan pusat rawatan air) diperoleh daripada laman-laman web jabatan terbabit dan carian di <i>Google</i> .
Limitasi Maklumat Kemudah terancaman	Maklumat kemudahterancaman merujuk kepada penduduk mudah terancam iaitu penduduk miskin bandar (e-kasih) dan gelandangan yang terdapat di dalam kawasan pentadbiran DBKL. Data penduduk miskin bandar adalah data terhad (tidak boleh disebarkan kepada umum) dan data gelandangan yang digunakan ialah lokasi pusat-pusat transit gelandangan di Kuala Lumpur dengan mengambil kira bahawa gelandangan akan berada di sekitar pusat-pusat tersebut kerana lokasi sebenar di mana gelandangan berada tidak dapat dikenal pasti kerana golongan ini tidak menetap di satu kawasan yang tetap.
Kejituan Data	Analisis perlu dijalankan menggunakan data yang jitu untuk mendapat hasil yang lebih tepat. Namun, data yang diperoleh tidak mempunyai kejituan yang tinggi. Contohnya lokasi kejadian banjir yang diperoleh daripada laporan akhbar tidak menunjukkan lokasi sebenar kejadian.
Kejituan Data	Analisis perlu dijalankan menggunakan data yang jitu untuk mendapat hasil yang lebih tepat. Namun, data yang diperoleh tidak mempunyai kejituan yang tinggi. Contohnya lokasi kejadian banjir yang diperoleh daripada laporan akhbar tidak menunjukkan lokasi sebenar kejadian.

1.7 KEPENTINGAN KAJIAN

Kajian ini meneliti keterdedahan struktur awam, iaitu infrastruktur kritikal yang mempunyai fungsi penting dari segi ekonomi masyarakat, kesihatan, keperluan asas, keselamatan awam, dan keselamatan negara. Jika fungsinya terjejas, infrastruktur kritikal ini tidak dapat memainkan peranannya, yang membawa kepada ketidakupayaan atau kemusnahan serta memberi kesan melemahkan ke atas keselamatan sosial, keselamatan ekonomi negara, kesihatan, dan keselamatan awam negara ketika bencana.

Penempatan golongan miskin bandar dan gelandangan, yang merupakan kumpulan rentan atau golongan yang mudah terancam, juga diambil kira dalam kajian ini. Mereka mudah terdedah kepada bencana kerana tidak mempunyai sumber kewangan yang stabil untuk bangkit semula dan mengambil langkah-langkah konservasi seperti mendapatkan perlindungan insurans. Bencana dijangkakan akan meningkatkan status kemiskinan kerana mereka tidak mempunyai keupayaan kewangan untuk bertindak balas dan pulih dengan cepat, yang akan meletakkan tekanan tambahan kepada status kemiskinan mereka.

Diharapkan hasil kajian ini dapat memberikan gambaran yang lebih jelas mengenai senario terburuk melalui unjuran teknologi geospasial dan pembelajaran mesin, supaya keadaan ketika bencana berlaku dapat dipaparkan dengan lebih jelas. Oleh itu, kawasan-kawasan yang akan terjejas boleh dikenal pasti terlebih dahulu, dan seterusnya langkah-langkah mitigasi boleh diambil lebih awal.

Dapatan kajian ini diharapkan dapat membantu pihak berkuasa tempatan dalam merangka langkah-langkah susulan bagi mengelakkan keadaan menjadi lebih buruk sebelum dan semasa bencana serta meningkatkan tahap kerentanan sesebuah bandar kepada bencana. Sekali gus mengurangkan kesan dan risiko banjir kilat serta membantu pihak berkuasa tempatan khususnya pihak DBKL dalam proses membuat keputusan dan perancangan bandar.

1.8 MENGENAI TESIS

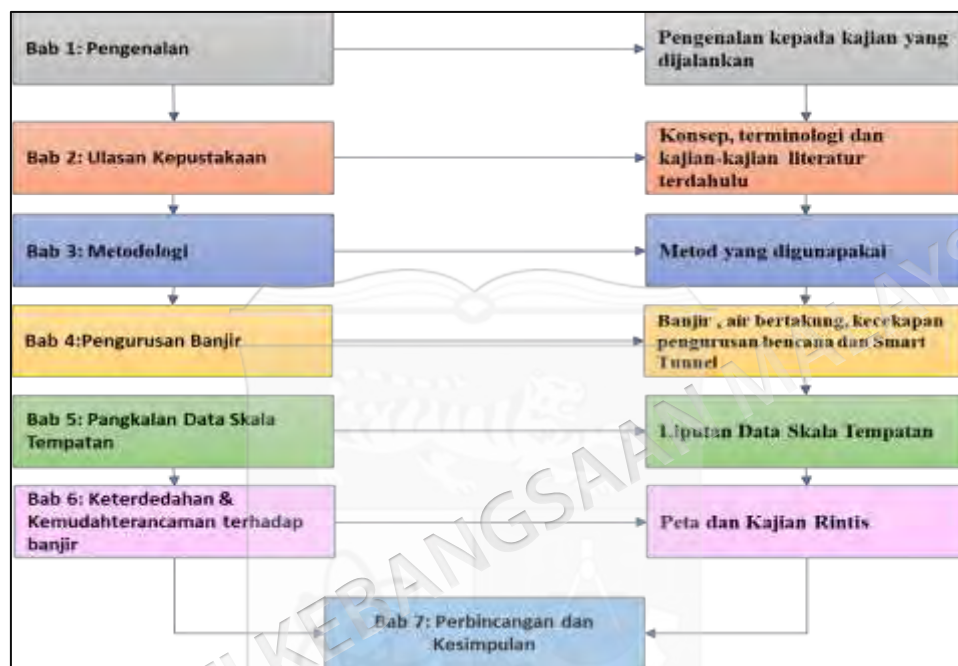
Bab 1 memberikan gambaran awal tentang kajian yang dijalankan. Ia melibatkan latar belakang kajian, pemilihan kawasan kajian, isu atau masalah yang ingin dikaji, objektif kajian, persoalan kajian, objektif, kepentingan dan skop kajian. Ia memberi pemahaman awal mengenai tujuan dan hala tuju penyelidikan ini. Bab 2 iaitu ulasan kepustakaan meninjau kajian-kajian lepas yang berkaitan dan melibatkan konsep, terminologi, teori serta kajian terdahulu yang dijadikan sebagai rujukan. Tujuan bab ini ialah untuk memberi asas teori dan menyokong rasional kajian serta mencari jurang kajian.

Bab 3 berkenaan metodologi iaitu menghuraikan kaedah penyelidikan yang digunakan, seperti reka bentuk kajian, teknik pengumpulan data, teknik analisis data dan justifikasi pemilihan kaedah. Tujuan bab ini ialah untuk menjelaskan bagaimana kajian dijalankan secara sistematik. Metodologi yang digunakan untuk kajian iaitu analisis kandungan, analisis spatial dan analisis spatial lanjutan akan diterangkan dengan lebih terperinci di dalam bab ini. Bab 4 berkaitan dengan pengurusan banjir dan memberi fokus kepada kejadian banjir dan air bertakung, kawasan risiko banjir, kecekapan pengurusan bencana banjir, termasuk peranan agensi berkaitan dan unsur-unsur yang terdedah.

Bab 5 pula berkaitan pangkalan data bencana yang membincangkan mengenai liputan data bencana banjir, liputan data infrastruktur kritikal dan liputan data penduduk mudah terancam pada skala tempatan. Bab ini menunjukkan bagaimana data berskala tempatan digunakan untuk menyokong kajian. Sumber data ialah daripada sumber terbuka bagi kejadian banjir dan infrastruktur kritikal manakala bagi data penduduk mudah terancam diperolehi daripada ICU JPM. Bagi kejadian banjir data kejadian diperolehi daripada laporan banjir tahunan JPS dan laporan akhbar. Data infrastruktur kritikal pula diperolehi daripada laman web rasmi kerajaan dan agensi swasta. Data yang diperolehi adalah dalam bentuk senarai iaitu teks yang kemudiannya ditukar ke dalam bentuk spatial.

Seterusnya Bab 6 membincangkan mengenai keterdedahan dan kemudahterancaman terhadap banjir serta kajian rintis kejadian banjir pada 18 dan 19 Disember 2021. Bab ini menilai tahap kerentanan komuniti terhadap banjir, meliputi

keterdedahan fizikal, kerentanan sosial, hasil pemetaan risiko dan kajian rintis. Akhir sekali, Bab 7 adalah di mana dirumuskan dapatan kajian dan membuat perbincangan kritikal hasil kajian, hubungan antara dapatan dan objektif kajian, cadangan untuk penambahbaikan dasar atau tindakan masa depan serta kesimpulan. Perkaitan bagi setiap bab yang terdapat dalam kajian ini dibentuk seperti Rajah 1.7 di bawah.



Rajah 1.6 Kaitan bagi setiap bab yang terdapat dalam kajian ini

RUJUKAN

- Ab Rani, N.Z.A., Ghazali, R. & Ismail, M.K. 2022. Faktor kemudahterancaman multidimensi bagi kumpulan B40 di wilayah Kelantan selatan. *Kajian Malaysia*, 40(1), 157–178.
- Abdul Rahman, A., Zlatanova, S. & Shi, W. 2000. Topology for 3D spatial objects. *Geoinformation Science Journal*, 3(1), 56–65.
- Abdul-Rahman, A. & Pilouk, M. 2008. *Spatial data modelling for 3D GIS*. Berlin: Springer.
- Abid, S.K., Sulaiman, N., Wei, C.S. & Nazir, U. 2021. Flood vulnerability and resilience: Exploring the factors that influence flooding in Sarawak. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 802(1), 012056.
- Abler, R., Adams, J.S. & Gould, P. 1971. *Spatial organization: The geographer's view of the world*. Englewood Cliffs, New Jersey: Prentice Hall.
- Acharya, V.V., Berner, R., Engle, R., Jung, H., Stroebe, J., Zeng, X. & Zhao, Y. 2023. Climate stress testing. *Annual Review of Financial Economics*, 15, 291–326.
- Agensi Pengurusan Bencana Negara (NADMA). 2019. *Pelan Strategik Agensi Pengurusan Bencana Negara 2019–2023*. Putrajaya: Jabatan Perdana Menteri.
- Aggarwal, S.P., Kundu, S.S. & Sarma, K.K. 2024. Geospatial technology for effective disaster risk reduction: Best practices in capacity building. *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences – ISPRS Archives*, 48(5), 147–153.
- Ahern, J. 2011. From fail-safe to safe-to-fail: Sustainability and resilience in the new urban world. *Landscape and Urban Planning*, 100(4), 341–343.
- Ahmad, A.J. & Fairullazi Ayob, M. 2023. Flood mitigation management practice: A comparison between Stormwater Management Road Tunnel (SMART) and Sponge City methods. *Journal of Project Management Practice*, 3(2), 1–17.
- Ahmad, B. 2023. Penilaian kerosakan akibat banjir di Malaysia. *Simposium Maklumat Geospatial Kebangsaan (NGIS) ke-9*, 17 Oktober 2023, Pusat Konvensyen Antarabangsa Putrajaya (PICC), Putrajaya, Malaysia. https://geolearning.mygeoportal.gov.my/moodle/pluginfile.php/937/mod_resource/content/1/Kertas%203%20-%20JPS.pdf [14 September 2024].
- Ahmad, I., Abbass, A., Fawad, M. & Saghir, A. 2017. Regional frequency analysis of annual total rainfall in Pakistan using L-moments. *NUST Journal of Engineering Sciences*, 10, 19–29.

- Allenbach, B., Andreoli, R., Battiston, S., Bestault, C., Clandillon, S., Fellah, K., Henry, J.-B., Meyer, C., Scius, H., Tholey, N., Yesou, H. & De Fraipont, P. 2005. Rapid EO disaster mapping service: Added value, feedback and perspectives after 4 years of charter actions. *Geoscience and Remote Sensing Symposium, IGARSS 2005. Proceedings*, 6, 4373–4378.
- Anua, N., Tan, M.L. & Chan, N.W. 2021. Daya tahan komuniti menghadapi banjir 2014: Kajian kes di Kampung Manek Urai Lama, Kuala Krai, Kelantan. *Malaysian Journal of Society and Space*, 17(1).
- APFM. 2011. *Flood emergency planning: A tool for integrated flood management*. Geneva: Associated Programme on Flood Management. [Februari]. https://www.floodmanagement.info/publications/tools/APFM_Tool_11.pdf [8 Oktober 2020].
- Asian Development Bank [ADB]. 2017. *Natural hazard data: A practical guide*. Manila: Asian Development Bank.
- Asian Development Bank. 2017. *Disaster Risk Assessment in Asia and the Pacific: Methods and Applications*. Manila: Asian Development Bank.
- Asian Development Bank. 2022. *Climate Change and Earthquake Exposure in Asia and the Pacific: Assessment of Energy and Transport Infrastructure*. Manila: Asian Development Bank.
- Asian Development Bank. 2024. *Asia Pacific Climate Report 2024: Catalyzing Finance and Policy Solutions*. Manila: Asian Development Bank.
- Asian Disaster Reduction and Response Network [ADRRN]. 2010. *Istilah berkaitan pengurangan risiko bencana*. Tokyo: ADRRN. Terj. Malaysia: MERCY Malaysia.
- Azad, W., Hassan, M.H., Ghazali, H.N., Weisgerber, A. & Ahmad, F. 2020. National flood forecasting and warning system of Malaysia: An overview. *Water resources development and management*. Singapore: Springer, hlm. 264–273.
- Azam Zul Bahari, A.N., Ng, C.P., Wong, M.M.R. & Law, T.H. 2025. Mapping disaster hazards and risks – a case study in Kuala Lumpur City (KLC). *Jurnal Kejuruteraan Awam UKM*, 37(1), 29–38.
- Aziz, A. 2015. Pengaruh monsun dan banjir pada MPSB Kuala Berang. <http://www.mardec.com.my/media/pdf/pengaruhmonsun.pdf> [4 Jun 2025].
- Baharuddin, A., Ahmad, B. & Che Wan, C.W. 2012. Disaster risk reduction and climate change adaptation: Conceptual framework. *Journal of Environmental Studies*, 15(2), 45–60.
- Balica, S.F., Wright, N.G. & van der Meulen, F. 2012. A flood vulnerability index for coastal cities and its use in assessing climate change impacts. *Natural Hazards*, 64(1), 73–105.

- Bănică, A., Kourtit, K. & Nijkamp, P. 2020. Natural disasters as a development opportunity: A spatial economic resilience interpretation. *Review of Regional Research*, 40(2), 107–129.
- Batini, C., Ceri, S. & Navathe, S. 1992. *Conceptual data modelling: An entity-relationship approach*. California: Benjamin/Cummings Publishing Company.
- Berelson, B. 1952. *Content analysis in communication research*. Glencoe, IL: Free Press.
- Berry, B.J.L. & Marble, D.F. 1998. *Spatial analysis: A reader in statistical geography*. Englewood Cliffs, New Jersey: Prentice Hall.
- Bhandari, R.J. 2019. *Spatial analysis techniques and multi-criteria analysis in GIS*. Gujarat: CEPT University.
- Bhattacharjee, B., Bhola, K. & Dan, P. 2017. *Database Management System: Concepts and Design*. Edisi ke-2. New Delhi: PHI Learning Private Limited.
- Bhattacharjee, D., Bhola, P. & Dan, P.K. 2017. Computational intelligence, communications, and business analytics. *Communications in Computer and Information Science*, 776, 72–83.
- Bhuiyan, T.R., Er, A.C., Muhamad, N. & Pereira, J.J. 2021. The socioeconomic impact of climate-related hazards: Flash flood impact assessment in Kuala Lumpur, Malaysia. *Natural Hazards*, 109(2), 1509–1538.
- Bhuiyan, T.R., Hasan Reza, M.I., Choy, E.A. & Pereira, J.J. 2018. Direct impact of flash floods in Kuala Lumpur City: Secondary data-based analysis. *ASM Science Journal*, 11(3), 145–157.
- Bill, R. 1999. *Grundlagen der Geo-Informationssysteme (Asas Sistem Maklumat Geografi)*. Karlsruhe: Wichmann Verlag.
- Birkmann, J., Cardona, O.D., Carreño, M.L., Barbat, A.H., Pelling, M., Schneiderbauer, S., Kienberger, S., Keiler, M., Alexander, D., Zeil, P. & Welle, T. 2013. Framing vulnerability, risk and societal responses: The MOVE framework. *Natural Hazards*, 67, 193–211.
- BNPB. 2011. *Peraturan Kepala Badan Nasional Penanggulangan Bencana Nomor 8 Tahun 2011 tentang Standardisasi Data Kebencanaan*. Jakarta: BNPB.
- Bohle, H.G., Downing, T.E. & Watts, M.J. 1994. Climate change and social vulnerability: Toward a sociology and geography of food insecurity. *Global Environmental Change – Human and Policy Dimensions*, 4(1), 37–48.
- Bombay First. 2010. *Concept plan for Mumbai Metropolitan Region, India*. Mumbai: Bombay First. <https://www.bombayfirst.org/> [1 Oktober 2021].

- Borga, M., Anagnostou, E.N., Blöschl, G. & Creutin, J.D. 2011. Flash flood forecasting, warning and risk management: The HYDRATE project. *Environmental Science and Policy*, 14(7), 834–844.
- Breuer, T. & Summer, M. 2020. Systematic stress tests on public data. *Journal of Banking and Finance*, 118, 105886.
- Bulti, D. & Abebe, G. 2020. Community perception on disaster risk reduction strategies. *International Journal of Disaster Studies*, 8(1), 25–39.
- Burrough, P. & Frank, A. 1995. Concepts and paradigms in spatial information: Are current geographical information systems truly generic? *International Journal of Geographical Information Systems*, 9(2), 101–116.
- Burrough, P. A. & McDonnell, R. A. 1998. *Principles of Geographical Information Systems*. Oxford: Oxford University Press.
- Cabral, P., Augusto, G., Akande, A., Costa, A., Amade, N., Niquisse, S., Atumane, A., Cuna, A., Kazemi, K., Mlucasse, R. & Santha, R. 2017. Assessing Mozambique's exposure to coastal climate hazards and erosion. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 23, 45–52.
- Caldas, L., Andaloro, A., Calafiore, G., Munechika, K. & Cabrini, S. 2023. Addressing water crisis for future urban development in Malaysia: Comparative study of sponge town city in China. *Proceedings of the International Conference on Multi-Disciplines Approaches for the Sustainable Development*, 32(4), 13–22.
- Can, A.B., Parlak, I. & Acarman, T. 2022. A new method of automatic content analysis in disaster management. *Proceedings of the 2022 10th International Symposium on Digital Forensics and Security (ISDFS)*, hlm. 1–6.
- Cardona, O.D. 1990. *Terminología de uso común en manejo de riesgos (Istilah yang biasa digunakan dalam pengurusan risiko)*. AGID Reporte No. 13. Medellín, Colombia: Escuela de Administración, Finanzas, y Tecnología.
- Carey, H.C. 1858. *Principles of social science*. Philadelphia: J.B. Lippincott & Co.
- Carpenter, S.R. & Gunderson, L.H. 2001. Coping with collapse: Ecological and social dynamics in ecosystem management. *BioScience*, 51(6), 451–457.
- Carreño, M.L., Cardona, O.D., Barbat, A.H., Suarez, D.C., Perez, M.P. & Narvaez, L. 2017. Holistic disaster risk evaluation for the urban risk management plan of Manizales, Colombia. *International Journal of Disaster Risk Science*, 8(3), 258–269.
- Catone, M.C. 2023. The role of open data in digital society: The analysis of scientific trending topics through a bibliometric approach. *Frontiers in Sociology*, 8, 1–15.
- CDRI India. 2022. *Concept note for urban disaster resilience study: Cuttack, Odisha*. New Delhi: Coalition for Disaster Resilient Infrastructure.

- Chamhuri Siwar, Mohd Azlan Shah Zaidi & Norizan Abdul Razak. 2019. *Pemeriksaan B40: Kesejahteraan strategi dan implikasi sosioekonomi*. Bangi: Penerbit Universiti Kebangsaan Malaysia.
- Chan, N.W. & Parker, D.J. 1996. Response to dynamic flood hazard factors in Peninsular Malaysia. *The Geographical Journal*, 162(3), 313–325.
- Chan, N.W. & Parker, D.J. 1997. Aspek-aspek sosio-ekonomi berkaitan dengan pembangunan. N.W. Chan (pnyt.), *Banjir dan pembangunan di Malaysia*. Pulau Pinang: Penerbit Universiti Sains Malaysia, hlm. 145–164.
- Chan, N.W. 2000. Reducing flood hazard exposure and vulnerability. D.J. Parker (pnyt.), *Floods*, London: Routledge, hlm. 370–384.
- Chang, K. T. 2019. *Introduction to Geographic Information Systems*. Edisi ke-9. New York: McGraw-Hill Education.
- Chapman, D. 1994. *Natural hazards*. Oxford: Oxford University Press.
- Chaudhari, A.R.V., Lal, P.D., Dutta, C.S., Umrikar, D.B. & Halder, E.S. 2018. Weighted overlay analysis for delineation of ground water potential zone: A case study of Pirangut River Basin. *International Journal of Advanced Remote Sensing and GIS*, 12(2), 5–23.
- Chikhi, F., Li, C., Ji, Q. & Zhou, X. 2023. Review of sponge city implementation in China: Performance and policy. *Water Science and Technology*, 88(10), 2499–2520.
- Choy, L.K., Madzen, A.A. & Asnawi, N.H. 2018. Perbandingan pemetaan spatial kepadatan penduduk Pulau Pinang menggunakan kaedah koroplet dan dasimetrik. *Geografi*, 6(3), 3–14.
- Christaller, W. 1933. *Die zentralen orte in Süddeutschland (Pusat-pusat utama di Selatan Jerman)*. Jena: Gustav Fischer.
- Clarke, K.C. 1997. *Getting started with geographic information systems*. Upper Saddle River: Prentice Hall.
- Climate Development & Knowledge Network (CDKN). 2019. *Asia Pacific Cities and Climate Change*. London: CDKN.
- Coburn, A., Spence, R.J.S. & Pomonis, A. 1994. *Disaster mitigation* (2nd ed.). Cambridge: Cambridge Architectural Research/UNDRO Disaster Management Training Programme.
- Colavizza, G., Cadwallader, L., LaFlamme, M., Dozot, G., Lecorney, S., Rappo, D. & Hrynaskiewicz, I. 2024. An analysis of the effects of sharing research data, code, and preprints on citations. *PLOS ONE*, 19(2), e0283456.
- Cole, F.L. 1988. Content analysis: Process and application. *Clinical Nurse Specialist*, 2(1), 53–57.

- Coppola, D.P. (pnyt.). 2015. *Introduction to international disaster management* (3rd ed.). Boston: Butterworth-Heinemann.
- Critical Infrastructure Policy Public Safety Canada. 2014. *Forging a common understanding for critical infrastructure*. Ottawa: Government of Canada.
- CTI, IGES & ADPC. 2021. *Guideline on integrating climate change projection into flood risk assessments & mapping at the river basin level*. Bangkok: Asian Disaster Preparedness Center.
- Cuthbertson, J., Rodriguez-Llanes, J.M., Robertson, A. & Archer, F. 2019. Current and emerging disaster risks perceptions in Oceania: Key stakeholders' recommendations for disaster management and resilience building. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16(3), 1–13.
- Cutter, S. L., Boruff, B. J. & Shirley, W. L. 2003. Kerentanan sosial terhadap bahaya alam sekitar. *Social Science Quarterly* 84(2): 242–261.
- D'Ayala, D., Wang, K., Yan, Y., Smith, H., Massam, A., Filipova, V. & Pereira, J. 2020. Flood vulnerability and risk assessment of urban traditional buildings in a heritage district of Kuala Lumpur, Malaysia. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 20(8), 2221–2241.
- Darwin, Kombaitan, B., Yudoko, G. & Purboyo, H. 2018. Application of GIS on determination of flood prone areas and critical arterial road network by using CHAID method in Bandung area. *MATEC Web of Conferences*, 147, 04001.
- Darwin, R., Smith, J. & Tan, L. 2018. *Geospatial Data Management and Analysis in GIS*. London: Routledge.
- DBKL. 2017. *Pelan Struktur Kuala Lumpur 2020* <http://www.dbkl.gov.my/pskl2020/malay/wawasan/index.htm> [10 Mei 2025].
- DBKL. 2017a. *Jabatan Kejuruteraan Awam dan Pengangkutan Bandar*. http://www.dbkl.gov.my/index.php?option=com_content&view=article&id=1029&itemid=742&lang=ms [10 Mei 2025].
- DBKL. 2023. *Laporan akhir draf Pelan Struktur Kuala Lumpur 2040*. Kuala Lumpur: Dewan Bandaraya Kuala Lumpur.
- de Smith, M. J., Goodchild, M. F. & Longley, P. A. 2018. *Geospatial Analysis: A Comprehensive Guide*. Edisi ke-6. Leicester: Winchelsea Press.
- Department of Irrigation and Drainage (DID). 2024. Damages and losses on critical infrastructure from flooding in Kajang using PLS-SEM. *Journal of Water Resources Management*, 2(2), 1–11.
- Department of Land and Natural Resources Hawaii. 2013. *Economic impact analysis of potential geothermal resource areas*. Honolulu: DLNR.

- Department of Occupational Safety and Health (DOSH). 2008. *Guidelines for hazard identification, risk assessment and risk control*. Putrajaya: DOSH.
- Department of Statistics Malaysia (DOSM). 2020. *Laporan survei pendapatan isi rumah dan kemudahan asas 2019*. Putrajaya: DOSM.
- Dixit, A. 2009. Governance institutions and economic activity. *American Economic Review*, 99(1), 5–24.
- DOSM. 2020. *Laporan survei pendapatan isi rumah dan kemudahan asas mengikut negeri dan daerah Wilayah Persekutuan 2019*. Putrajaya: DOSM.
- DOSM. 2023. *OpenDOSM API endpoint*. https://developer.data.gov.my/static-api/opendosm?utm_source [4 Jun 2025].
- DPPC, UTM-MJIIT, NADMA, APM, APMM, JKM, MARTS, UNHRD & WFP. 2021. *Program pemerkasaan komuniti ke arah pengukuhan kesiapsiagaan dan daya tahan terhadap risiko bencana (CBDRR 2021)*. Putrajaya: Agensi Pengurusan Bencana Negara (NADMA).
- Dumlao, L. 2012. *Economics and society*. Quezon City: Ateneo de Manila University Press.
- Duriau, V.J., Reger, R.K. & Pfarrer, M.D. 2007. A content analysis of the content analysis literature in organization studies, research themes, data sources and methodological refinements. *Organizational Research Methods* 10(1): 5–34.
- Eastman, J.R. 1997. *Applications of geographic information systems (GIS) technology in environmental risk assessment and management*. Worcester, MA: Clark University, Clark Labs for Cartographic Technology and Geographic Analysis, Idrisi Project.
- ECB. 2008. Stress testing: a fundamental tool for financial risk measurement. *Financial Stability Review*: 116–117.-1999. Education strategies. *World Development* 26(1): 1–19.
- Eicher, C.L. & Brewer, C.A. 2001. Dasymetric mapping and areal interpolation: implementation and evaluation. *Cartography and Geographic Information Science* 28: 125–138.
- Elmasri, R. & Navathe, S. 2015. *Fundamentals of Database Systems*. Edisi ke-7. Boston: Pearson.
- EM-DAT. 2019. *Natural disasters 2019: Now is the time to not give up*. Brussels: Centre for Research on the Epidemiology of Disasters (CRED). <https://www.emdat.be/publications> [20 Julai 2019].
- ESRI Malaysia. 2024. Spatial technology enables sustainable, efficiency-boosting solutions. <https://esrimalaysia.com.my/resources/news/spatial-technology-enables-sustainable-efficiency-boosting-solutions> [1 Oktober 2024].

- ESRI. 2024. Data storage considerations for an ArcGIS server site. <https://enterprise.arcgis.com/en/server/latest/deploy/windows/data-storage-considerations-for-an-arcgis-server-site.htm> [10 September 2024].
- Etkin, D. 2016. *Disaster theory – an interdisciplinary approach to concepts and causes*. Oxford/Waltham: Elsevier.
- Fatdillah, E., et al. 2022. Spatial estimates of flood damage and risk are sensitive to DEM resolution: a case study in Kuala Lumpur, Malaysia. *Water* 14(14): 2208.
- Felgueiras, C. & Goodchild, M.F. 1995. *National Center for Geographic Information and Analysis: Two papers on triangulated surface modeling*. Santa Barbara, CA: National Center for Geographic Information and Analysis.
- Fisher, M.M. 1999. Spatial analysis: retrospect and prospect. Longley, P.A., Goodchild, M.F., Maguire, D.J. & Rhind, D.W. (pnyt.). *Geographical information systems*. New York: John Wiley.
- Flitter, H., Weibel, R. & Rogers, S. 2010. *Introduction to spatial analysis*. Geographic Information Technology Training Alliance (GITTA). <https://www.gitta.info/training-materials/> [10 September 2019].
- Flood Smart Official Portal. 2015. *Mudflows*. National Flood Insurance Program (NFIP). https://www.floodsmart.gov/floodsmart/pages/flooding_flood_risks/mud_flow_s.jsp [12 September 2019].
- Foo, J., Atang, C., Md. Shah, J., Kee, S., Kee, Y., Mohd Noor, H., Ibrahim, I.S., Omar, M.A. & Yong, P. 2021. Ketahanan komuniti menguruskan sumber pertanian dalam menghadapi bencana sosial semasa tempoh pandemik COVID-19. *Journal of Islamic, Social, Economics and Development (JISEd)* 6(Mac): 29–40.
- Füssel, H.-M. 2007. Vulnerability: A generally applicable conceptual framework for climate. *Global Environmental Change*, 17(2), 155–167.
- García-Soriano, D., Quesada-Román, A. & Zamorano-Orozco, J.J. 2020. Geomorphological hazards susceptibility in high-density urban areas: a case study of Mexico City. *Journal of South American Earth Sciences* 102(Jun): 102667.
- Gatrell, A.C., Bailey, T.C., Diggle, P.J. & Rowlingson, B.S. 1996. Spatial point pattern analysis and its application in geographical epidemiology. *Transactions of the Institute of British Geographers* 21: 256–274.
- GeoPostcodes. 2023. GIS data management: best practices. <https://www.geopostcodes.com/blog/gis-data-management/> [10 Mei 2025].
- Getis, A. & Ord, J. K. 1992. The analysis of spatial association by use of distance statistics. *Geographical Analysis* 24(3): 189–206.

- Getis, A. & Ord, J.K. 1996. The analysis of spatial association by use of distance statistics. *Geographical Analysis* 24(3): 189–206.
- Getis, A., Getis, J. & Quastler, I. 2001. *The United States and Canada: the land and the people*. Edisi ke-2. New York: McGraw-Hill.
- Griffith, D.A. 1996. Spatial autocorrelation and eigenfunctions of the geographic weights matrix accompanying geo-referenced data. *The Canadian Geographer* 40: 351–367.
- GRIP (Global Risk Identification Programme). 2011. *Disaster profiles*. National data based guidelines for flood inundation maps in Norway. *PIK-Report* 65(1): 404–410.
- Gunardi, Y. & Barliana, M.S. 2021. Disaster response mosque: a mosque as a center for the rescue of the ummah. *Journal of Development and Integrated Engineering* 1(1): 43–54.
- Gunjal, M. & Jha, J. 2014. Image steganography using discrete cosine transform (DCT). *International Journal of Computer Applications*, 92(10), 1–6.
- Gupta, A. & Sharma, A. 2006. Globalization and postcolonial states. *Current Anthropology* 47(2): 277–307.
- Gupta, A.S. & Manjunath, C.R. 2017. A comparative study on data extraction and its processes. *International Journal of Applied Engineering Research* 12(18): 7194–7201.
- Hadi, A., Idrus, S., Harman Shah, A.H. & Mohamed, A.F. 2010. Malaysian urbanization transition: from nascent, pseudo to livable mega-urban region. *Malaysian Journal of Environmental Management* 11(1): 3–13.
- Hadi, A.S. 2004. Urbanisasi di Malaysia: mengaitkan kepelbagaian proses ke bentuk perbandaran. *Malaysian Journal of Environmental Management* 11(2): 21–31.
- Haggett, P. 1965. *Locational analysis in human geography*. London: Edward Arnold.
- Haggett, P., Cliff, A.D. & Frey, A. 1977. Locational models. *Locational analysis in human geography*. Jil. I & II. London: Arnold.
- Hahnel, M., Smith, G., Campbell, A., Nature, S., Science, D. 2024. Bridging policy and practice in data sharing: An investigation into what is driving successful data sharing in repositories. *The State of Open Data 2024: Special Report*. Springer Nature, Digital Science, dan Figshare.
- Hallegatte, S., Anjum, R., Avner, P., Shariq, A., Winglee, M. & Knudsen, C. 2021. *Integrating Climate Change and Natural Disasters in the Economic Analysis of Projects: A Disaster and Climate Risk Stress Test Methodology*. Washington, DC: The World Bank.

- Hamamurad, Q.H., Jusoh, N.M. & Ujang, U. 2023. Spatial data sharing capacity inside the Malaysian organisations: qualitative research. *Journal of Engineering and Applied Sciences Technology* 5(5): 1–6.
- Handayani, W., Fisher, M.R., Rudiarto, I., Sih Setyono, J. & Foley, D. 2019. Operationalizing resilience: a content analysis of flood disaster planning in two coastal cities in Central Java, Indonesia. *International Journal of Disaster Risk Reduction* 35: 101073.
- Hashim, N. & Ahmad, A.H. 2007. Tepubina bandar: isu dan kaitannya dengan kesihatan ekosistem lembangan saliran. *Geografia – Malaysian Journal of Society and Space* 3(1): 20–34.
- Hashim, N. & Aziz, A. 2021. Perumahan kos rendah dan risiko banjir di kawasan bandar Malaysia. *Jurnal Alam Sekitar dan Pembangunan* 12(2): 45–60.
- Hashim, N.M., Muhamad, S., Aiyub, K. & Yahya, N. 2011. Pembangunan tanah hutan dan fenomena banjir kilat: kes Sungai Lembing, Pahang. *e-Bangi* 6(2): 14.
- Hengl, T., Heuvelink, G.B.M. & Rossiter, D.G. 2007. About regression-kriging: from equations to case studies. *Computers & Geosciences* 33(10): 1301–1315.
- Herdiansyah, H. 2010. *Bab III: Metodologi Penelitian Kualitatif : Metodologi Penelitian Kualitatif*, hlm. 43–48. Jakarta: Salemba Humanika.
- Hoeppe, P. 2016. Trends in weather related disasters – consequences for insurers and society. *Weather and Climate Extremes* 11: 70–79.
- Holsti, O.R. 1969. *Content analysis for the social sciences and humanities*. Reading, MA: Addison-Wesley.
- Hoydal, O.A., Berg, H., Haddenland, I., Petterson, L.E., Vokso, A. & Oydvin, E. 2000. *Procedures and guidelines for flood inundation maps in Norway*. PIK-Report, 65(1): 404–410.
- Hsieh, H.F. & Shannon, S.E. 2005. Three approaches to qualitative content analysis. *Qualitative Health Research* 15(9): 1277–1288.
- Hu, H., Lei, T., Hu, J., Zhang, S. & Kavan, P. 2018. Disaster-mitigating and general innovative responses to climate disasters: evidence from modern and historical China. *International Journal of Disaster Risk Reduction* 28(Mac): 664–673.
- Hua, J. & Rajib, S. 2020. Coronavirus (COVID-19) ‘infodemic’ and emerging issues through a data lens: the case of China. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 22(4): 1–11.
- Hunter, A.P.G. & Bishop, A.P.I. 2001. Introduction to GIS: Definition of GIS. *Introduction to GIS*. London: Routledge.

- Idrus, S., Choun Sian, L. & Samad Hadi Abstrak, A. 2004. Kemudahterancaman (vulnerability) penduduk terhadap perubahan guna tanah di Selangor. *Malaysian Journal of Environmental Management* 5(Jan): 79–98.
- IGNOU. 2005. Unit 5 GIS data models and spatial. IGNOU (pnvt.). *Fundamentals of geographic information system*. hlm. 19–36.
- Institute and Faculty of Actuaries. 2015. *Climate change: managing risk and uncertainty – policy briefing*. London: Institute and Faculty of Actuaries.
- International Organization for Standardization (ISO). 2018. *ISO 31000: Risk management — Guidelines*. Geneva: ISO.
- IPCC. 2007. *Climate change 2007 – the physical science basis: working group I contribution to the fourth assessment report of the IPCC*. Cambridge: Cambridge University Press.
- IPCC. 2023. *Climate change 2023: synthesis report*. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Geneva: IPCC.
- Ishak, N.S., Dali, A.M., Rodzi, M. & Razak, A. 2014. Sejarah banjir besar di Semenanjung Malaysia, 1926–1971. *Jurnal Perspektif* 3(6): 54–67.
- Jabatan Digital Negara. 2024. Opendosm: improving access and transparency of official data and statistics. https://www.malaysia.gov.my/portal/content/31505?utm_source= [4 Jun 2025].
- Jabatan Perancangan Bandar dan Desa Semenanjung Malaysia. 2016. *Dasar Perbandaran Negara Kedua: Semenanjung Malaysia & Wilayah Persekutuan Labuan (Second National Urbanization Policy)*. Putrajaya: Jabatan Perancangan Bandar dan Desa Semenanjung Malaysia.
- Jabatan Perangkaan Malaysia. 2024. *Current Population Estimates 2024*. Putrajaya: Jabatan Perangkaan Malaysia.
- Jabatan Perangkaan Malaysia. 2025. *Laporan Khas Impak Banjir di Malaysia 2024*. Putrajaya: Jabatan Perangkaan Malaysia.
- Jabatan Perdana Menteri Malaysia. 2018. *Rancangan Fizikal Negara, Bab 2: Konteks Perancangan Semasa*. Putrajaya: Jabatan Perdana Menteri Malaysia.
- Jabatan Perdana Menteri, Jabatan Perangkaan Malaysia. 2020. *Malaysian Well-Being Index Report (MyWI) 2020*. Putrajaya: Jabatan Perangkaan Malaysia.
- Jabatan Perdana Menteri, Jabatan Perangkaan Malaysia. 2021. *My Local Stats Kuala Lumpur*. Putrajaya: Jabatan Perangkaan Malaysia.
- Jabatan Perumahan Negara. 2018. *Dasar Perumahan Negara (2018–2025)*. Putrajaya: Jabatan Perumahan Negara.

- Jabatan Perumahan Negara. 2019. *Pelan Strategik Perumahan Negara 2019–2030*. Putrajaya: Jabatan Perumahan Negara.
- Jamaludin, S. & Nadzri Hussein, A. 2006. *Landslide Hazard and Risk Assessment: The Malaysian Experience*. IAEG2006, Kertas No. 455. https://media.geolsoc.org.uk/iaeg2006/PAPERS/IAEG_455.PDF [8 Oktober 2020].
- JICA. 2002. Hazard Mapping (Estimation of Ground Motion). *Seismic Risk Assessment Report*, hlm. 48–59. Tokyo: Japan International Cooperation Agency.
- Jones, R., Cawood, M. & Durham, K. 2001. An Australian innovation in emergency risk management. *International Journal of Risk Assessment and Management* 2: 288.
- Jonkman, S. & Kelman, N. 2005. Global Perspectives on Loss of Human Life Caused by Floods. *Natural Hazards*, 34(2), hlm. 151–175
- JPBD Selangor. 2008. *Laporan Tahunan 2008*. Shah Alam: Jabatan Perancangan Bandar dan Desa Selangor.
- JPBD Semenanjung Malaysia. 2013. *Manual Rancangan Tempatan (Rancangan Tempatan Penggantian dan Rancangan Tempatan Pengubahan)*. Kuala Lumpur: Jabatan Perancangan Bandar dan Desa Semenanjung Malaysia.
- JPS. 2023. *Kompendium 2022*. Kuala Lumpur: Jabatan Pengairan dan Saliran Malaysia.
- Kamaruddin Shamsuddin. 2006. *Aplikasi sistem sokongan perancangan dalam menentukan kesesuaian perletakan guna tanah industri*. Tesis Ijazah Sarjana Sains, Universiti Teknologi Malaysia.
- Kaplan, D., Holloway, S. & Wheeler, J. 2014. *Urban geography*. London: Routledge.
- Kaplan, S. & Garrick, B.J. 1981. On the quantitative of risk. *Risk Analysis* 1(1): 53–68.
- Karagiorgos, K., Thaler, T., Heiser, M., Hübl, J. & Fuchs, S. 2016. Integrated flash flood vulnerability assessment: insights from East Attica, Greece. *Journal of Hydrology* 541: 553–562.
- Kashyap, S. & Mahanta, R. 2018. Vulnerability aspects of urban flooding: a review. *Indian Journal of Economics and Development* 14(3): 578.
- Kasperson, J.X., Kasperson, R.E. & Turner II, B.I. (eds.). 1995. *Regions at risk: comparisons*. Tokyo: United Nations University Press.
- Katiman, R., Mochamad, R., Choy, E.A., Abdul, M.N.R., Zaini, S., Norazuan, M.H. & Aishah, H.M.E. 2017. Pembandaran dan rebakan bandar di pinggir wilayah metropolitan Klang-Langat (urbanisation and urban sprawl in the fringe areas of Klang-Langat metropolitan region). *Geografia - Malaysian Journal of Society and Space* 6(2): 37–50.

- Kawamura, A., Amaguchi, H., Olsson, J. & Tanouchi, H. 2023. Urban flood runoff modeling in Japan: recent developments and future prospects. *Water* 15(15): 2733.
- Keim, M.E. 2020. The epidemiology of extreme weather event disasters (1969-2018). *Prehospital and Disaster Medicine* 35(3): 267–271.
- Khazanah Research Institute (KRI). 2024. *Households and the pandemic 2019-2022*.
- Khoo, K.K. 1972. *The western Malay States, 1850–1873: the effects of commercial development on Malay politics*. Oxford University Press.
- Kim, K., Pant, P. & Yamashita, E. 2018. Integrating Travel Demand Modeling and Flood Hazard Risk Analysis for Evacuation and Sheltering. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 31, hlm. 1177–1186.
- Klostermeier, M. 2012. *Long Term Flood Prevention in Chao Phraya Basin, Thailand*. *Tunnel Online*, hlm. 16–17. https://www.tunnel-online.info/download/446913/2012_03_Long_Term_Flood_Prevention.pdf [8 Oktober 2020].
- Koroleva, E.V. & Nikitin, Y.Y. 2014. Principles of geographic information system. *Journal of Multivariate Analysis*.
- Kron, W., Steuer, M., Löw, P. & Wirtz, A. 2012. How to deal properly with a natural catastrophe database – analysis of flood losses. *Natural Hazards and Earth System Science* 12(3): 535–550.
- Kumar, D. 2024. Applications of geospatial technology in disaster management: a critical analysis. *International Journal for Innovative Research in Multidisciplinary Field* 10(5): 72–78.
- Kumsa, A. & Feyisso, F. 2022. Applications of geospatial science and technology in disaster risk management. *J Robot Auto Res* 3(3): 270–281.
- Kunreuther, H. & Michel-Kerjan, E. 2009. *At war with the weather: managing large-scale risks in a new era of catastrophes*. Cambridge, MA: MIT Press.
- La Red. 2003. *Guía Metodológica de DesInventar (Panduan Metodologi DesInventar)*. Lima: La Red de Estudios Sociales en Prevención de Desastres en América Latina (Rangkaian Kajian Sosial dalam Pencegahan Bencana di Amerika Latin). <https://www.desinventar.org/guia> [15 April 2019].
- Lafond, G. & Gosselin, A. 1994. A survey on perceived risks. Martin, L.R.G. (ed.). *Risk assessment and management: emergency planning perspectives*, hlm. 44–59.
- Lam, J.C., Adey, B.T., Heitzler, M., Hackl, J., Gehl, P., van Erp, N., D'Ayala, D., van Gelder, P. & Hurni, L. 2018. Stress tests for a road network using fragility functions and functional capacity loss functions. *Reliability Engineering and System Safety* 173: 78–93.

- Lam, N. S., Xu, L. & Qu, H. 2018. Spatial analysis of population exposure to natural hazards using choropleth mapping techniques. *International Journal of Disaster Risk Science* 9(3): 297–310.
- Leeonis, A.N., Ahmed, M.F., Halder, B., Mokhtar, M.B., Lim, C.K., Liew, J., Khirotdin, R.P.K. et al. 2024. Mitigating flood risk at Shah Alam, Malaysia for sustainable development. *Discover Sustainability* 5: 352.
- Len, N.L.S., Bolong, N., Roslee, R., Tongkul, F., Mirasa, A.K. & Ayog, J.L. 2018. Flood vulnerability index for critical infrastructure towards flood risk management. *ASM Science Journal* 11(Special Issue 3): 134–146.
- Li, G., Zhao, J., Murray, V., Song, C. & Zhang, L. 2019. Gap analysis on open data interconnectivity for disaster risk research. *Geo-spatial Information Science* 22(1): 45–58.
- Longley, P. A., Goodchild, M. F., Maguire, D. J. & Rhind, D. W. 2015. *Geographic Information Systems and Science*. Edisi ke-4. Chichester: Wiley.
- Longley, P. A., Goodchild, M. F., Maguire, D. J. & Rhind, D. W. 2015. *Geographic Information Science and Systems*. Edisi ke-4. Chichester: John Wiley & Sons.
- Longley, P.A., Goodchild, M.F., Maguire, D.J. & Rhind, D.W. 2023. *Geographic information science and systems* (5th ed.). Wiley India Pvt. Ltd.
- Lorensen, J.R. et al. 1991. *Object-oriented modeling and design*. Englewood Cliffs, N.J.: Prentice Hall.
- Lösch, A. 1954. *The economics of location* (W.H. Woglom & W.F. Stolper, terj.). New Haven, CT: Yale University Press.
- Löwe, R. & Arnbjerg-Nielsen, K. 2020. Urban pluvial flood risk assessment – data resolution and spatial scale when developing screening approaches on the microscale. *Natural Hazards and Earth System Sciences* 20(4): 981–997.
- Lucas, M., Miho, O. & Akira, H. 2016. Sendai framework indicators for disaster risk reduction in Brazil: initial conditions, feasibility analysis and understanding the risk. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, hlm. 1–6.
- Luu, C., von Meding, J. & Mojtahedi, M. 2019. Analyzing Vietnam's national disaster loss database for flood risk assessment using multiple linear regression-TOPSIS. *International Journal of Disaster Risk Reduction* 40(April): 101153.
- Mahmud Abdul Rahman. 2008. Bencana alam jejas pembangunan. *Utusan Online*. 21 Jun. www.utusan.com.my [2 Jun 2018].
- Mahmud Zaharah. 1970. The period and the nature of traditional settlement in the Malay Peninsula. *Journal of the Malaysian Branch of the Royal Asiatic Society* XLIII(2): 81–113.

- Maidin, K.H., Nor Amna A'liah Mohammad & Mohd Syauqi Nazmi. 2015. Kesan banjir terhadap pengeluaran padi dan sosioekonomi petani. *Economic and Technology Management Review* 10A: 11–19.
- Maimunah Ismail. 1998. *Career motivation of Malay women entrepreneurs: a Malaysian perspective*. Serdang: Universiti Putra Malaysia Press.
- Majlis Keselamatan Negara. 2024. *Kolam bawah tanah untuk tangani impak banjir kilat*. <https://www.mkn.gov.my/web/ms/2024/12/18/kolam-bawah-tanah-untuk-tangani-impak-banjir-kilat/> [10 September 2024].
- Malczewski, J. 1999. *GIS and Multicriteria Decision Analysis*. New York: John Wiley & Sons.
- Malek Abdul. 2005. *Disasters management system in Malaysia*. *Jurutera Bulletin*, September, hlm. 10–12. Petaling Jaya: The Institution of Engineers Malaysia (IEM).
http://dspace.unimap.edu.my/dspace/bitstream/123456789/13828/1/010-012_disaster%20mgmt.pdf [20 April 2020].
- MAMPU. 2019. Big data analytics digital government lab (BDA-DGL). <https://www.malaysia.gov.my/portal/content/30616> [21 Julai 2020].
- Marco, J.B. 1994. Flood risk mapping. Rossi, G., Harmancioğlu, N. & Yevjevich, V. (pnvt.). *Coping with Floods*, NSSE Vol. 2, hlm. 353–373. Dordrecht: Springer.
- Marican, S. 2005. *Kaedah penyelidikan sains sosial*. Selangor: Prentice Hall/Pearson Malaysia.
- Massam, A., Smith, H., Filipova, V., Waller, S., Muhamad, N. & Pereira, J.J. 2023. Flood risk in Kuala Lumpur, Malaysia: a consideration of flood defences in a broadscale hydraulic model. *Journal of Flood Risk Management* 16(3): 1–15.
- Mays, C.R. 2018. Using GIS and historical flood data to analyze the risk and vulnerability of a rural community, past and present: The Neosho River in Coffey County, Kansas. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 31: 1245–1256.
- McKelin Library. 2014. *Primary, secondary and tertiary sources*. University of Maryland, hlm. 3.
- McNamee, K., Wisheropp, E., Weinstein, C., Nugent, A. & Richmond, L. 2014. Scenario planning for building coastal resilience in the face of sea level rise. *Humboldt Journal of Social Relations* 36: 145–173.
- Meals, D.W. 1996. Watershed-scale response to agricultural diffuse pollution (review/proceedings) – merujuk penggunaan metodologi spatial dan kajian Jewett Brook. *Water Research / Conference Proceedings*.

- Mendeleev, D.I. 1906. *The principles of chemistry* (2nd English ed., diterjemah oleh George Kamensky, disunting oleh Thomas Carnelley). London: Longmans, Green, and Co.
- Menéndez, M. 2000. Design discharge calculations and flood plain management. *FLOODaware Final Report*, European Commission (Directorate General XII). Antony: Cemagref, hlm. 53–82.
- Mennis, J. 2006. Mapping the results of geographically weighted regression. *The Cartographic Journal* 43: 171–179.
- Ministry of Federal Territories. 2021. *MySmart Wilayah 2030*. Putrajaya: Bahagian Perbandaran dan Khidmat Teknikal, Kementerian Wilayah Persekutuan.
- Mohamad, J. 2021. *Pengurusan Infrastruktur Bandar di Wilayah Lembah Kelang: Isu-isu dan Cabaran*. Kertas kerja dibentangkan dalam *Seminar Pengurusan Perbandaran*. Kuala Lumpur: Dewan Bahasa dan Pustaka, Universiti Malaya.
- Moran, P. A. P. (1950). *Notes on Continuous Stochastic Phenomena*. *Biometrika*, 37(1/2), 17–23
- Moriyama, K., Sasaki, D. & Ono, Y. 2018. Comparison of global databases for disaster loss and damage data. *Journal of Disaster Research* 13(6): 1007–1014.
- Moser, C.O.N. 1997. The asset vulnerability framework: reassessing urban poverty. *World Development* 26(1): 1–19.
- Moten, A.R. 1998. *A guide to research proposal and report writing*. Gombak, Selangor: Research Centre, International Islamic University Malaysia.
- Mu, W. & Tong, D. 2019. Choropleth mapping with uncertainty: A maximum likelihood-based classification scheme. *Annals of the American Association of Geographers* 109(5): 1493–1510.
- Muhamad, N., Arshad, S.H.M. & Pereira, J.J. 2021. Exposure elements in disaster databases and availability for local scale application: Case study of Kuala Lumpur, Malaysia. *Frontiers in Earth Science* 9 (Februari): 1–14.
- Muhammad Arshad, S.H., Hj. Ishak, A.M., Muhamad, N. & Pereira, J.J. 2020. Penilaian keberkesanan Terowong SMART Kuala Lumpur dalam menghalang banjir kilat. *Malaysian Journal of Society and Space* 16(3): 184–200.
- Muhammad Yusoff, S.Y. & Thomas, R. 2021. Pemetaan titik panas banjir kilat di Kuala Lumpur. *Malaysian Journal of Tropical Geography* 47(1–2): 123–142.
- Mušicki, S., Nikolic, V. & Vasovic, D. 2016. Safety, security, hazard and risk – a conceptual approach. *International Conference Life Cycle Engineering and Management* 1(Jun): 396–400.

- Mustafar, F.W., Yusof, F., Dora, M.T., Mustaffa, F., Omar Mokhtar, M.Y., Osman, I.H., Azmi, A.N. & Mohd Hanafi, M.H. 2018. *Fenomena Gelandangan: Faktor Kebanjiran Komuniti Jalanan*. Kolej Universiti Islam Melaka, Julai.
- MyGeoportal. 2024. *Buletin Geospatial*.
<https://www.mygeoportal.gov.my/flipbook/bgsa-2024/6/> [10 September 2025].
- Myroshnychenko, V., Ray, N., Lehmann, A., Giuliani, G., Kideys, A., Weller, P. & Teodor, D. 2014. Environmental data gaps in Black Sea catchment countries: INSPIRE and GEOSS state of play. *Environmental Science and Policy* 46: 13–25.
- NADMA. 2018. *Laporan Tahunan NADMA 2018*. Putrajaya: National Disaster Management Agency (NADMA).
- Nakamura, H. & Oosawa, M. 2021. Effects of the underground discharge channel/reservoir for small urban rivers in the Tokyo area. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* 703(1).
- Nasiri, H., Yusof, M.J.M., Ali, T.A.M. & Hussein, M.K.B. 2019. District flood vulnerability index: Urban decision-making tool. *International Journal of Environmental Science and Technology* 16(5): 2249–2258.
- National Disaster Management Agency (NADMA). 2024. *Country Report: Malaysia. National Urbanization Policy*. Putrajaya: National Disaster Management Agency (NADMA).
- Neft, D.S. 1966. Review of statistical analysis for areal distribution. *Journal of the American Statistical Association* 63(322): 726–728. Taylor & Francis.
- Nizam, M.K., Wafiq M.A.C., I., Farid, A.F., Mohamad Taufiq, M., Muhammad Amirul Afham, H., Mohamad Nurul Hafizi, M.N., Edie Azhar, R. & Muhammad Ikhsan, A. 2014. *Stormwater Management and Road Tunnel (SMART) Project in Kuala Lumpur, Malaysia*. Laporan kursus JLB 10303 Fundamental of Transport. Universiti Kuala Lumpur, Malaysian Institute of Industrial Technology (UniKL MITEC).
- Noordin, N.F., Abdullah, A. & Shahbudin, M.N.A. 2007. Multicriteria analysis of flood causes in Kuala Lumpur. *Planning Malaysia Journal* 5(1): 17–42.
- Nordmark, A. 2002. Overview on survey of water installations underground: Underground. *Tunnelling and Underground Space Technology* 17(2): 163–178.
- Norzita, J. & Siti Hadijah, C.M. 2014. Realiti kemiskinan: Satu kajian teoritikal. *Jurnal Ekonomi Malaysia* 48(1): 167–177.
- Nurfashareena, M., Arshad, S.H.M. & Pereira, J.J. 2020. Exposure elements in disaster databases and availability for local scale application: Case study of Kuala Lumpur, Malaysia. *Frontiers in Earth Science, Geohazards and Georisk*.

- Nurse, L.A., McLean, R.F., Agard Trinidad, J., Briguglio, L.P., Duvat-Magnan, V., Pelesikoti, N., Tompkins, E. & Webb, A. 2014. Barros, V.R., Field, C.B., Dokken, D.J., Mastrandrea, M.D., Mach, K.J., Bilir, T.E., Chatterjee, M., Ebi, K.L., Estrada, Y.O., Genova, R.C., Girma, B., Kissel, E.S., Levy, A.N., MacCracken, S., Mastrandrea, P.R. & White, L.L. (pnyt.). *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part B: Regional Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, hlm. 1613–1654. Cambridge & New York: Cambridge University Press.
- Othman, M. 1992. Penukaran data dalam konteks GIS (Geographical Information System). *Jurnal Teknologi*: 41–48.
- Pacione, M. 2005. *Urban Geography: A Global Perspective*. London: Routledge.
- Panwar, V. & Sen, S. 2020. Disaster damage records of EM-DAT and DesInventar: A systematic comparison. *Economics of Disasters and Climate Change* 4(2): 295–317.
- Paramasivam, C.R. & Venkatramanan, S. 2019. An introduction to various spatial analysis techniques. *GIS and Geostatistical Techniques for Groundwater Science*, hlm. 23–30.
- Parker, D.J. 1995. Floods in cities: Increasing exposure and rising impact potential. *Built Environment* 21(2–3): 114–125.
- Paron, P. 2013. Natural hazards in developing countries. Bobrowsky, P.T. (pnyt.). *Encyclopedia of Natural Hazards, Encyclopedia of Earth Sciences Series*, hlm. 718–725. Dordrecht: Springer.
- Peng, Y. & Reilly, K. 2021. Using nature to reshape cities and live with water: An overview of the Chinese sponge city programme and its implementation in Wuhan. *Journal of Landscape Architecture* 16(1): 52–63.
- Pešić, M. 2020. Natural hazards: Interpretations, types, and risk assessment. *Natural Hazards* (2003): 712–725.
- Peter, T. 1981. Vulnerability, resilience and the collapse of society. *Environmental Monograph No. 1*, hlm. EM-1. Institute for Environmental Studies, University of Toronto, Toronto, Canada.
- Peucker, T. & Chrisman, N. 1975. Cartographic data structures. *The American Cartographer* 2(1): 55–69.
- Pistrika, A. 2010. Flood damage estimation based on flood simulation scenarios and a GIS platform. *European Water* 30(Januari 2009): 3–11.
- PLANMalaysia Melaka. 2018. *Monograf 2018: Rangka Kerja Pelaksanaan Agenda Perbandaran Baharu Negeri Melaka*. Melaka: Jabatan Perancangan Bandar dan Desa Negeri Melaka.

- PLANMalaysia. 2019a. *Garis Panduan Perancangan Bandar Berdaya Tahan Bencana di Malaysia*. Putrajaya: PLANMalaysia (Jabatan Perancangan Bandar dan Desa).
- PLANMalaysia. 2019b. *Malaysian Urban Rural National Indicators Network on Sustainable Development (MURNInets) 2.0*. Putrajaya: PLANMalaysia (Jabatan Perancangan Bandar dan Desa).
- PLANMalaysia. 2021a. *Teras 1 – Pembangunan Berdaya Tahan terhadap Risiko Bencana*. Putrajaya: PLANMalaysia (Jabatan Perancangan Bandar dan Desa).
- PLANMalaysia. 2021b. *Kompendium PLANMalaysia*. Putrajaya: PLANMalaysia (Jabatan Perancangan Bandar dan Desa).
- PLANMalaysia. 2022. *Mengarusperdana Aspek Pengurusan Risiko Geobencana dalam Penyediaan Rancangan Tempatan*. Putrajaya: PLANMalaysia (Jabatan Perancangan Bandar dan Desa).
- Prabhjot & Sharma, N. 2017. Overview of the database management system. *International Journal of Advanced Research in Computer Science* 8(4): 362–369.
- Prasad, R. & Acharya, S. 2020. Types of digital data. *Fundamentals of Business Analytics*, hlm. 45–62. New Delhi: Wiley India Pvt. Ltd.
- Prior, T. & Roth, F. 2013. Disaster, resilience and security in global cities. *Journal of Strategic Security* 6(2): 59–69.
- Pusat Geospasial Negara (PGN), Kementerian Sumber Asli, Alam Sekitar dan Perubahan Iklim (NRECC). 2023. *Malaysia's Country Report for the 13th Session of the UN Committee of Experts on Global Geospatial Information Management (UN-GGIM)*.
- Pusat Geospasial Negara. 2022. *Buletin Geospasial Sektor Awam 2022*. ISSN 1823-7762: 1–44.
- Rahman, M.A.A. 2009. *Lembangan Sungai Klang*. Projek di bawah Pakej Ransangan Ekonomi Selangor, hlm. 16–25.
- Ramkrishnan, R. & Gehrke, J. 2003. *Database Management Systems*. Edisi ke-3. New York: McGraw-Hill.
- Ramli, M. W. A., Alias, N. E., Yusof, H. M., Yusop, Z. & Taib, S. M. (2021). Development of a local, integrated disaster risk assessment framework for Malaysia. *Sustainability (Switzerland)*, 13(19).
- Raper, J. F. & Maguire, D. J. (1992). Design models and functionality in GIS. *Computers & Geosciences*, 18, 387–394.

- Rashid, M. F. A. (2017). Urban migration in Malaysia: A case study of the Klang. *Journal of Urban Planning, Landscape & Environmental Design*, 2(August), 107–127.
- Ravankhah, M., Chliaoutakis, A., Revez, M. J., de Wit, R., Argyriou, A. V., Anwar, A., Heeley, J., Birkmann, J., Sarris, A. & Žuvela-Aloise, M. (2020). A multi-hazard platform for cultural heritage at risk: The storm risk assessment and management tool. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 949(1).
- Reid, C. E., O'Neill, M. S., Gronlund, C. J., Brines, S. J., Brown, D. G., Diez-Roux, A. V. & Schwartz, J. (2009). Mapping community determinants of heat vulnerability. *Environmental Health Perspectives*, 117(11), 1730–1736.
- Ridzuan, M. R., Razali, J. R., Ju, S.-Y., Abd Rahman, N. A. S. & Lai-Kuan, K. (2022). The impacts of flood disasters on the poverty and income disparity in Malaysia: Fine-tuning the Shared Prosperity Vision 2030. *International Journal of Academic Research in Business and Social Sciences*, 12(10), 2067–2078.
- Rogers, D. P., Anderson-Berry, L., Bogdanova, A.-M., Fleming, G., Gitay, H., Kahandawa, S., Kootval, H., Staudinger, M., Suwa, M., Tsirkunov, V. & Wang, W. 2020. *Learning from Multi-Hazard Early Warning Systems to Respond to Pandemics*. World Bank / GFDRR.
- Ros, F.C., Shahrim, M.F., Liew, D.Y.C. 2019. *Estimation of infrastructure demand for flood control in Malaysia*. Disaster Preparedness & Prevention Centre, Malaysia-Japan International Institute of Technology (MJIT), Universiti Teknologi Malaysia, Mac
- Roslee, R. & Jamaluddin, T. A. (2012). Kemudahterancaman bencana gelinciran tanah (LHV): Sorotan literatur dan cadangan pendekatan baru untuk pengurusan risiko gelinciran tanah di Malaysia. *Bulletin of the Geological Society of Malaysia*, 58, 75–88.
- Rubin, I. L. (1979). Stress testing. *The Journal of the Medical Society of New Jersey*, 76(11), 761–762.
- Rubinato, M., Lashford, C., Cai, Y., Hou, J., Abolfathi, S., Coupe, S., Charlesworth, S. & Tait, S. (2019). SuDS & sponge cities: A comparative analysis of the implementation of pluvial flood management in the UK and China. *Sustainability*, 11(1), 213.
- Ruslan Rainis & Noresah Mohd Shariff. (1998). *Sistem maklumat geografi*. Kuala Lumpur: Dewan Bahasa dan Pustaka.
- Sa'adiah, M. S. .2006. *Analisis untuk mengenalpasti risiko kejadian lubang benam menggunakan sistem maklumat geografi*. Tesis Sarjana, Universiti Kebangsaan Malaysia.

- Samsudin, K., Hussin @ Mohamad, M., Mohd Yassin, A., Kamarudin, A., Jusoh, M., Sulaiman, A., Saadun, J., Kasri, M. & Hussain, A. 2017. Design and development of strategic disaster management database for lead responding agency in Malaysia during response and early recovery phases. *Journal of Electrical & Electronic Systems Research (JEESR)* 10(January).
- Sanderson, J. & Islam, S.M.N. 2000. Climate change in Asia: issues and policy options. *Natural Resources Forum* 24(1): 39–48.
- Sarina, Y., Rahimah, A. & Nur Hafizah, Y. 2020. Daya tahan dalam kalangan mangsa banjir 2014 di Dungun, Terengganu. *Pembangunan Sosial, Identiti & Integriti* 12(15): 74–97.
- Scaini, C., Biass, S., Galderisi, A., Bonadonna, C., Folch, A., Smith, K. & Hoskuldsson, A. 2014. A multi-scale risk assessment for tephra fallout and airborne concentration from multiple Icelandic volcanoes - part 2: vulnerability and impact. *Natural Hazards and Earth System Sciences Discussions* 2.
- Scheid, C., Schmitt, T.G., Bischoff, G., Hüffmeyer, N., Krieger, K., Waldhoff, A. & Günner, C. 2013. GIS-based methodology for pluvial flood risk analysis in Hamburg. *Novatech 2013*: 1–9.
- SEADPRI-UKM. 2024. *Arkib Data Pusat Kajian Bencana Asia Tenggara (SEADPRI-UKM)*.
- Sene, K. 2012. *Flash floods: forecasting and warning*. Hlm. 1–33 & 133–198. Dordrecht: Springer.
- Setianto, A. & Triandini, T. 2015. Comparison of kriging and inverse distance weighted (IDW) interpolation methods in lineament extraction and analysis. *Journal of Applied Geology* 5(1): 21–29.
- Shah, D.C., Anderson, C., Breimyer, P., Foster, S., Geyer, K., Griffith, J.D., Heier, A., Majumdar, A., Simek, O., Stanisha, N. & Waugh, F.R. 2015. Application of graph methods for leveraging open source data during disaster response. *Proceedings of the 5th IEEE Global Humanitarian Technology Conference, GHTC 2015*: 259–266.
- Shahrulnizam, S.K. & Kamaruddin, S. 2020. Flood mitigation measures in urban areas of Malaysia using the integrated catchment modelling approach. *Environmental Science and Pollution Research* 27(27): 33943–33956.
- Shamsuddin, S. & Abdul Rashid, A. 2013. Malaysian urban rural national indicators network on sustainable development (MURNInets). *43rd Annual Conference of the Urban Affairs Association* 3–6: 1–13.
- Sharaai, N. 2023. Pengaplikasian sistem defence geospatial information management (DGIM) dalam pengurusan bencana. *Symposium Maklumat Geospatial Kebangsaan (NGIS)* 9.

- Sharir, K. & Roslee, R. 2023. Analisis indeks kemudahterancaman banjir secara fizikal, sosial dan persekitaran di kawasan Kota Belud, Sabah, Malaysia. *Sains Malaysiana* 52(6): 1619–1633.
- Shi, P., Wang, J., Yang, M., Chen, J., Pan, Y., Wang, P., Fang, W., Zhou, W., Wang, Y., Yuan, Y., Xu, X. & Luo, W. 2000. Understanding of natural disaster database design and compilation of digital atlas of natural disasters in China. *Geographic Information Sciences* 6(2): 153–158.
- Sholihah, Q., Kuncoro, W., Wahyuni, S., Puni Suwandi, S. & Dwi Feditasari, E. 2020. The analysis of the causes of flood disasters and their impacts in the perspective of environmental law. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* 437(1).
- Smith, J.L. 1999. *Methods manual for East Limestone Island: research protocol*. Laskeek Bay Conservation Society.
- Smith, M.J. de, Goodchild, M.F. & Longley, P.A. 2015. *Geospatial analysis*. Edisi ke-5. The Winchelsea Press, Winchelsea, UK.
- Stewart, J.Q. 1950. The development of social physics. *American Journal of Physics* 18(5): 239–253.
- Sun, H., Song, F., Ai, X. & Duan, Y. 2024. Content analysis of disaster risk reduction in secondary school geography textbooks in China and the United States: promoting disaster resilience through geography education. *Sustainability (Switzerland)* 16(21).
- Tabachová, Z., Diem, C., Stangl, J., Borsos, A. & Thurner, S. 2025. *Combined climate stress testing of supply-chain networks and the financial system with nation-wide firm-level emission estimates*. Cornell University: 1–37.
- Tang, X., Feng, L., Zou, Y. & Mu, H. 2012. The Shanghai multi-hazard early warning system: Addressing the challenge of disaster risk reduction in an urban megalopolis. *Institutional Partnerships in Multi-Hazard Early Warning Systems*, hlm. 159–179. Berlin/Heidelberg: Springer.
- Tappenden, K. 2015. The district of North Vancouver's landslide management strategy: role of public involvement for determining tolerable risk and increasing community resilience. *Natural Hazards* 72(2): 481–501.
- Tella, A., et al. 2023. *Spatial prediction of flood in Kuala Lumpur city of Malaysia using logistic regression*. ISPRS Archives, 48(4): 363–370.
- Temrin, S.N.A. & Awang, A. 2017. Bencana banjir dan tahap pengetahuan penduduk terhadap pengurusan banjir di Serian. *Malaysian Journal of Society and Space* 4(4): 22–36.
- Thünen, J.H. von. 1826. *Der isolierte Staat in Beziehung auf Landwirtschaft und Nationalökonomie (Negara Terpencil dalam Hubungannya dengan Pertanian dan Ekonomi Negara)*. Hamburg: Perthes.

- Tiza, M.T., Iorver, V.T. & Iortyom, E.T. 2016. The effects of poor drainage system on road pavement: a review. *International Journal for Innovative Research in Multidisciplinary Field* 2(8).
- Tuan, A.N.G. 2011. Overview of three-dimensional GIS data models. *International Workshop on Image Analysis for Multimedia Interactive Services* 2(3).
- Turner, J.C. 2005. Explaining the nature of power: a three-process theory. *European Journal of Social Psychology* 35(1): 1–22.
- UKM. 2024. *Penyelidikan gegar gamat pemacu inovasi UKM*. Edisi ke-1. Bangi: Penerbit Universiti Kebangsaan Malaysia.
- UNDP. 2013. *A comparative review of country-level and regional disaster loss and damage databases*. United Nations Development Programme (UNDP).
- UNDP. 2015. *UNDP and the Hyogo framework for action*. United Nations Development Programme (UNDP).
- UNDRR, United Nations Office for Outer Space Affairs & World Meteorological Organization. 2021. *Call for good practices on Early Warning Systems with focus on multi-hazards*. UNDRR. <https://www.undrr.org/news/call-good-practices-early-warning-systems-focus-multi-hazards> [12 September 2024].
- UNDRR. 2017. *UNDRR terminology*. <https://www.undrr.org/terminology> [30 September 2020].
- UNDRR. 2024. *GAR special report 2024: forensic insights for future resilience – learning from past disasters*. United Nations Office for Disaster Risk Reduction (UNDRR).
- UNISDR. 2012. *An update on the UNISDR's activities and progress in disaster risk reduction*. United Nations International Strategy for Disaster Reduction (UNISDR).
- UNISDR. 2015. *UNISDR annual report 2015*. United Nations International Strategy for Disaster Reduction (UNISDR).
- Unit GIS JPS. 2018. *Data GIS*. Portal GIS, Jabatan Pengairan dan Saliran.
- United Nation (UN). 2009. *UNISDR terminology on disaster risk reduction*. United Nations International Strategy for Disaster Reduction (UNISDR).
- United Nation (UN). 2015. Concourse: governance and institutions. *World Economic and Social Survey 2014/2015*: 141–161.
- United Nations [UN]. 2015. *Sendai Framework for Disaster Risk Reduction 2015–2030*. Geneva: United Nations Office for Disaster Risk Reduction (UNDRR). hlm. 37.

- United Nations Development Programme [UNDP]. 2022. *Guidance Notes on Building Critical Infrastructure Resilience in Europe and Central Asia*. New York: United Nations Development Programme. hlm. 80.
- United Nations Office for Disaster Risk Reduction (UNDRR). 2015. *Sendai Framework for Disaster Risk Reduction 2015–2030*. Geneva: UNDRR.
- United Nations Office for Disaster Risk Reduction (UNDRR). 2017. *Terminology on disaster risk reduction*. Geneva: UNDRR.
- United Nations Office for Disaster Risk Reduction [UNDRR]. 2020. *Hazard Definition & Classification Review: Technical Report*. Geneva: United Nations Office for Disaster Risk Reduction. hlm. 87.
- United Nations(UN). 2010a. *Disaster risk assessment*. New York. United Nations.
- United Nations. 2007. *State of world population 2007: unleashing the potential of urban growth*. New York: United Nations Population Fund.
- United Nations. 2010b. *World Urbanization Prospects: The 2009 Revision*. New York: United Nations.
- Van Der Sterren, M., Shrestha, S. & Rahman, A. 2007. A risk assessment of ponding using grated drainage system in urban areas of Western Sydney in Australia. *World Environmental and Water Resources Congress: Restoring Our Natural Habitat*: 1–8.
- Varnes, D.J. 1978. Slope movement types and processes. *Landslide, Analysis and Control*. Washington, D.C.: 11–33.
- Wan Nor Azriyati, W.A.A., Faizah, A., Noor Rosly, H. & Kok, W.H. 2011. Pembasmian kemiskinan bandar ke arah bandar inklusif dan sejahtera: cabaran Kuala Lumpur. *Journal of Surveying, Construction & Property* 2(1).
- Warntz, W. & Neft, D.S. 1960. Statistical surface fitting. *Papers in Regional Science* 6(1): 35–44.
- Watt, W.E. 2000. Twenty years of flood risk mapping under the Canadian national flood damage reduction program. *Flood issues in contemporary water management*: 155–165.
- Weber, A. 1929. *Theory of the location of industries*. Trans. oleh C. J. Friedrich. Chicago: University of Chicago Press.
- Wenzel, F., Zschau, J., Kunz, M., Daniell, J.E., Khazai, B. & Kunz-Plapp, T. 2013. Near real-time forensic disaster analysis. Comes, T., Fiedrich, F., Fortier, S., Geldermann, J. & Müller, T. (penyunting). *Proceedings of the 10th International ISCRAM Conference, Baden–Baden, Germany, 12–15 May*. Karlsruhe: Karlsruhe Institute of Technology.
- Wing, C.C. 2016. Managing flood problems. *Buletin Ingenieur*: 38–43.

- Wirtz, A., Kron, W., Löw, P. & Steuer, M. 2014. The need for data: natural disasters and the challenges of database management. *Natural Hazards* 70(1): 135–157.
- Wisner, B. 2004. Assessment of capability and vulnerability. Bankoff, G., Frerks, G. & Hilhorst, D. (pnyt.). *Mapping vulnerability: disasters, development and people*. London: Earthscan.
- Wisner, B., Blaikie, P., Cannon, T. & Davis, I. 2004. *At Risk: Natural Hazards, People's Vulnerability and Disasters*. Edisi ke-2. London: Routledge.
- Worboys, M.F., Hearnshaw, H.M. & Maguire, D.J. 1995. Object-oriented data modelling for spatial databases. *International Journal of Geographical Information Systems* 4(4): 369–383.
- World Meteorological Organization [WMO], United Nations Office for Disaster Risk Reduction [UNISDR] & United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization [UNESCO]. 2018. *Multi-hazard early warning systems: A checklist. Outcome of the first multi-hazard early warning conference 22–23 May, Cancún, México*. Geneva: WMO.
- Wright, J.K. 1936. A method of mapping densities of population with Cape Cod as an example. *Geographic Review* 26: 103–110.
- Yagi, R., Kure, S., Ishikawa, S. & Priyambodho, B.A. 2020. Probable maximum flood inundation simulation for rivers in Toyama Prefecture, Japan. *22nd Congress of the International Association for Hydro-Environment Engineering and Research – Asia Pacific Division (IAHR-APD 2020): Creating resilience to water-related challenges*: 1–7.
- Young, S. & Gibbs, T. 2004. *Impact of Hurricane Ivan in Grand Cayman: Understanding and Quantifying the Hazards*. GeoSY Ltd. hlm. 1–53.
- Yusmah, M. Y., Bracken, L. J., Sahdan, Z., Norhaslina, H., Melasutra, M. D., Ghaffarianhoseini, A., Sumiliana, S. & Shereen Farisha, A. S. (2020). Understanding urban flood vulnerability and resilience: A case study of Kuantan, Pahang, Malaysia. *Natural Hazards*, 101(2), 551–571.
- Yusof, R. 2003. *Penyelidikan sains sosial*. Siri Pendi. Pahang: PTS Publications & Distributors.
- Zaidi, R. Z. 2018. Beyond the Sendai indicators: Application of a cascading risk lens for the improvement of loss data indicators for slow-onset hazards and small-scale disasters. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 30(March): 306–314.
- Zainudin, M. R., Khalid, K. & Maran, D. 2005. Aplikasi GIS dalam pemetaan tematik berdigit: Kajian awalan di UiTM Pahang. *Prosiding KONAKA 2009: Penyelidikan Menjana Inovasi dan Penulisan Berkualiti*, hlm. 271–282. UiTM Pahang.

- Zakaria, S.F., Zin, R.M., Mohamad, I., Balubaid, S., Mydin, S.H. & Mdr, E.M.R. 2017. The development of flood map in Malaysia. *AIP Conference Proceedings* 1903.
- Zambry, A. 2024. KWP rancang bina kolam takungan berteknologi tinggi di Kuala Lumpur. *Wilayahku*.<https://www.wilayahku.com.my/kwp-rancang-bina-kolam-takungan-berteknologi-tinggi-di-kuala-lumpur/> [12 September 2024].
- Zhang, Y. & Wildemuth, B.M. 2009. *Qualitative analysis of content*. Wildemuth, B.M. (pnyt.). *Applications of social research methods to questions in information and library science*. Westport, CT: Libraries Unlimited, hlm. 308–319.
- Zhou, Y.X., Liu, G.J., Fu, E.J. & Zhang, K.F. 2009. An object-relational prototype of GIS-based disaster database. *Procedia Earth and Planetary Science* 1(1): 1060–1066.

