

ANALISIS RANGKAIAN PENULARAN DENGGI DI SELANGOR

SITI NAJHA BINTI MD ASARI



UNIVERSITI KEBANGSAAN MALAYSIA

 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/DISERTASI SELEPAS PEMBETULAN FORM AND CHECKLIST OF AMENDED THESIS/DISSERTATION SUBMISSION		

F. KELULUSAN DEKAN/PENGARAH / APPROVAL FROM DEAN/DIRECTOR

Tandatangan:
Signature

Tarikh:
Date

Nama dan Cap Rasmi:
Name and Official Stamp


 PROFESOR DATO' DR MARINA MAT BAKI
 MD (UKM), MS ORL-HNS (UKM), PhD (UCL)
 Dekan Fakulti Perubatan
 Pakar Perunding Kanan ORL-HNS
 Universiti Kebangsaan Malaysia

3/9/2026

**G. PERAKUAN TESIS/ DISERTASI SARJANA / DOKTOR FALSAFAH
(CERTIFICATION OF MASTER'S / DOCTORAL THESIS / DISSERTATION)**

Nama penuh pengarang
(Author's Full Name)

Siti Najihah Binti Md Asari

No. Pendaftaran Pelajar
(Student's Registration No.)

P137733

Sesi Akademik
(Academic
Session)

1 / 2023/2024

Tajuk Tesis / Disertasi
(Thesis / Dissertation Title)

Analisis Rangkaian Penularan Denggi di Selangor

Semua tesis/disertasi dan penerbitan berkaitan hasil penyelidikan pelajar adalah tertakluk kepada Dasar Harta Intelek Universiti Kebangsaan Malaysia.

All theses/ dissertations and publications relating to the research work of a student are subject to the Intellectual Property Policy of Universiti Kebangsaan Malaysia.

Saya mengaku bahawa tahap akses tesis/disertasi ini sebagai (*Tandakan ✓ dalam kotak bagi maklumat yang berkaitan; tandakan satu (1) kotak di bawah sahaja):

I hereby declare the level of access for this thesis/dissertation as follows (tick ✓ the relevant box below; tick only one option).

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.
Contains classified information as stipulated under the Official Secrets Act 1972.

☐
**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.
Contains information that may only be accessed by parties with specific authorization

 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/DISERTASI SELEPAS PEMBETULAN FORM AND CHECKLIST OF AMENDED THESIS/DISSERTATION SUBMISSION		

☒	AKSES TERBUKA (OPEN ACCESS)	or a defined need to know, as determined by the organization or body where the research is conducted. 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. <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>

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 Najiha Binti Md Asari No. Pendaftaran Pelajar (Student's Registration No.): P137733		Nama Penyelia / Associate Professor Dr. Nazarudin Safian Pengerusi JK Siswazah / Full Registration No.: 35211; NSR No.: 132760 (Supervisor's / Chairperson Supervision Committee Name) M.B.S., M.Comm.Med (Epid. & Med. Statistics), PhD Public Health Physician and Senior Lecturer Department of Community Health Faculty of Medicine UKM	
Tarikh: 26 Ogos 2026 (Date)		Tarikh: 26 Ogos 2026 (Date)	

ANALISIS RANGKAIAN PENULARAN DENGGI DI SELANGOR

SITI NAJIHA BINTI MD ASARI

TESIS YANG DIKEMUKAKAN UNTUK MEMPEROLEH
IJAZAH DOKTOR KESIHATAN MASYARAKAT

FAKULTI PERUBATAN
UNIVERSITI KEBANGSAAN MALAYSIA
KUALA LUMPUR

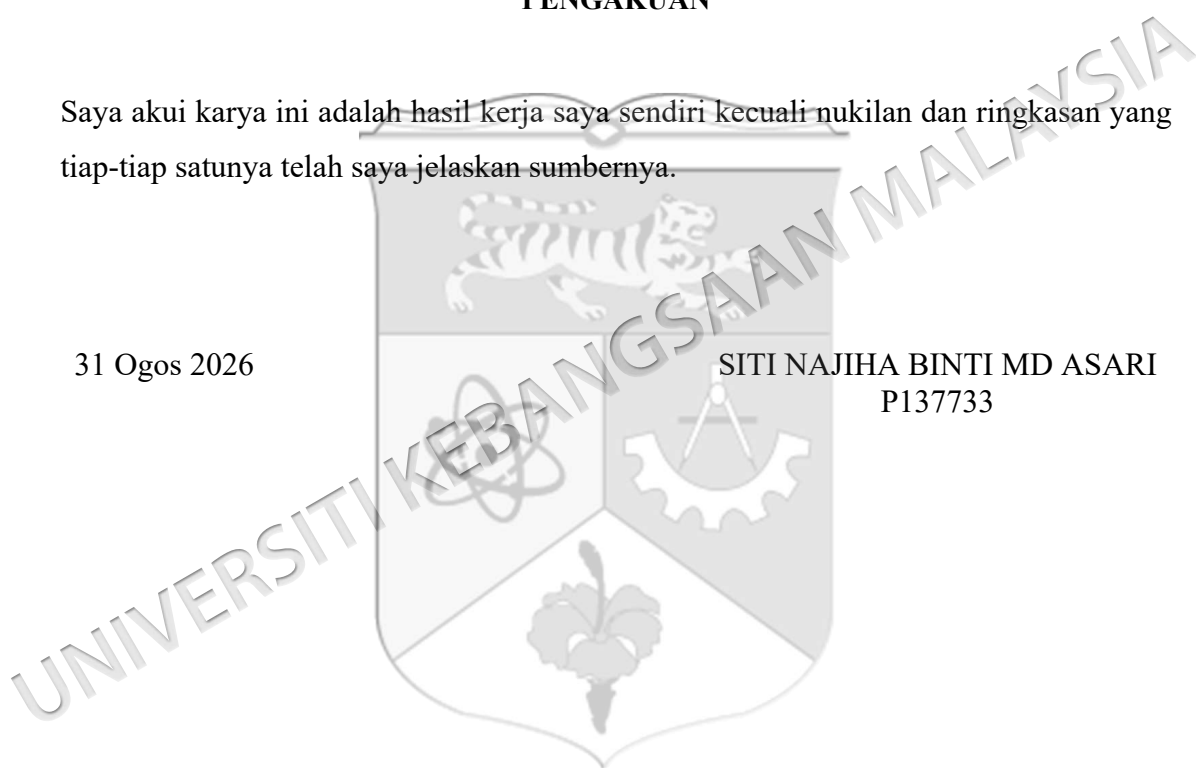
2026

PENGAKUAN

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

31 Ogos 2026

SITI NAJIHA BINTI MD ASARI
P137733



PENGHARGAAN

Dengan nama Allah Yang Maha Pemurah lagi Maha Penyayang. Alhamdulillah. Syukur ke hadrat Allah SWT kerana dengan limpah kurnia, rahmat dan izin-Nya, penyelidikan ini akhirnya dapat disiapkan dengan jayanya.

Setinggi-tinggi penghargaan saya tujukan kepada penyelia utama, Profesor Madya Dr. Nazarudin Safian, atas segala bimbingan, tunjuk ajar, nasihat dan dorongan sejak awal pengajian Doktor Kesihatan Masyarakat (DrPH) sehingga kajian ini dapat disempurnakan dengan baik. Penghargaan yang sama turut diberikan kepada penyelia bersama, Profesor Madya Dr. Fatimah Abdul Razak, atas segala pandangan, tunjuk ajar dan sokongan berterusan sepanjang tempoh penyelidikan ini.

Terima kasih diucapkan kepada ketua jabatan Profesor Dr. Rozita Hod dan Profesor Dr. Azmawati Mohammed Nawi selaku penyelarar program DrPH. Tidak dilupakan semua pensyarah di Jabatan Perubatan Kesihatan Awam atas segala tunjuk ajar sepanjang pengajian. Terima kasih juga diucapkan kepada penyelia lapangan Dr. Noor Khalili Mohd Ali atas tunjuk ajar dalam menterjemahkan dapatan kajian kepada implikasi dan cadangan di lapangan. Selain itu, penghargaan juga ditujukan kepada Dr. Rahim Sulong dan Dr. Wan Ming Keong atas bantuan dan kerjasama dalam urusan akses kepada data denggi.

Penghargaan juga ditujukan kepada Kementerian Kesihatan Malaysia atas pemberian Hadiah Latihan Persekutuan (HLP) yang membolehkan pengajian ini dilaksanakan.

Jutaan terima kasih buat suami tercinta, En. Amirudin bin Jamal, yang sentiasa berada di sisi sepanjang pengajian ini. Terima kasih kerana sentiasa memahami tuntutan DrPH dan berkongsi tanggungjawab menjaga keluarga. Banyak perkara yang kita lalui bersama sepanjang tempoh ini dan saya amat menghargai setiap pengorbanan, kesabaran dan sokongan yang diberikan. Pencapaian ini adalah kejayaan kita bersama. Buat anakku tersayang, Amer Naufal bin Amirudin, terima kasih kerana hadir dalam hidup dan menjadi sumber kekuatan terbesar Mama. Amer Naufal banyak mengajar Mama tentang kesabaran dan ketabahan untuk terus menyiapkan penyelidikan ini dengan baik.

Buat ayahanda Hj. Md Asari bin Muhtar, ibunda Hjh. Noraimah binti Sharif dan adik-beradik, terima kasih atas doa dan kasih sayang yang menjadi kekuatan sepanjang melaksanakan penyelidikan ini.

Akhir sekali, terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu secara langsung atau tidak langsung sepanjang penyelidikan ini. Semoga segala jasa dan kebaikan yang diberikan mendapat ganjaran yang sebaik-baiknya daripada Allah SWT.

ABSTRAK

Denggi merupakan ancaman kesihatan awam yang berterusan di Malaysia, dengan Selangor konsisten mencatatkan beban kes tertinggi. Kajian yang mengkaji struktur rangkaian penularan denggi dan faktor yang mempengaruhi pembentukan pautan masih terhad justeru membataskan tindakan kawalan bersasar. Kajian ini bertujuan membina rangkaian penularan denggi berdasarkan hubungan ruang-masa antara kes, mencirikan struktur rangkaian, dan mengenal pasti faktor yang mempengaruhi pembentukan pautan dalam rangkaian mengikut daerah di Selangor. Kajian keratan rentas ini menggunakan data e-Dengue (Januari–Disember 2023) melalui pensampelan menyeluruh merangkumi 60 889 kes yang disahkan. Pautan ditakrifkan apabila jarak kediaman ≤ 200 meter dan perbezaan tarikh bermula gejala ≤ 14 hari, menggunakan kedekatan kediaman antara kes sebagai proksi penularan. Struktur rangkaian dicirikan menggunakan Analisis Rangkaian Sosial (SNA), manakala faktor pembentukan pautan dimodelkan menggunakan Model Graf Rawak Eksponen (ERGM). Analisis sensitiviti SNA dijalankan bagi semua daerah manakala analisis sensitiviti ERGM hanya berjaya dijalankan bagi Petaling. Sebanyak 63.4% kes membentuk kes berpautan yang tertumpu di daerah berkepadatan tinggi (DBT). Semua rangkaian adalah jarang (kepadatan 0.00025–0.03169) dan berpecah kepada banyak komponen kecil (purata 2.76–4.88 nod), namun menunjukkan transitiviti global sederhana hingga tinggi (0.66–0.85). DBT menunjukkan assortativiti positif (Petaling: 0.729) manakala daerah berkepadatan rendah (DBR) menunjukkan assortativiti bercampur (Sabak Bernam: –0.400). Homofili jenis kediaman merupakan faktor paling konsisten mempengaruhi pembentukan pautan. Di Klang (DBT), padanan bangunan tinggi menunjukkan OR 24.78 (95% CI: 22.67–27.08), manakala di Hulu Selangor (DBR), OR 22.00 (95% CI: 18.30–26.41). Padanan bukan warganegara dan kategori pelajar turut menunjukkan peningkatan kecenderungan pembentukan pautan di kedua-dua daerah. Dalam analisis sensitiviti ERGM bagi Petaling, faktor atribut dan homofili kekal stabil. Persekitaran kediaman yang dikongsi dan komposisi komuniti dikaitkan dengan pembentukan pautan dalam rangkaian penularan denggi di Selangor. Dapatan menyokong strategi kawalan berbeza mengikut kepadatan daerah dan jenis kediaman, melibatkan pengurusan bangunan, pendidikan kesihatan bukan warganegara dan pemantauan di institusi pendidikan.

ANALYSIS OF DENGUE TRANSMISSION NETWORKS IN SELANGOR

ABSTRACT

Dengue remains a public health threat in Malaysia, with Selangor consistently recording the highest number of cases. Studies on the structure of dengue transmission networks and the factors influencing link formation are limited, thereby constraining control efforts. This study aimed to construct a dengue transmission network based on spatiotemporal relationships between cases, characterise network structures, and identify factors influencing link formation across districts in Selangor. This cross-sectional study used e-Dengue data from January–December 2023 through universal sampling, comprising 60 889 cases. A link was defined when residential distance was ≤ 200 metres and the difference in symptom onset dates was ≤ 14 days, using residential proximity between cases as a proxy for transmission. Network structure was characterised using Social Network Analysis (SNA), while factors influencing link formation were modelled using the Exponential Random Graph Model (ERGM). SNA sensitivity analyses were conducted for all districts, whereas ERGM sensitivity analysis was conducted only for Petaling. 63.4% of cases were linked cases, concentrated in high-density districts (HDD). All networks were sparse (density 0.00025–0.03169) and fragmented into many small components (mean 2.76–4.88 nodes), yet demonstrated moderate to high global transitivity (0.66–0.85). HDD showed positive degree assortativity (Petaling: 0.729) while low-density districts (LDD) showed mixed assortativity (Sabak Bernam: -0.400). In Klang (HDD), high-rise matching showed OR 24.78 (95% CI: 22.67–27.08), while in Hulu Selangor (LDD), the OR was 22.00 (95% CI: 18.30–26.41). Non-citizen matching and student status also showed increased link formation tendencies in both districts. In Petaling, attribute and homophily effects remained stable in sensitivity analyses. This study provides empirical evidence that shared residential environments and community composition were associated with link formation. Findings support differentiated control strategies based on district profiles, incorporating building management engagement, health education for non-citizen communities, and scheduled monitoring at educational institutions.

KANDUNGAN

	Halaman
PENGAKUAN	ii
PENGHARGAAN	iii
ABSTRAK	iv
ABSTRACT	v
KANDUNGAN	vi
SENARAI JADUAL	xiii
SENARAI ILUSTRASI	xiv
SENARAI SINGKATAN	xvii
SENARAI SIMBOL	xix
 BAB I	
Pengenalan	
1.1 Pendahuluan	1
1.2 Latar Belakang Kajian	1
1.3 Permasalahan Kajian	4
1.3.1 Beban Kes Denggi yang Tinggi di Selangor	4
1.3.2 Penularan Denggi yang Berulang di Lokaliti dan Daerah yang Sama	5
1.3.3 Keperluan Pendekatan Kawalan Denggi yang Lebih Bersasar	6
1.4 Justifikasi Kajian	7
1.5 Persoalan Kajian	9
1.6 Objektif Kajian	9
1.6.1 Objektif Umum	9
1.6.2 Objektif Khusus	9
1.7 Hipotesis Kajian	10
1.8 Kesimpulan	10
 BAB II	
Kajian Literatur	
2.1 Pengenalan	11
2.2 Epidemiologi Denggi	11
2.2.1 Denggi di Peringkat Global dan Asia	11
2.2.2 Denggi di Malaysia	12

	2.2.3	Denggi di Selangor	13
2.3		Penularan Denggi	14
	2.3.1	Agen	15
	2.3.2	Vektor	16
	2.3.3	Perumah	18
	2.3.4	Persekitaran	21
2.4		Konsep Hubungan Ruang-Masa dalam Penularan Denggi	23
	2.4.1	Pengelompokan Denggi dalam Ruang dan Masa	24
	2.4.2	Hubungan Ruang-Masa sebagai Proksi Penularan	25
	2.4.3	Pemilihan Ambang Ruang-Masa dalam Kajian Denggi	25
	2.4.4	Jurang Kajian	27
2.5		Analisis Rangkaian dalam Penyakit Berjangkit	32
	2.5.1	Konsep Asas SNA	32
	2.5.2	Ukuran Struktur Rangkaian	34
	2.5.3	Ukuran Pemusatan Nod dan Rangkaian	37
	2.5.4	Pemodelan Statistik Rangkaian Menggunakan ERGM	40
	2.5.5	Kajian SNA dan ERGM dalam Epidemiologi Penyakit Berjangkit	49
2.6		Kerangka Teori	51
	2.6.1	Pendekatan Eko-Bio-Sosial	52
	2.6.2	Teori Rangkaian Sosial	52
	2.6.3	Integrasi Pendekatan Eko-Bio-Sosial dan Teori Rangkaian Sosial	55
2.7		Kerangka Konsep	56
2.8		Istilah Utama dan Definisi	58
2.9		Kesimpulan	60

BAB III

KAEDAH KAJIAN

3.1	Pengenalan	62
3.2	Lokasi Kajian	62
3.3	Reka Bentuk Kajian Dan Durasi	64
3.4	Populasi Sasaran	65
3.5	Populasi Kajian	65
3.6	Rangka Pensampelan	65
3.7	Unit Pensampelan	65
3.8	Saiz Sampel	66
3.9	Kaedah Pensampelan	67

3.10	Kriteria Kemasukan	67
3.11	Kriteria Penolakan	68
3.12	Carta Alir Pensampelan	68
3.13	Sumber Data	69
	3.13.1 Data Kes Denggi	70
3.14	Alat Kajian	70
	3.14.1 Lembaran Data Kes Denggi Negeri Selangor	70
3.15	Analisis Kajian	71
	3.15.1 Pengurusan Data	71
	3.15.2 Definisi dan Pembinaan Pautan	73
	3.15.3 Analisis Deskriptif	75
	3.15.4 Analisis Rangkaian Sosial (SNA)	76
	3.15.5 Analisis Model Graf Rawak Eksponen (ERGM)	77
	3.15.6 Visualisasi Struktur Rangkaian Denggi Menggunakan Graf Rangkaian	80
	3.15.7 Analisis Sensitiviti	81
3.16	Definisi Pemboleh ubah	82
3.17	Etika Penyelidikan	84
	3.17.1 Kelulusan Bertulis daripada Jawatankuasa Etika Penyelidikan	84
	3.17.2 Kelulusan Bertulis daripada Pemilik Data Utama	85
	3.17.3 Pengurusan dan Kerahsiaan Data	85
3.18	Kesimpulan	85
BAB IV	DAPATAN KAJIAN	
4.1	Pengenalan	86
4.2	Objektif 1: Membina Rangkaian Penularan Denggi Berdasarkan Hubungan Ruang-Masa Antara Kes Mengikut Daerah di Selangor	87
	4.2.1 Ciri-ciri Sosiodemografi dan Persekitaran Kes Denggi di Selangor (Keseluruhan)	87
	4.2.2 Ciri-ciri Sosiodemografi Kes Berpautan Mengikut Daerah	89
	4.2.3 Pemetaan bagi Analisis Deskriptif	94
4.3	Objektif 2: Mencirikan Struktur Rangkaian Penularan Denggi Menggunakan Ukuran Rangkaian dan Ukuran Pemusatan Mengikut Daerah	96
	4.3.1 Ciri Struktur Rangkaian Mengikut Daerah	97
	4.3.2 Ukuran Pemusatan Nod dan Rangkaian Mengikut Daerah	107

4.3.3	Visualisasi Corak Pemusatan dan Atribut Nod dalam Rangkaian	112
4.3.4	Analisis Sensitiviti Struktur Rangkaian	126
4.4	Objektif 3: Mengenal Pasti Faktor Atribut Nod (Kategori Pekerjaan), Faktor Homofili Nod (Jenis kediaman dan Status Kewarganegaraan) dan Faktor Struktur Dalam Rangkaian (Gwdegree, Gwesp, Gwdsp) yang Mempengaruhi Pembentukan Pautan Dalam Rangkaian Penularan Denggi Mengikut Daerah	128
4.4.1	Pengenalan	128
4.4.2	Analisis ERGM Mengikut Daerah	128
4.4.3	Diagnostik dan Kesesuaian Model ERGM	136
4.4.4	Analisis Sensitiviti ERGM	137
4.4.5	Pemetaan Atribut Berdarjah Tinggi Mengikut Daerah	139
4.5	Kesimpulan	145
BAB V	PERBINCANGAN	
5.1	Pengenalan	146
5.2	Perbincangan Dapatan Objektif 1	146
5.2.1	Nisbah Kes dan Taburan Kes Berpautan	146
5.2.2	Taburan Kes Berpautan Mengikut Ciri Sosiodemografi	148
5.2.3	Taburan Kes Berpautan mengikut Ciri Persekitaran	149
5.3	Perbincangan Dapatan Objektif 2	150
5.3.1	Kepadatan Rangkaian	150
5.3.2	Struktur Komponen dalam Rangkaian	151
5.3.3	Jarak Struktur Rangkaian Mengikut Komponen Terbesar di Daerah	152
5.3.4	Pengelompokan Setempat Melalui Transitiviti Global	152
5.3.5	Ukuran Pemusatan Nod dan Rangkaian	153
5.3.6	Keteguhan Dapatan Struktur Rangkaian Berdasarkan Analisis Sensitiviti	154
5.4	Perbincangan Dapatan Objektif 3	155
5.4.1	Faktor Homofili Jenis Kediaman	155
5.4.2	Faktor Homofili Status Kewarganegaraan	158
5.4.3	Faktor Atribut Nod: Kategori Pelajar	160
5.4.4	Faktor Struktur Dalam Rangkaian	161
5.4.5	Keteguhan Dapatan melalui Analisis Sensitiviti ERGM	162
5.5	Sintesis Dapatan Semua Objektif	163

5.6	Kekuatan Kajian	165
5.6.1	Kekuatan Data dan Liputan Geografi	165
5.6.2	Penggunaan Kes Denggi yang Disahkan Makmal	165
5.6.3	Integrasi Kaedah Rangkaian dan Pemodelan Statistik	166
5.7	Limitasi Kajian	166
5.7.1	Kes Asimptomatik	166
5.7.2	Limitasi Ketepatan Data Survelan	167
5.7.3	Potensi Bias daripada Definisi Pautan	167
5.7.4	Had Kesahan Luaran	168
5.8	Kesimpulan	169

BAB VI RUMUSAN DAN CADANGAN

6.1	Pengenalan	170
6.2	Rumusan Kajian	170
6.3	Sumbangan Kajian	172
6.3.1	Sumbangan kepada Ilmu Pengetahuan	172
6.3.2	Sumbangan Teori dan Metodologi	173
6.3.3	Sumbangan Implikasi kepada Pencegahan dan Kawalan Denggi	173
6.4	Cadangan Pencegahan dan Kawalan Denggi	174
6.4.1	Aras Dasar dan Polisi	174
6.4.2	Aras Program dan Pengurusan	176
6.4.3	Aras Komuniti dan Operasi di Daerah	177
6.5	Cadangan Penyelidikan Masa Hadapan	179
6.5.1	Penggunaan Data Masa Nyata (<i>Real-Time Data</i>) dan Model Rangkaian Temporal	179
6.5.2	Penambahan Faktor yang Boleh Mempengaruhi Penularan Denggi	180
6.5.3	Replikasi Kajian di Negeri atau Negara Endemik Denggi Lain	180
6.6	Kesimpulan	181

RUJUKAN 182

LAMPIRAN

Lampiran A	Borang Siasatan E-Dengue Yang Digunakan Pejabat Kesihatan Daerah Di Selangor	197
Lampiran B	Kelulusan Penyelidikan	199
Lampiran C	Kelulusan Pengumpulan Data Dari Fasilitas	200

Lampiran D	Kelulusan Etika	201
Lampiran E	Jadual Tambahan Analisis Sensitiviti Struktur Rangkaian	202
Lampiran F	Jadual Tambahan Tiga Model Berperingkat ERGM Bagi Daerah Petaling	209
Lampiran G	Jadual Tambahan Tiga Model Berperingkat ERGM Bagi Daerah Hulu Langat	210
Lampiran H	Jadual Tambahan Tiga Model Berperingkat ERGM Bagi Daerah Klang	211
Lampiran I	Jadual Tambahan Tiga Model Berperingkat ERGM Bagi Daerah Gombak	212
Lampiran J	Jadual Tambahan Tiga Model Berperingkat ERGM Bagi Daerah Sepang	213
Lampiran K	Jadual Tambahan Tiga Model Berperingkat ERGM Bagi Daerah Kuala Langat	214
Lampiran L	Jadual Tambahan Tiga Model Berperingkat ERGM Bagi Daerah Hulu Selangor	215
Lampiran M	Jadual Tambahan Tiga Model Berperingkat ERGM Bagi Daerah Kuala Selangor	216
Lampiran N	Jadual Tambahan Tiga Model Berperingkat ERGM Bagi Daerah Sabak Bernam	217
Lampiran O	Jadual Dan Rajah Tambahan Diagnostik MCMC Dan GOF Daerah Petaling	218
Lampiran P	Jadual Dan Rajah Tambahan Diagnostik MCMC Dan GOF Daerah Hulu Langat	220
Lampiran Q	Jadual Dan Rajah Tambahan Diagnostik MCMC Dan GOF Daerah Klang	222
Lampiran R	Jadual Dan Rajah Tambahan Diagnostik MCMC Dan GOF Daerah Gombak	224
Lampiran S	Jadual Dan Rajah Tambahan Diagnostik MCMC Dan GOF Daerah Sepang	226
Lampiran T	Jadual Dan Rajah Tambahan Diagnostik MCMC Dan GOF Daerah Hulu Selangor	228
Lampiran U	Jadual Dan Rajah Tambahan Diagnostik MCMC Dan GOF Daerah Kuala Langat	230

Lampiran V	Jadual Dan Rajah Tambahan Diagnostik MCMC Dan GOF Daerah Kuala Selangor	232
Lampiran W	Jadual Dan Rajah Tambahan Diagnostik MCMC Dan GOF Daerah Sabak Bernam	234
Lampiran X	Penerbitan Berkaitan Disertasi I	236
Lampiran Y	Penerbitan Berkaitan Disertasi II	237
Lampiran Z	Pembentangan Berkaitan Disertasi	238



SENARAI JADUAL

No. Jadual		Halaman
Jadual 2.1	Perbandingan bilangan kes dan kematian denggi di peringkat Global, Asia, Malaysia dan Selangor tahun 2024	14
Jadual 2.2	Kajian ruang-masa denggi terdahulu dan faktor yang dikaji	29
Jadual 2.3	Kajian SNA dan ERGM dalam epidemiologi penyakit berjangkit	51
Jadual 2.4	Istilah utama dan definisi	58
Jadual 3.1	Klasifikasi daerah di Selangor mengikut kepadatan penduduk	63
Jadual 3.2	Kajian lalu menggunakan SNA dan ERGM beserta bilangan nod yang dianalisis	66
Jadual 3.3	Definisi pemboleh ubah bagi analisis deskriptif	83
Jadual 3.4	Definisi pemboleh ubah bagi pemodelan ERGM	84
Jadual 4.1	Ciri-ciri sosiodemografi dan persekitaran kes keseluruhan, kes berpautan dan kes sporadik bagi denggi di Selangor	89
Jadual 4.2	Analisis deskriptif kes berpautan mengikut daerah di Selangor	92
Jadual 4.3	Ciri-ciri struktur rangkaian penularan denggi mengikut daerah di Selangor	101
Jadual 4.4	Ukuran pemusatan nod dan pemusatan rangkaian mengikut daerah di Selangor	111
Jadual 4.5	Analisis sensitiviti bagi struktur rangkaian daerah Petaling	127
Jadual 4.6	Analisis sensitiviti bagi struktur rangkaian daerah Sepang	127
Jadual 4.7	ERGM Model 3 bagi faktor pembentukan pautan denggi mengikut daerah	134
Jadual 4.8	Analisis sensitiviti bagi model 3 ERGM Petaling	138
Jadual 4.9	Rumusan hipotesis kajian berdasarkan ERGM	139

SENARAI ILUSTRASI

No. Rajah		Halaman
Rajah 2.1	Bilangan kes dan kematian denggi di Malaysia tahun 2000-2021.	13
Rajah 2.2	Faktor penyakit berjangkit bawaan vektor.	15
Rajah 2.3	Contoh nod yang bersambung dengan nod lain (Nod A–B, B–C dan A–D) menggunakan pautan tidak berarah dalam rangkaian.	33
Rajah 2.4	Kerangka teori integrasi pendekatan eko-bio-sosial dan teori rangkaian sosial dalam kajian penularan denggi	55
Rajah 2.5	Kerangka kerja konsep kajian: Faktor perumahan dan persekitaran mempengaruhi penularan denggi pada setiap kes, diwakili sebagai nod. Dua nod ditakrifkan berpautan apabila jarak kediaman ≤ 200 meter dan perbezaan tarikh bermula gejala ≤ 14 hari (SNA). Pembentukan pautan ini seterusnya dimodelkan menggunakan atribut nod, homofili nod dan struktur dalaman rangkaian (ERGM). Kotak berwarna biru ialah pemboleh ubah yang dikaji, kotak kelabu ialah pemboleh ubah yang tidak dikaji dan kotak kuning adalah definisi pautan.	57
Rajah 3.1	Lokasi negeri Selangor dan sembilan daerah kajian.	64
Rajah 3.2	Carta alir pensampelan	69
Rajah 4.1	Pemetaan kes sporadik dan kes berpautan denggi di Selangor	95
Rajah 4.2	Pemetaan kes sporadik denggi di Selangor	96
Rajah 4.3	Pemetaan kes berpautan denggi di Selangor	96
Rajah 4.4	Pemetaan kes berpautan di daerah Petaling	102
Rajah 4.5	Pemetaan kes berpautan di daerah Hulu Langat	103
Rajah 4.6	Pemetaan kes berpautan di daerah Klang	103
Rajah 4.7	Pemetaan kes berpautan di daerah Gombak	104
Rajah 4.8	Pemetaan kes berpautan di daerah Sepang	104
Rajah 4.9	Pemetaan kes berpautan di daerah Kuala Langat	105
Rajah 4.10	Pemetaan kes berpautan di daerah Hulu Selangor	105
Rajah 4.11	Pemetaan kes berpautan di daerah Kuala Selangor	106

Rajah 4.12	Pemetaan kes berpautan di daerah Sabak Bernam	106
Rajah 4.13	Graf rangkaian penularan denggi berdasarkan pemusatan darjah nod bagi daerah berkepadatan tinggi (DBT). Warna nod mewakili lapar komponen terbesar dalam rangkaian, manakala komponen lain dipaparkan dalam warna kelabu, saiz nod mewakili darjah nod.	115
Rajah 4.14	Graf rangkaian penularan denggi mengikut pemusatan darjah nod bagi daerah berkepadatan rendah (DBR). Warna nod mewakili lapar komponen terbesar dalam rangkaian, manakala komponen lain dipaparkan dalam warna kelabu. Saiz nod mewakili darjah nod.	118
Rajah 4.15	Visualisasi graf rangkaian penularan denggi mengikut atribut nod di daerah Klang sebagai wakil daerah berkepadatan tinggi (DBT): (a) jantina, (b) bangsa, (c) kategori pekerjaan, (d) status kewarganegaraan dan (e) jenis kediaman. Saiz nod mewakili darjah nod, iaitu bilangan pautan bagi setiap kes, manakala warna nod mewakili kategori atribut seperti yang ditunjukkan dalam petunjuk bagi setiap graf	122
Rajah 4.16	Visualisasi graf rangkaian penularan denggi mengikut atribut nod di daerah Kuala Langat sebagai wakil daerah berkepadatan rendah (DBR): (a) jantina, (b) bangsa, (c) kategori pekerjaan, (d) status kewarganegaraan dan (e) jenis kediaman. Saiz nod mewakili darjah nod, iaitu bilangan pautan bagi setiap kes, manakala warna nod mewakili kategori atribut seperti yang ditunjukkan dalam petunjuk bagi setiap graf	125
Rajah 4.17	Pemetaan kes berpautan mengikut jenis kediaman dan kawasan berdarjah tinggi di Klang	140
Rajah 4.18	Pemetaan kes berpautan mengikut jenis kediaman dan kawasan berdarjah tinggi di Kuala Langat	141
Rajah 4.19	Pemetaan kes berpautan mengikut jenis kediaman dan kawasan berdarjah tinggi di Hulu Selangor	141
Rajah 4.20	Pemetaan kes berpautan mengikut jenis kediaman dan kawasan berdarjah tinggi di Sepang	142
Rajah 4.21	Pemetaan kes berpautan mengikut status kewarganegaraan dan kawasan berdarjah tinggi di Klang	143
Rajah 4.22	Pemetaan kes berpautan mengikut status kewarganegaraan dan kawasan berdarjah tinggi di Hulu Selangor	144
Rajah 4.23	Pemetaan kes berpautan mengikut status kewarganegaraan dan kawasan berdarjah tinggi di Hulu Langat	144

Rajah 4.24 Pemetaan kes berpautan mengikut status kewarganegaraan dan kawasan berdarjah tinggi di Gombak



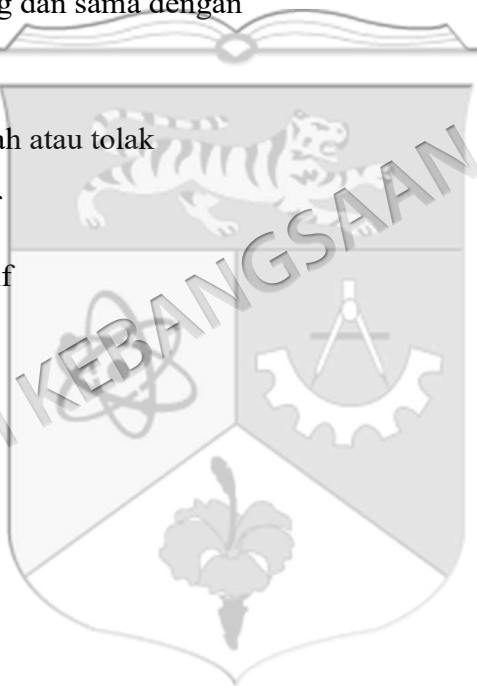
SENARAI SINGKATAN

ADE	Antibody-dependent enhancement (Peningkatan bergantung antibodi)
CI	Confidence Interval (Selang keyakinan)
COMBI	Communication for Behavioral Impact (Komunikasi untuk Perubahan Tingkah Laku)
CSV	Comma-separated values (Fail nilai dipisahkan koma)
DBR	Daerah Berkepadatan Rendah
DBT	Daerah Berkepadatan Tinggi
DENV	Dengue virus (Virus denggi)
DENV-1	Dengue virus serotype 1 (Serotaip 1 virus denggi)
ELISA	Enzyme-linked immunosorbent assay (Ujian imunosorben berkaitan enzim)
ERGM	Exponential Random Graph Model (Model Graf Rawak Eksponen)
GIS	Geographic Information System (Sistem Maklumat Geografi)
GOF	Goodness-of-fit (Kesesuaian Model)
HIV	Human Immunodeficiency Virus (Virus Kekurangan Imun Manusia)
ID	Identification number (Nombor pengenalan)
IgG	Immunoglobulin G
IgM	Immunoglobulin M
JAK	Julat Antara Kuartil
JMB	Joint Management Body (Badan Pengurusan Bersama)
KKM	Kementerian Kesihatan Malaysia
MCMC	Markov chain Monte Carlo (Rantaian Markov Monte Carlo)
NAAT	Nucleic acid amplification test (Ujian penguatan asid nukleik)

NS1	Non-structural protein 1 (Protein bukan struktur 1)
OR	Odds Ratio (Nisbah odd)
PBT	Pihak Berkuasa Tempatan
PCR	Polymerase chain reaction (Tindak balas rantaian polimerase)
PKD	Pejabat Kesihatan Daerah
PPR	Program Perumahan Rakyat
QGIS	QGIS (Perisian GIS)
RNA	Ribonucleic acid (Asid ribonukleik)
RT-PCR	Reverse transcription polymerase chain reaction (Transkripsi balik tindak balas rantaian polimerase)
SE	Standard error (Ralat piawai)
SNA	Social Network Analysis (Analisis Rangkaian Sosial)
TB	Tuberculosis (Tuberkulosis)
UKM	Universiti Kebangsaan Malaysia
WHO	World Health Organization (Pertubuhan Kesihatan Sedunia)

SENARAI SIMBOL

β	Pekali log-odd model ERGM
θ	Vektor parameter model ERGM
$\kappa(\theta)$	Pemalar penormalan dalam model ERGM
$\Delta g_{ij}(y)$	Perubahan statistik rangkaian apabila status pautan antara nod i dan j berubah
φ	Latitud geografi
$\approx$	Sama dengan
$\leq$	Kurang dan sama dengan
$>$	Lebih
$\pm$	Tambah atau tolak
$+$	Positif
$-$	Negatif



BAB I

PENGENALAN

1.1 PENDAHULUAN

Tesis ini membentangkan kajian mengenai rangkaian penularan denggi di Selangor menggunakan pautan iaitu hubungan ruang-masa antara kes denggi. Terdapat faktor sosiodemografi dan persekitaran yang pelbagai antara daerah di Selangor dan ini mencadangkan corak rangkaian penularan yang mungkin berbeza.

Rasional kajian dijalankan diuraikan dalam bab ini. Bab ini dimulakan dengan latar belakang kajian yang menjelaskan beban denggi di peringkat global, Malaysia dan Selangor. Selaras dengan perkembangan yang pesat di Selangor terdapat perbezaan corak rangkaian penularan denggi mengikut persekitaran daerah. Seterusnya, keperluan untuk menjalankan kajian ini diuraikan dalam permasalahan dan justifikasi kajian. Kemudian, persoalan, objektif serta hipotesis kajian disertakan pada akhir bab ini.

1.2 LATAR BELAKANG KAJIAN

Denggi merupakan penyakit berjangkit bawaan vektor yang memberi beban tinggi kepada kesihatan awam secara global. Asia menanggung sekitar 70% daripada beban penyakit tersebut (Bhatt et al. 2013; Khan et al. 2023). Pada tahun 2024, Pertubuhan Kesihatan Sedunia (WHO) melaporkan sebanyak 14 juta kes denggi termasuk 11 ribu kematian di seluruh dunia (WHO 2025). Di Malaysia, trend kes denggi menunjukkan turun naik yang ketara sepanjang sedekad yang lalu (JKNS 2023). Pada tahun 2024, sebanyak 122 423 kes denggi dengan 117 kematian akibat denggi telah dicatatkan di Malaysia (KKM 2025). Selain beban kesihatan, denggi turut menyebabkan beban ekonomi yang besar dengan kos tahunan kawalan dan rawatan dianggarkan mencecah US\$175.7 juta (Packierisamy et al. 2015). Di Malaysia, Selangor secara konsisten

adalah negeri yang merekodkan bilangan kes denggi yang tertinggi berbanding negeri yang lain (JKNS 2025b).

Kemajuan pesat di Selangor telah membentuk kepelbagaian persekitaran dari segi kepadatan penduduk, jenis perumahan dan komposisi komuniti yang berbeza antara daerah. Justeru penularan denggi di Selangor berkemungkinan tidak seragam (Abdullah et al. 2025; Siti Farhana, Mohamad Ikhsan & Mariam 2025). Daerah yang padat seperti Petaling dan Hulu Langat mempunyai faktor sosiodemografi dan persekitaran yang berbeza berbanding daerah yang kurang padat seperti Kuala Selangor dan Sabak Bernam (Abdullah et al. 2025). Perbezaan ini dijangka berkaitan dengan variasi corak hubungan ruang-masa antara kes denggi mengikut daerah. Penularan denggi merupakan interaksi kompleks antara faktor agen, vektor, rumah dan persekitaran. Ini bermakna setiap kes denggi yang berlaku berkemungkinan bukan kejadian rawak sebaliknya berkemungkinan berkait rapat dengan kes-kes lain dalam ruang dan masa tertentu (Salje et al. 2017). Hubungan antara kes-kes ini adalah berdasarkan kedekatan jarak geografi dan tempoh masa. Ia juga dikenali sebagai hubungan ruang-masa.

Definisi hubungan ruang-masa ini didasari oleh ciri biologi vektor denggi iaitu nyamuk *Aedes aegypti* dan *Aedes albopictus*. *Ae. aegypti* mempunyai jarak terbang yang terhad, lazimnya dalam lingkungan 100 hingga 200 meter dari kediaman rumah atau tempat pembiakan (Russell et al. 2005), manakala *Ae. albopictus* turut diketahui terbang dalam jarak terhad yang lebih kurang sama (Marini et al. 2010). Ciri pergerakan setempat kedua-dua spesies ini menyokong penggunaan jarak kediaman ≤ 200 meter sebagai ambang ruang bagi mengenal pasti kes yang berpotensi berkongsi pendedahan yang sama. Dari sudut epidemiologi, tempoh inkubasi ekstrinsik virus denggi dalam badan nyamuk adalah antara 8 hingga 12 hari bergantung kepada suhu persekitaran, manakala tempoh inkubasi intrinsik dalam badan manusia biasanya antara 4 hingga 10 hari (Chan & Johansson 2012; WHO 2025). Had masa 14 hari dipilih sebagai tempoh masa inkubasi yang munasabah bagi menghubungkan dua kes yang berkemungkinan berkongsi rantaian penularan yang sama. Ia juga selari dengan penggunaan tempoh 14 hari dalam definisi dan penyiasatan wabak denggi di Malaysia (KKM 2022).

Alamat kediaman digunakan sebagai titik rujukan spatial untuk mengukur jarak antara kes kerana maklumat ini direkodkan secara konsisten dalam sistem surveilan dan persekitaran domestik merupakan habitat penting bagi kedua-dua spesies *Aedes*. Andaian ini disokong oleh corak tingkah laku menggigit nyamuk *Aedes* yang aktif khususnya pada awal pagi dan senja (Muhammad et al. 2020; Mutebi et al. 2022). Waktu tersebut berpotensi bertindih dengan tempoh penghuni masih berada di rumah sebelum memulakan aktiviti harian atau telah kembali ke kediaman pada penghujung hari, sekali gus mewujudkan peluang interaksi antara vektor dengan perumah di persekitaran kediaman. Tambahan pula, *Ae. aegypti* cenderung menggigit di dalam rumah (*endophagic*) dan berehat di dalam atau berhampiran struktur kediaman (*endophilic*) (Scott et al. 2000). *Ae. albopictus* lebih cenderung menggigit serta berehat di kawasan luar yang berdekatan dengan kediaman seperti halaman (Dalpadado et al. 2022). Corak kedua-dua spesies ini menjadikan persekitaran kediaman, sama ada ruang dalaman mahupun kawasan luar bersebelahan, sebagai lokasi utama pendedahan kepada gigitan nyamuk. Oleh itu, dua kes denggi yang berlaku dalam jarak kediaman ≤ 200 meter dan dalam tempoh ≤ 14 hari dianggap mempunyai hubungan ruang-masa yang menunjukkan kemungkinan penularan oleh vektor yang sama. Hubungan ini digunakan untuk membentuk pautan antara dua nod dalam rangkaian penularan denggi. Pautan tersebut merupakan proksi epidemiologi penularan dan bukan bukti bahawa kedua-dua kes dijangkiti oleh nyamuk yang sama atau tergolong dalam rantai penularan yang telah disahkan secara virologi.

Kajian lepas banyak meneliti taburan dan lokaliti kes denggi namun pembentukan hubungan antara kes denggi masih belum difahami sepenuhnya. Justeru, analisis rangkaian penularan digunakan dalam kajian ini untuk menangani jurang tersebut. Dalam analisis rangkaian, setiap kes denggi diwakili sebagai nod, manakala hubungan antara dua kes yang memenuhi kriteria hubungan ruang dan masa ditakrifkan sebagai pautan (Light & Moody 2021). Gabungan kesemua nod dan pautan ini membentuk satu rangkaian yang menggambarkan struktur keseluruhan penularan denggi di sesebuah kawasan. Melalui struktur rangkaian yang terbentuk, ciri-ciri seperti kepadatan, pengelompokan komponen dan pemusatan kes dalam rangkaian dapat diukur secara kuantitatif (Light & Moody 2021; Luke 2015), sekali gus membolehkan

pengkaji menilai faktor yang mempengaruhi pembentukan pautan antara kes denggi dalam daerah yang berbeza.

Kajian ini mengintegrasikan pendekatan Eko-Bio-Sosial dengan Teori Rangkaian Sosial. Pendekatan Eko-Bio-Sosial menerangkan bahawa penularan denggi terbentuk melalui interaksi kompleks antara faktor biologi, ekologi dan sosial. Sebagai contoh, ciri vektor, persekitaran kediaman, keadaan sosiodemografi serta amalan komuniti yang boleh mempengaruhi pendedahan kepada jangkitan (Arunachalam et al. 2010; Sommerfeld & Kroeger 2012). Teori Rangkaian Sosial pula menyediakan kerangka kuantitatif untuk menganalisis kes sebagai nod dan hubungan ruang-masa antara kes sebagai pautan, seterusnya membolehkan struktur rangkaian, ciri pemusatan dan kecenderungan pembentukan pautan berdasarkan persamaan atribut nod dinilai secara sistematik (Light & Moody 2021; Luke 2015; Wasserman & Faust 1994). Integrasi kedua-dua pendekatan ini membolehkan penularan denggi difahami secara lebih menyeluruh dengan menghubungkan faktor perumah dan persekitaran dengan hubungan ruang-masa yang terbentuk antara kes. Pemahaman ini diharapkan dapat menyokong perancangan strategi pencegahan, kawalan dan surveilan denggi yang lebih bersasar mengikut daerah di Selangor.

1.3 PERMASALAHAN KAJIAN

Terdapat tiga permasalahan utama yang menjadi asas kepada kajian ini seperti berikut:

1.3.1 Beban Kes Denggi yang Tinggi di Selangor

Selangor secara konsisten mencatatkan beban denggi yang tinggi berbanding negeri lain di Malaysia (AbuBakar et al. 2022; Chem et al. 2024). Pada tahun 2024, Selangor merekodkan sebanyak 60 364 kes denggi dan 16 kematian (JKNS 2025b). Selain bilangan kes yang tinggi, median kadar insiden kasar denggi di Selangor juga hampir dua kali ganda kadar insiden kebangsaan (Md Iderus et al. 2023). Beban denggi yang berterusan ini menunjukkan bahawa denggi kekal sebagai masalah kesihatan awam yang penting di Selangor.

Walaupun bilangan kes dan kadar insiden dapat menggambarkan magnitud beban denggi, ukuran tersebut tidak menunjukkan bagaimana kes denggi individu boleh

berhubung dalam ruang dan masa. Kajian terdahulu menunjukkan bahawa kes denggi yang berlaku berdekatan dari segi ruang dan masa mempunyai kecenderungan untuk berkongsi kawasan pendedahan gigitan nyamuk yang sama (Dufault et al. 2022; Edenborough et al. 2024). Oleh itu, terdapat keperluan untuk membina rangkaian penularan denggi berdasarkan hubungan ruang-masa antara kes bagi menggambarkan hubungan tersebut.

1.3.2 Penularan Denggi yang Berulang di Lokaliti dan Daerah yang Sama

Selain beban kes yang tinggi, penularan denggi di Selangor menunjukkan pengelompokan yang berulang di lokaliti dan daerah tertentu. Kajian denggi menggunakan ruang-masa di Malaysia menunjukkan bahawa kluster denggi cenderung berlaku berulang di kawasan berkepadatan tinggi (Abd Naeem & Abdul Rahman 2022). Lebih 400 *hotspot* denggi telah dikenal pasti tertumpu terutamanya di daerah Petaling, Hulu Langat, Klang dan Gombak yang mempunyai kepadatan penduduk melebihi 1000 individu per kilometer persegi (Abdullah et al. 2025). Corak yang sama turut ditunjukkan oleh data Jabatan Kesihatan Negeri Selangor apabila 85% daripada kes yang dilaporkan pada minggu epidemiologi pertama (ME 1) tahun 2025 melibatkan empat daerah utama yang sama iaitu Petaling, Hulu Langat, Klang dan Gombak (JKNS 2025a). Keadaan ini menunjukkan bahawa penularan denggi terus berulang di kawasan yang sama walaupun aktiviti pencegahan dan kawalan denggi telah dijalankan.

Pendekatan kajian denggi di Malaysia banyak menggunakan analisis pemetaan hotspot dan pengesanan kluster. Kajian tersebut telah berjaya menunjukkan di mana dan bila pengelompokan kes berlaku, namun kebanyakannya masih mengkaji penularan pada aras kawasan, lokaliti atau kluster (Abd Naeem & Abdul Rahman 2022; Abdullah et al. 2025). Pendekatan tersebut tidak menerangkan secara khusus bagaimana kes denggi individu boleh berhubung berdasarkan hubungan ruang-masa dan membentuk struktur rangkaian yang dinamakan struktur rangkaian penularan. Struktur rangkaian penularan adalah seperti bilangan kes, pautan, kepadatan rangkaian dan pemusatan kes (Light & Moody 2021; Luke 2015; Newman 2010). Dalam epidemiologi penyakit berjangkit, maklumat mengenai struktur rangkaian penting kerana corak hubungan antara kes boleh berbeza walaupun populasi yang hampir sama (Bansal, Grenfell & Meyers 2007; Keeling & Eames 2005). Perbezaan struktur rangkaian antara daerah juga

berpotensi dipengaruhi oleh perbezaan kepadatan penduduk dan komposisi komuniti (Abdullah et al. 2025; JPM 2024; Siti Farhana, Mohamad Ikhsan & Mariam 2025). Perbezaan ini berpotensi menghasilkan corak hubungan ruang-masa dan struktur rangkaian yang berbeza antara daerah. Corak perbezaan ini menunjukkan terdapat keperluan untuk mencirikan struktur rangkaian penularan denggi dan membandingkan ciri struktur tersebut mengikut daerah. Ini bagi memberi pemahaman yang tidak dapat diperoleh melalui analisis pemetaan hotspot dan pengesanan kluster sedia ada (Bansal, Grenfell & Meyers 2007; Light & Moody 2021).

1.3.3 Keperluan Pendekatan Kawalan Denggi yang Lebih Bersasar

Terdapat keperluan pendekatan kawalan denggi yang lebih bersasar kerana kawalan vektor sedia ada mula menghadapi cabaran. Antaranya adalah peningkatan rintangan nyamuk *Aedes* terhadap insektisid yang digunakan. Semburan kabus (*fogging*) menggunakan insektisid selama ini menjadi antara kawalan utama bagi membunuh nyamuk *Aedes* di Malaysia (Packierisamy et al. 2015). Kajian awal mendapati rintangan yang tinggi terhadap insektisid *deltamethrin*, *permethrin* (kumpulan *pyrethroid*) dan *malathion* (kumpulan *organophosphate*) dalam semua populasi *Ae. aegypti* di Selangor (Rasli et al. 2021). Kajian terkini di beberapa negeri Malaysia pula menunjukkan rintangan *pyrethroid* yang meluas serta corak kerentanan terhadap *organophosphate* yang berbeza mengikut bahan aktif (Ma & Zuharah 2026). Keadaan ini menunjukkan bahawa kawalan vektor berasaskan kimia sahaja tidak mencukupi untuk menangani penularan denggi secara menyeluruh.

Selain cabaran keberkesanan kawalan vektor, maklumat epidemiologi yang digunakan untuk menentukan tindakan kawalan juga masih boleh diperkukuhkan. Pendekatan analisis sedia ada dapat menunjukkan kawasan yang mempunyai tumpuan kes, tetapi tidak menjelaskan faktor yang mempengaruhi pembentukan hubungan antara kes (pembentukan pautan). Kajian terdahulu banyak menilai faktor sosiodemografi dan persekitaran pada aras individu atau kawasan, sedangkan pembentukan pautan juga berkemungkinan boleh dipengaruhi oleh faktor yang sama dalam rangkaian penularan (Lusher, Koskinen & Robins 2013; Snijders et al. 2006). Oleh itu, terdapat keperluan untuk mengenal pasti faktor sosiodemografi dan persekitaran yang boleh mempengaruhi pembentukan pautan dalam rangkaian penularan denggi. Maklumat ini

dapat menyokong strategi kawalan denggi yang lebih bersasar mengikut daerah (Saadatian-Elahi et al. 2025).

1.4 JUSTIFIKASI KAJIAN

Justifikasi kajian dijalankan adalah mengikut empat sudut keperluan iaitu keperluan ilmiah, keperluan dasar, keperluan metodologi dan keperluan praktikal.

Dari sudut keperluan ilmiah, kajian denggi di Malaysia telah banyak menggunakan pendekatan pemetaan (GIS) dan analisis kluster ruang-masa (Abdullah et al. 2025; Hassan, Shohaimi & Hashim 2012; Masrani et al. 2022). Namun, penggunaan pendekatan rangkaian untuk menganalisis hubungan antara kes individu masih terhad, khususnya penggunaan SNA untuk mencirikan struktur rangkaian dan ERGM untuk mengenal pasti faktor yang mempengaruhi pembentukan pautan. Pendekatan rangkaian telah digunakan dalam epidemiologi penyakit berjangkit lain bagi memahami struktur penularan. SNA telah diaplikasikan dalam mencirikan struktur penularan penyakit HIV (Human Immunodeficiency Virus), influenza, tuberkulosis dan COVID-19 (Cauchemez et al. 2011; Clipman et al. 2022; Mansor et al. 2024; Pando et al. 2023; Zivich et al. 2020). Selain itu ERGM telah digunakan untuk mengenal pasti faktor yang mempengaruhi penularan tuberkulosis rintang ubat (Nelson et al. 2020). Namun sehingga kini, pendekatan serupa masih terhad diaplikasikan dalam kajian denggi di Malaysia.

Dari sudut keperluan dasar dan pemilihan lokasi, Selangor dipilih bukan semata-mata kerana mencatatkan beban kes denggi tertinggi secara konsisten di Malaysia (S. AbuBakar et al. 2022; Chem et al. 2024). Negeri ini juga merupakan negeri yang pesat membangun dengan komposisi komuniti yang pelbagai dari segi bangsa, jenis penempatan dan taburan daerah (Abdullah et al. 2025; JPM 2024). Kepelbagaian faktor sosiodemografi dan persekitaran ini menjadikan Selangor lokasi yang ideal untuk menguji faktor sosiodemografi dan persekitaran dalam pembentukan rangkaian penularan denggi. Kepelbagaian ini juga membolehkan struktur rangkaian dan faktor pembentukan pautan dibandingkan mengikut daerah yang berbeza. Dapatan tersebut dapat menyediakan bukti yang lebih khusus mengikut daerah bagi menyokong perancangan pencegahan dan kawalan denggi.

Dari sudut keperluan metodologi, kajian ini menggabungkan pendekatan Eko-Bio-Sosial dan Teori Rangkaian Sosial secara bersepadu. Gabungan pendekatan ini yang diaplikasikan dalam kajian denggi di Malaysia adalah terhad. Pendekatan Eko-Bio-Sosial menjelaskan mengapa sesetengah individu lebih terdedah kepada jangkitan berdasarkan faktor sosial dan persekitaran, manakala Teori Rangkaian Sosial menyediakan kerangka kuantitatif untuk menggambarkan struktur hubungan antara kes melalui hubungan ruang-masa sebagai proksi penularan. Gabungan kedua-dua teori membolehkan pemahaman yang lebih menyeluruh tentang siapa yang terlibat, bagaimana kes denggi boleh berhubung, dan mengapa hubungan tersebut berbeza mengikut tempat. Dalam kajian ini, hubungan ruang-masa antara kes denggi digunakan sebagai proksi penularan, disokong oleh andaian saintifik yang kukuh iaitu gigitan nyamuk berlaku berhampiran alamat kediaman kes berdasarkan had terbang nyamuk *Aedes* (Harrington et al. 2005). Tempoh masa 14 hari digunakan bagi gabungan inkubasi ekstrinsik virus denggi dalam nyamuk dan inkubasi intrinsik dalam manusia (WHO 2025).

Dari sudut keperluan praktikal, dapatan kajian ini merupakan sumber maklumat bernilai kepada kesihatan awam dalam merancang strategi kawalan denggi yang lebih bersasar. Tanpa memahami struktur rangkaian penularan, program kawalan denggi akan terus dilaksanakan secara reaktif dan menyeluruh, yang akhirnya menggunakan sumber dan kos yang besar (Packierisamy et al. 2015). Kajian terdahulu mendapati bahawa pendekatan kawalan denggi yang bersifat reaktif dan tidak bersasarkan geografi adalah kurang berkesan berbanding strategi pengurusan vektor bersepadu yang berasaskan pencegahan (Saadatian-Elahi et al. 2025). Kajian ini diharapkan dapat membantu dalam mengutamakan kawalan kepada kawasan dan komuniti yang paling berpengaruh dalam keseluruhan rangkaian penularan denggi (Abdullah et al. 2025; Siti Farhana, Mohamad Ikhsan & Mariam 2025). Tambahan lagi, pendekatan rangkaian penularan berasaskan data surveilan sedia ada berpotensi diaplikasikan tanpa memerlukan pengumpulan data primer tambahan, menjadikannya pendekatan yang mempunyai keberkesanan kos yang tinggi. Perkara ini selaras dengan agenda pengukuhan sistem surveilan penyakit berjangkit dalam Rancangan Malaysia Ke-13 (RMK13) yang menekankan transformasi digital dalam kesihatan awam, serta matlamat

Pembangunan Lestari (SDG 3) dalam memastikan kehidupan sihat dan kesejahteraan untuk semua (KE 2025; UN 2015).

1.5 PERSOALAN KAJIAN

1. Bagaimanakah rangkaian penularan denggi di Selangor dapat dibina menggunakan hubungan ruang-masa antara kes mengikut daerah?
2. Apakah ciri-ciri struktur rangkaian penularan denggi di Selangor dan bagaimanakah ciri-ciri ini berbeza mengikut daerah?
3. Apakah faktor atribut nod (kategori pekerjaan), faktor homofili nod (jenis kediaman dan status kewarganegaraan) dan faktor struktur dalaman rangkaian (gwdegree, gwesp dan gwdsp) yang mempengaruhi pembentukan pautan dalam rangkaian penularan denggi mengikut daerah di Selangor?

1.6 OBJEKTIF KAJIAN

1.6.1 Objektif Umum

Untuk membina dan mencirikan struktur rangkaian penularan denggi di Selangor serta mengenal pasti faktor yang mempengaruhi pembentukan pautan dalam rangkaian tersebut mengikut daerah.

1.6.2 Objektif Khusus

1. Untuk membina rangkaian penularan denggi berdasarkan hubungan ruang-masa antara kes mengikut daerah di Selangor.
2. Untuk mencirikan struktur rangkaian penularan denggi menggunakan ukuran rangkaian dan ukuran pemusatan mengikut daerah.
3. Untuk mengenal pasti faktor atribut nod (kategori pekerjaan), faktor homofili nod (jenis kediaman dan status kewarganegaraan) dan faktor struktur dalaman rangkaian (gwdegree, gwesp dan gwdsp) yang mempengaruhi pembentukan pautan dalam rangkaian penularan denggi mengikut daerah.

1.7 HIPOTESIS KAJIAN

1. Faktor atribut nod (kategori pekerjaan) mempengaruhi kecenderungan pembentukan pautan dalam rangkaian penularan denggi mengikut daerah di Selangor.
2. Faktor homofili nod (jenis kediaman dan status kewarganegaraan) meningkatkan kecenderungan pembentukan pautan dalam rangkaian penularan denggi mengikut daerah di Selangor.
3. Faktor struktur dalaman rangkaian (gwdegree, gwesp dan gwdsp) mempengaruhi kecenderungan pembentukan pautan dalam rangkaian penularan denggi mengikut daerah di Selangor.

1.8 KESIMPULAN

Bab ini menjelaskan bahawa beban denggi yang tinggi di Selangor memerlukan pendekatan analisis yang lebih mendalam melebihi kaedah pemetaan dan kajian kluster sedia ada. Berteraskan gabungan pendekatan Eko-Bio-Sosial dan Teori Rangkaian Sosial, kajian ini berpandukan objektif umum yang jelas iaitu membina, mencirikan dan mengenal pasti faktor pembentukan rangkaian penularan denggi mengikut daerah di Selangor. Dapatan kajian ini dijangka menyediakan asas empirikal awal kepada kesihatan awam dalam merancang strategi kawalan denggi yang lebih bersasar dan berkesan. Bab 2 seterusnya akan menghuraikan kajian-kajian lepas yang menjadi landasan kepada kerangka konsep kajian ini.

BAB II

KAJIAN LITERASI

2.1 PENGENALAN

Bab ini menghimpunkan kajian literasi yang menjadi asas ilmiah kepada kajian ini. Sorotan dimulakan dengan epidemiologi denggi di peringkat global, Malaysia dan Selangor. Seterusnya, penularan denggi dijelaskan melalui faktor penularan denggi iaitu agen, vektor, perumah dan persekitaran dengan tumpuan kepada faktor yang mempengaruhi pembentukan pautan dalam rangkaian penularan. Konsep hubungan ruang-masa dalam penularan denggi kemudiannya diuraikan bersama rasional penggunaannya sebagai proksi penularan serta jurang kajian. Bahagian ini diikuti dengan perbincangan penggunaan SNA dan Model Graf Rawak Eksponen (*Exponential Random Graph Model*, ERGM) dalam epidemiologi penyakit berjangkit. Bab ini diakhiri dengan kerangka teori, kerangka konsep kajian, serta istilah utama dan definisi.

2.2 EPIDEMIOLOGI DENGGI

2.2.1 Denggi di Peringkat Global dan Asia

Denggi pada awalnya hanya menyebabkan epidemik besar di sembilan negara sebelum tahun 1970, namun kini telah menjadi endemik di lebih 100 negara merentasi kawasan tropika dan subtropika (WHO 2025). Lebih 3.9 bilion penduduk di lebih 130 negara berisiko dijangkiti, dengan 100 hingga 400 juta jangkitan dianggarkan berlaku setiap tahun (Bhatt et al. 2013; WHO 2025). Pada tahun 2000, hanya 505 430 kes dilaporkan kepada WHO, namun angka ini melonjak kepada 14 434 584 kes pada tahun 2024 termasuk 11 201 kematian. Angka ini menunjukkan peningkatan lebih daripada 28 kali ganda dalam tempoh dua dekad (WHO 2025). Peningkatan ini berlaku selari dengan

pertumbuhan bandar yang pesat, perkembangan mobiliti penduduk antara negara, dan perubahan iklim yang memperluaskan habitat nyamuk *Aedes* ke kawasan baru (Abbasi 2025). Beban ini bertumpu di Asia yang menanggung lebih 70% daripada kes denggi global setiap tahun, dengan variasi ketara antara negara menunjukkan perbezaan dalam kepadatan penduduk, mobilisasi dan keberkesanan kawalan denggi yang dijalankan (Bhatt et al. 2013; Khan et al. 2023).

2.2.2 Denggi di Malaysia

Malaysia merekodkan penularan denggi buat kali pertama pada tahun 1902 di Pulau Pinang manakala wabak denggi teruk telah dilaporkan pada tahun 1962 di Georgetown (Rudnick et al. 1965; Skae 1902). Sejak itu, denggi berubah daripada kejadian setempat kepada penyakit endemik bandar yang meluas, sejajar dengan perkembangan urbanisasi dan peningkatan kepadatan penduduk. Perubahan ini telah menjadikan Malaysia antara negara dengan beban denggi yang tertinggi di Asia Tenggara (AbuBakar et al. 2022).

Trend kes denggi di Malaysia menunjukkan turun naik yang ketara dengan corak kitaran tiga hingga lima tahun, lazimnya berkait dengan perubahan serotaip yang dominan (AbuBakar et al. 2022). Kemuncak bilangan kes yang tinggi pada tahun 2015 dengan 120 836 kes dan sekali lagi pada tahun 2019 apabila kes mencapai angka 130 101, iaitu rekod jumlah kes tertinggi sejak tahun 2012 (MYSA 2022). Tafsiran trend selepas tahun 2014 perlu dibuat secara berhati-hati kerana ujian pengesahan makmal telah diwajibkan bagi pendaftaran kes bermula tahun tersebut. Keadaan ini berpotensi meningkatkan bilangan kes yang direkodkan seperti yang ditunjukkan pada rajah 2.1. Kadar insiden kes pada tahun 2019 pula dianggarkan sekitar 397 kes bagi setiap 100 000 penduduk di Malaysia (Chem et al. 2024).



Rajah 2.1 Bilangan kes dan kematian denggi di Malaysia tahun 2000-2021.

Sumber: MYSA 2022.

2.2.3 Denggi di Selangor

Pada peringkat negeri, Selangor mencatatkan 53.2% daripada jumlah kes denggi seluruh negara pada tahun 2015 hingga 2021 (Chem et al. 2024). Median kadar insiden pada tahun 2015-2021 pula merekodkan sebanyak 765.4 kes per 100 000 penduduk, melebihi dua kali ganda kadar kebangsaan pada tahun 2019 (Md Iderus et al. 2023). Terkini, Selangor mencatatkan 60 364 kes dengan 16 kematian pada akhir tahun 2024 (JKNS 2025b).

Analisis data surveilan mendapati kes bertumpu di empat daerah utama dengan bilangan kes tertinggi di Hulu Langat, diikuti Petaling, Gombak dan Klang yang mencatatkan 85% daripada kes yang dilaporkan pada minggu epidemiologi pertama (ME 1) tahun 2025 (JKNS 2025a). Taburan kes yang tidak seragam ini menunjukkan beban kes denggi berbeza mengikut daerah di Selangor, sekali gus memperkukuhkan keperluan untuk menganalisis bagaimana struktur rangkaian penularan denggi boleh berlaku mengikut daerah (Abdullah et al. 2025; Siti Farhana, Mohamad Ikhsan & Mariam 2025). Secara keseluruhan, perbandingan beban denggi di peringkat global, Asia, Malaysia dan Selangor diringkaskan dalam Jadual 2.1.

Jadual tersebut menunjukkan bahawa Selangor merekodkan 60 364 kes pada tahun 2024, merangkumi hampir separuh (49.3%) daripada keseluruhan kes denggi di Malaysia pada tahun yang sama. Keadaan ini menunjukkan beban denggi yang tinggi di Selangor.

Jadual 2.1 Perbandingan bilangan kes dan kematian denggi di peringkat Global, Asia, Malaysia dan Selangor tahun 2024

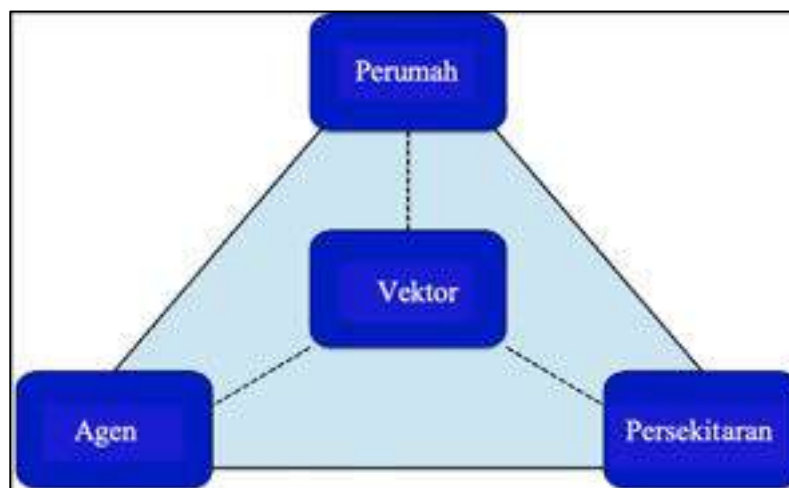
Peringkat	Tahun	Bilangan kes denggi	Kematian akibat denggi	Sumber
Global	2024	14 434 584	11 201	WHO 2025
Asia*	2024	> 1 juta	Tidak dilaporkan	WHO 2025
Malaysia	2024	122 423	117	KKM 2025
Selangor	2024	60 364	16	JKNS 2025b

*Asia merujuk kepada WHO South-East Asia Region dan Western Pacific Region

2.3 PENULARAN DENGGI

Penularan denggi boleh difahami melalui empat faktor utama yang saling berkait iaitu faktor agen, vektor, perumah dan persekitaran.

Bagi penyakit bawaan vektor seperti denggi, faktor ini lebih tepat berbanding faktor dalam triad epidemiologi (agen-perumah-persekitaran) kerana ia mengiktiraf peranan vektor sebagai komponen berasingan yang menghubungkan agen dengan perumah (Chouin-Carneiro & dos Santos 2017). Bahagian ini menghuraikan setiap faktor dengan tumpuan kepada aspek yang berkait secara langsung dengan pembinaan rangkaian dan pemilihan pemboleh ubah dalam kajian ini. Rajah 2.2 menunjukkan faktor perumah–agen–vektor–persekitaran.



Rajah 2.2 Faktor penyakit berjangkit bawaan vektor.

Sumber: Chouin-Carneiro & dos Santos 2017.

2.3.1 Agen

Agen penyebab denggi ialah virus denggi (DENV) yang tergolong dalam genus *Flavivirus* iaitu famili *Flaviviridae*. Terdapat empat serotaip utama iaitu DENV-1 hingga DENV-4 yang kesemuanya beredar (*circulating*) di Malaysia (Chem et al. 2024). Jangkitan oleh satu serotaip akan memberikan imuniti sepanjang hayat terhadap serotaip yang sama, tetapi hanya imuniti sementara terhadap serotaip lain. Jangkitan kali kedua oleh serotaip yang berbeza boleh meningkatkan risiko denggi teruk melalui fenomena peningkatan bergantung-antibodi (Katzelnick et al. 2017). Peredaran pelbagai serotaip secara serentak dalam satu komuniti menjadikan imuniti dalam komuniti tersebut lebih rumit dan ini boleh menyumbang kepada corak wabak denggi yang berulang (Chem et al. 2024). Wabak denggi merujuk kepada penularan kes denggi yang melebihi jangkaan biasa dalam sesuatu kawasan dan tempoh masa tertentu, iaitu apabila terdapat dua kes denggi atau lebih yang berkait dari segi lokasi dan masa (Idengue 2026).

Individu dijangkiti boleh memindahkan virus kepada nyamuk *Aedes* semasa tempoh viremia (virus dalam darah) iaitu sekitar satu hari sebelum sehingga lima hari selepas bermula gejala demam (Murray, Quam & Wilder-Smith 2013). Tempoh inkubasi intrinsik pada manusia iaitu dari masa jangkitan sehingga bermulanya gejala ialah sekitar 4 hingga 10 hari (WHO 2025). Selepas nyamuk menghisap darah individu

yang dijangkiti, virus memerlukan tempoh inkubasi ekstrinsik sekitar 8 hingga 12 hari dalam nyamuk sebelum nyamuk tersebut dijangkiti dan mampu memindahkan virus kepada perumah baharu (WHO 2025). Gabungan kedua-dua tempoh inkubasi ini bermakna rantaian jangkitan daripada seorang individu melalui nyamuk kepada individu lain boleh berlaku dalam tempoh kira-kira 14 hari. Rasional ini menjadi asas kepada pemilihan ambang 14 hari dalam definisi pautan kajian ini, selaras dengan penggunaan tarikh bermula gejala (*date of onset*) oleh Kementerian Kesihatan Malaysia (KKM) bagi operasi kawalan denggi di lapangan (KKM 2002).

Jangkitan tanpa gejala atau asimptomatik juga penting dalam denggi. Tidak semua individu yang dijangkiti menunjukkan gejala klinikal, namun individu asimptomatik masih boleh memindahkan virus denggi kepada nyamuk semasa tempoh viremia (Murray, Quam & Wilder-Smith 2013). Keadaan ini bermakna kes yang tidak dikesan oleh sistem surveilan masih boleh menyumbang kepada penularan denggi, dan kes yang dinotifikasi dan direkodkan berkemungkinan merupakan anggaran minimum terhadap penularan sebenar.

2.3.2 Vektor

Vektor ialah organisma hidup yang membawa dan memindahkan agen kepada manusia, lazimnya serangga seperti nyamuk, kutu atau lalat (WHO 2020). Vektor utama penularan denggi ialah nyamuk *Aedes aegypti* dan *Aedes albopictus* (Chouin-Carneiro & dos Santos 2017; WHO 2025). Nyamuk betina ini bertindak sebagai vektor dengan membawa dan menyebarkan virus denggi kepada manusia melalui gigitannya. Proses ini melibatkan nyamuk dijangkiti virus denggi apabila ia menggigit perumah yang telah dijangkiti, dan kemudian menghantar virus kepada perumah baru semasa gigitan berikutnya semasa tempoh inkubasi ekstrinsik. *Ae. aegypti* biasanya ditemui di dalam rumah serta kawasan bandar, manakala *Ae. albopictus* lebih kerap ditemui di kawasan luar rumah dan persekitaran luar bandar (Herath et al. 2024). Kedua-dua spesies ini boleh membiak dalam tempat takungan air yang statik seperti pasu, tayar terpakai, tong, baldi, longkang tersumbat dan bekas buangan (Dom et al. 2016; WHO 2025).

Dari segi jarak pergerakan, nyamuk *Ae. aegypti* lazimnya terbang dalam lingkungan setempat. Kajian menggunakan kaedah tangkap-lepas-tangkap semula

(*mark-release-recapture*) mendapati kebanyakan *Ae. aegypti* ditangkap semula dalam radius 100 hingga 200 meter daripada titik pelepasan (Russell et al. 2005). Jarak pergerakan kebanyakan kajian dijalankan bagi nyamuk adalah penerbangan secara mendatar (*horizontal*). Walaupun jarak pergerakan boleh dipengaruhi oleh ciri landskap bandar dan persekitaran yang menakung air sebagai tempat pembiakan, dapatan nyamuk terbang dalam lingkungan setempat kekal konsisten dalam pelbagai kajian lain (Hemme et al. 2010; Marcantonio, Reyes & Barker 2019). Had penerbangan ini menjadi faktor biologi utama bagi penggunaan radius 200 meter dalam operasi kawalan denggi oleh KKM.

Satu aspek biologi nyamuk yang penting adalah gigitan berganda. Nyamuk *Ae. aegypti* betina sering menggigit lebih daripada seorang individu dalam satu kitaran pematangan telur (gonotropik) (Harrington, Edman & Scott 2001). Kajian di Thailand mendapati 43 hingga 46% nyamuk *Ae. aegypti* yang telah menghisap darah menggigit lebih daripada seorang individu dalam satu kitaran gonotropik, dan majoriti gigitan berganda ini melibatkan penghuni rumah yang sama atau rumah berjiran (Harrington et al. 2014; Scott et al. 2000). Tingkah laku ini meningkatkan peluang penularan antara penghuni yang berdekatan, kerana nyamuk yang sama berpotensi memindahkan virus daripada individu yang dijangkiti kepada beberapa individu lain dalam kawasan kediaman yang sama (Harrington et al. 2014). Selain penularan virus secara mendatar (*horizontal transmission*) melalui gigitan nyamuk kepada manusia, denggi juga boleh ditularkan secara menegak (*vertical transmission*) melalui pemindahan virus daripada nyamuk betina yang dijangkiti kepada anaknya secara transovarial (Ferreira-De-Lima & Lima-Camara 2018). Kajian eksperimen menunjukkan bahawa virus denggi boleh kekal merentasi beberapa generasi *Ae. aegypti*. Kajian Joshi et al. (2002) menunjukkan bahawa virus denggi boleh kekal merentasi DENV-3 dapat dikekalkan melalui penularan menegak transovarial sehingga generasi ketujuh. Di Malaysia, kajian Rohani et al. (2008) menggunakan strain *Ae. aegypti* dari Selangor dan mendapati DENV-2 masih dapat dikesan sehingga generasi kelima. Dapatan kajian tersebut menunjukkan bahawa penularan transovarial berpotensi membantu mengekalkan virus dalam populasi vektor walaupun penularan manusia-vektor berkurangan buat sementara waktu (Ferreira-De-Lima & Lima-Camara 2018; Joshi et al. 2002; Rohani et al. 2008).

Mekanisme ini membolehkan virus denggi kekal dalam populasi nyamuk walaupun tanpa kehadiran perumah yang dijangkiti, menambah cabaran bagi kawalan denggi.

2.3.3 Perumah

Manusia merupakan perumah utama yang mengekalkan penularan denggi dalam komuniti melalui interaksi manusia-vektor. Ciri perumah yang mempengaruhi pendedahan dan risiko penularan denggi boleh dibahagikan kepada dua kategori utama iaitu faktor demografi yang merangkumi umur, jantina dan bangsa, serta faktor sosial seperti status kewarganegaraan, kategori pekerjaan dan mobiliti.

Dari sudut umur, kajian di Sabah mendapati insiden denggi tertinggi berlaku dalam kumpulan umur 10 hingga 29 tahun (Murphy et al. 2020). Corak ini boleh dikaitkan dengan mobiliti yang lebih tinggi, aktiviti luar yang kerap dan pendedahan nyamuk disebabkan pekerjaan dalam kumpulan umur tersebut. Namun dari sudut imuniti populasi jangka panjang, seroprevalens denggi meningkat dengan umur di mana kajian Malaysia mendapati seroprevalens kumulatif denggi melebihi 90% menjelang umur 70 tahun. Ini bermakna majoriti populasi dewasa telah terdedah kepada denggi suatu ketika dalam hidup mereka (Chew et al. 2016). Ini menunjukkan umur lebih menunjukkan tahap imuniti terkumpul berbanding risiko pendedahan semasa.

Dapatan kajian lalu mengenai perbezaan denggi mengikut jantina adalah tidak konsisten. Walaupun beberapa kajian di negara Asia melaporkan jumlah kes denggi yang lebih tinggi dalam kalangan lelaki dewasa, perbezaan tersebut mungkin berkaitan dengan corak pendedahan akibat aktiviti sosial dan pekerjaan, seperti tempoh yang lebih lama dihabiskan di luar kediaman, berbanding faktor biologi semata-mata (Anker & Arima 2011). Sebaliknya, kajian Global Burden of Disease mendapati bahawa kadar insiden dan prevalens denggi lebih tinggi dalam kalangan perempuan, manakala kadar mortaliti dan beban penyakit yang diukur menggunakan tahun hayat terlaras ketidakupayaan (*disability-adjusted-life-years*, DALY) kekal lebih tinggi dalam kalangan lelaki (Xia & Dong 2025). Kajian seroprevalens di Malaysia pula tidak menemukan perbezaan yang signifikan dalam tahap pendedahan terhadap denggi mengikut jantina, bangsa atau kawasan tempat tinggal (Chew et al. 2016). Dapatan ini menunjukkan bahawa perbezaan jumlah kes yang dilaporkan antara lelaki dan

perempuan mungkin boleh dikaitkan dengan perbezaan dalam corak pendedahan, kecenderungan mendapatkan rawatan dan pengesanan kes, berbanding perbezaan sebenar dalam risiko penularan.

Dapatan kajian turut tidak konsisten mengenai bangsa. Kajian di Sarawak mendapati bangsa mempunyai kecenderungan lebih tinggi untuk berada dalam wabak, di mana etnik Melayu dan Melanau meningkatkan kecenderungan yang lebih tinggi berbanding etnik Iban (Teh et al. 2024). Sebaliknya, kajian di Singapura mendapati bahawa risiko denggi lebih tinggi dikaitkan dengan lokasi penempatan seperti asrama pekerja berbanding bangsa semata-mata. Sebagai contoh, individu yang tinggal di asrama atau hostel pekerja asing menunjukkan kecenderungan yang lebih tinggi untuk dijangkiti denggi berbanding kediaman selain asrama atau hostel pekerja asing (Yung et al. 2016). Perbezaan bangsa dalam risiko denggi lebih berkemungkinan menunjukkan perbezaan dalam corak penempatan, jenis kediaman dan tahap imuniti komuniti berbanding faktor biologi semata-mata.

Status kewarganegaraan boleh mempengaruhi risiko pendedahan denggi melalui perbezaan pekerjaan, penempatan dan persekitaran kediaman. Di Malaysia, populasi pekerja asing adalah besar terutamanya dalam sektor pembuatan dan pembinaan. Mereka sering mendiami asrama kilang atau kawasan rumah padat yang dikongsi bersama (Chaudhary et al. 2024; Yung et al. 2016). Kepadatan penghuni yang tinggi dalam kawasan kecil meningkatkan peluang pendedahan dengan nyamuk *Aedes* kerana lebih ramai perumah boleh dijangkiti dalam lingkungan jarak terbang nyamuk yang terhad. Selain itu, sebahagian pekerja asing yang berasal dari negara bukan endemik denggi mungkin mempunyai pendedahan imunologi terdahulu yang lebih rendah, menjadikan mereka lebih rentan terhadap jangkitan denggi bergejala atau simptomatik (Halstead 2007; Seet et al. 2005). Penguasaan bahasa tempatan yang terhad boleh menjejaskan pemahaman terhadap mesej pencegahan denggi serta komunikasi dengan petugas perkhidmatan kesihatan bagi mendapatkan rawatan (Chaudhary et al. 2024; Loganathan et al. 2019). Dalam penularan denggi, pekerja asing yang berkongsi penempatan yang sama berpotensi terdedah dengan nyamuk yang sama, menjadikan status kewarganegaraan sebagai faktor yang menggambarkan perkongsian pendedahan nyamuk.

Kategori pekerjaan turut berpotensi mempengaruhi corak pendedahan terhadap denggi kerana faktor ini menentukan rutin harian, tahap mobiliti dan lokasi individu menghabiskan sebahagian besar masa mereka. Individu yang bekerja atau belajar di lokasi tertentu secara berulang mungkin mengalami risiko pendedahan yang lebih tinggi sekiranya persekitaran tersebut sesuai untuk pembiakan dan aktiviti nyamuk *Aedes*. Sebagai contoh, pelajar mempunyai rutin harian yang tertumpu di sekolah, institusi pendidikan dan pusat tuisyen, sekali gus meningkatkan peluang pendedahan kepada gigitan nyamuk *Aedes* di lokasi berkenaan (Ratanawong et al. 2016). Kajian di Sarawak pula mendapati bahawa pelajar dan individu yang tidak bekerja mempunyai kecenderungan yang lebih tinggi untuk berada dalam kejadian wabak berbanding individu yang bekerja. Bagi pelajar, ini mungkin berkaitan dengan pendedahan tertumpu di institusi pendidikan. Untuk individu tidak bekerja, dapatan tersebut mungkin berkaitan dengan pendedahan yang berlaku di kawasan kediaman atau perkampungan, khususnya dalam kalangan individu yang menghabiskan lebih banyak masa di rumah dan kawasan kejiranan (Teh et al. 2024). Selain itu, individu yang bekerja atau belajar di institusi yang sama turut berkongsi persekitaran dan tempoh pendedahan yang serupa walaupun mereka tinggal di kawasan yang berbeza (Peña-García et al. 2025). Oleh itu, pekerjaan lebih sesuai ditafsirkan sebagai proksi kepada rutin harian, mobiliti, tempoh berada di sesuatu lokasi dan persekitaran pendedahan, dan bukannya sebagai faktor risiko yang secara langsung menentukan penularan denggi.

Mobiliti manusia merupakan faktor sosial yang penting kerana pergerakan harian untuk bekerja, bersekolah dan aktiviti sosial boleh menyebabkan pendedahan nyamuk berlaku di luar kawasan kediaman. Pergerakan tersebut boleh menghubungkan lokasi yang berbeza dan mempengaruhi corak ruang-masa penularan (Stoddard et al. 2009, 2013). Kajian di Iquitos, Peru mendapati pergerakan manusia dari rumah ke rumah merupakan punca utama penularan denggi, dan risiko jangkitan ditentukan oleh lawatan ke lokasi pendedahan tanpa mengira jarak dari kediaman (Stoddard et al. 2013). Dari segi penularan, mobiliti boleh menyebabkan kes yang dijangkiti di satu lokasi membentuk pautan dengan kes di lokasi lain, atau menyebabkan kes kelihatan sporadik apabila jangkitan sebenarnya berlaku di lokasi yang berbeza daripada alamat tempat tinggal. Faktor demografi seperti umur, jantina dan bangsa lebih menunjukkan komposisi populasi, manakala faktor sosial seperti status kewarganegaraan, kategori

pekerjaan dan mobiliti lebih menunjukkan perkongsian konteks pendedahan yang boleh mempengaruhi corak penularan dalam sesebuah komuniti.

2.3.4 Persekitaran

Faktor persekitaran mempengaruhi penularan denggi melalui tempat pembiakan nyamuk *Aedes* serta peluang pendedahan manusia kepada nyamuk tersebut. Faktor-faktor ini merangkumi jenis kediaman, kepadatan penduduk, meteorologi serta status sosioekonomi kawasan kediaman.

Jenis kediaman boleh membentuk persekitaran pendedahan yang berbeza terhadap penularan denggi. Kajian di Singapura mengelaskan bangunan tinggi sebagai bangunan yang mempunyai lebih tiga tingkat (>3 tingkat), manakala bangunan rendah mempunyai tiga tingkat atau kurang (≤ 3 tingkat). Dalam kajian tersebut, bangunan tinggi terdiri terutamanya daripada pangsapuri dan kondominium, manakala bangunan rendah merangkumi kediaman bertanah seperti banglo, rumah kedai dan rumah teres (Seidahmed et al. 2018).

Bangunan tinggi menempatkan penghuni secara menegak dan mempunyai ruang separa dalaman yang dikongsi seperti koridor dan tangga. Kajian menggunakan ovitrap di kediaman bertingkat tinggi di Malaysia mendapati aktiviti oviposisi *Aedes* dapat dikesan di ruang tersebut pada pelbagai aras bangunan (Ab Hamid et al. 2020). Selain itu, elemen reka bentuk seperti talang hujan yang sukar dicapai atau tersumbat, sistem saliran dan paip yang kurang baik serta permukaan konkrit bumbung atau lantai yang tidak rata boleh menyebabkan takungan air dan menjadi tempat pembiakan *Aedes* (Zainon et al. 2016). *Aedes aegypti* dan *Ae. albopictus* boleh ditemui sehingga aras 21, iaitu kira-kira 61.1 hingga 63.0 meter. Kedua-dua spesies secara umumnya lebih banyak ditemukan pada tiga aras pertama, dengan indeks ovitrap menunjukkan kecenderungan menurun apabila aras bangunan meningkat di kebanyakan lokasi kajian (Ab Hamid et al. 2020). Kajian terdahulu turut menemukan *Ae. aegypti* sehingga aras 16 manakala *Ae. albopictus* sehingga aras 14, tetapi perbezaan indeks ovitrap antara aras tidak signifikan dan hubungan antara bilangan larva dengan ketinggian tidak konsisten antara lokasi (Lau et al. 2013). Ini menjadikan potensi pendedahan kepada nyamuk di

bangunan tinggi tidak terhad kepada aras bawah sahaja, tetapi boleh berlaku pada pelbagai aras di bangunan tinggi.

Sebaliknya, bangunan rendah mempunyai persekitaran pendedahan yang berbeza. Kediaman bertanah seperti rumah teres dan rumah berkembar lazimnya mempunyai ruang domestik (dalam rumah) dan peridomestik (sekitar rumah) yang bersambung secara langsung dengan persekitaran luar. Bekas air di luar rumah, khususnya bekas yang tidak bertutup boleh menjadi tempat pembiakan *Aedes* (Arunachalam et al. 2010). Kawasan bangunan rendah mempunyai rangkaian saluran yang lebih padat dan lebih banyak pembiakan *Aedes* di luar rumah, khususnya dalam sistem saluran, berbanding kawasan bangunan tinggi (Seidahmed et al. 2018). *Ae. aegypti* lazimnya terbang dalam jarak yang pendek di dalam dan persekitaran kediaman (Harrington et al. 2005). Oleh itu, kewujudan tempat pembiakan dalam beberapa rumah yang berdekatan berpotensi menyebabkan ruang pergerakan nyamuk bertindih dan membentuk persekitaran pendedahan bersama secara mendatar. Sebahagian tempat pembiakan di kawasan bangunan rendah juga boleh berada dalam ruang domestik atau peridomestik, menyebabkan pengurusan bekas air dan persekitaran rumah menjadi komponen penting dalam kawalan vektor (Arunachalam et al. 2010). Taburan menegak *Aedes* dalam bangunan tinggi dan potensi pertindihan ruang pergerakan nyamuk secara mendatar di kawasan bangunan rendah menunjukkan jenis kediaman boleh membentuk corak pendedahan yang berbeza dalam kalangan penghuni.

Selain jenis kediaman, kepadatan penduduk turut mempengaruhi persekitaran pendedahan denggi. Kepadatan penduduk yang tinggi menyediakan lebih banyak perumah dalam sesuatu kawasan, sekali gus meningkatkan peluang gigitan nyamuk. Ini boleh meningkatkan peluang penularan dalam lingkungan pergerakan vektor yang terhad (Arunachalam et al. 2010). Analisis ruang di Selangor mendapati hotspot denggi berpanjangan tertumpu di daerah yang sangat maju dan mempunyai kepadatan penduduk melebihi 1000 orang per kilometer persegi (Abdullah et al. 2025).

Keadaan sosioekonomi dan penyelenggaraan persekitaran kediaman juga boleh mempengaruhi kewujudan tempat pembiakan *Aedes*. Kajian dalam kalangan penghuni perumahan kos rendah (PPR) di Lembah Klang mendapati bahawa pendapatan isi

rumah dan keadaan kemudahan pengumpulan sisa yang kurang baik mempunyai hubungan signifikan dengan seropositiviti anti-denggi IgG dalam analisis awal. Walau bagaimanapun, kedua-dua faktor tersebut tidak lagi signifikan selepas pelarasan dalam model multivariat, manakala lokasi dan etnik kekal sebagai faktor yang signifikan (N. AbuBakar et al. 2025). Kajian yang sama turut mendapati kehadiran air bertakung di sekitar PPR mempunyai hubungan dengan seropositiviti IgM, menunjukkan kepentingan saliran dan pengurusan persekitaran dalam mengurangkan habitat pembiakan vektor.

Faktor meteorologi turut memainkan peranan penting dalam penularan denggi. Suhu yang lebih tinggi mempercepatkan perkembangan kitaran hidup nyamuk dan memendekkan tempoh inkubasi ekstrinsik virus dalam vektor, manakala taburan hujan menambah sumber takungan air yang berpotensi menjadi tempat pembiakan (Chan & Johansson 2012; Liu et al. 2023; Nik Abdull Halim et al. 2022). Kajian di Malaysia menunjukkan denggi dipengaruhi suhu dan hujan dengan tempoh lag antara 7 hingga 51 hari, dan variasi faktor meteorologi ini menyumbang kepada corak epidemik yang berbeza mengikut musim dan daerah (Hii et al. 2016). Di Subang Jaya, model siri masa berasaskan pemboleh ubah iklim turut dibangunkan untuk meramal kejadian kes denggi, menunjukkan kegunaan data iklim dan pola temporal dalam peramalan denggi (Dom et al. 2013b).

2.4 KONSEP HUBUNGAN RUANG-MASA DALAM PENULARAN DENGGI

Interaksi antara faktor agen, vektor, perumah dan persekitaran boleh menghasilkan penularan denggi yang berkelompok dalam ruang dan masa. Kajian epidemiologi menunjukkan kes denggi cenderung berlaku dalam kawasan kejiranan yang berdekatan dan dalam tempoh masa yang terhad, menunjukkan had biologi penularan melalui vektor yang bergerak dalam lingkungan setempat. Bahagian ini menghuraikan bukti pengelompokan ruang-masa, rasional penggunaan hubungan ruang-masa sebagai proksi penularan serta variasi ambang ruang dan masa yang digunakan dalam kajian denggi sedia ada.

2.4.1 Pengelompokan Denggi dalam Ruang dan Masa

Pengelompokan denggi dalam ruang-masa telah diperhatikan secara konsisten dalam kajian sedia ada, di mana kes cenderung bertumpu dalam kawasan kejiranan yang sempit dan dalam tempoh masa yang terhad. Corak ini lazimnya diukur menggunakan pendekatan statistik seperti Getis-Ord G_i^* atau Moran's I bagi dimensi ruang, serta ujian Knox bagi dimensi ruang-masa bersepadu (Abd Naeem & Abdul Rahman 2022; Abdullah et al. 2025; Hassan, Shohaimi & Hashim 2012; Knox 1964; Masrani et al. 2022). Pengelompokan ruang-masa merujuk kepada keadaan apabila pasangan kes yang berdekatan dari segi lokasi turut berlaku dalam selang masa yang singkat melebihi jangkaan secara rawak. Corak ini menunjukkan kemungkinan perkongsian konteks pendedahan setempat atau proses penularan yang berlaku dalam lingkungan ruang dan masa yang munasabah secara epidemiologi, tetapi tidak membuktikan bahawa kes-kes tersebut berada dalam rantaian penularan yang sama.

Kajian menggunakan data serotaip dan genomik turut menyokong ciri penularan denggi yang berlaku setempat. Salje et al. (2012) menunjukkan bahawa kes yang berlaku berdekatan dalam ruang dan masa lebih cenderung berkongsi serotaip virus yang sama. Kajian lanjutan oleh Salje et al. (2017) pula menunjukkan bahawa kemungkinan dua kes berada dalam rantaian penularan yang sama menurun apabila jarak antara kediaman meningkat. Kajian yang lebih terkini juga menunjukkan pengelompokan ruang-masa yang kuat pada kawasan kediaman dan kejiranan yang sama (Dufault et al. 2022; Edenborough et al. 2024). Dapatan ini secara konsisten menunjukkan bahawa penularan denggi mempunyai ciri penularan setempat.

Di Malaysia, corak pengelompokan yang serupa telah diperhatikan dalam pelbagai kajian menggunakan pendekatan analisis *hotspot* dan kluster. *Hotspot* denggi di Selangor didapati tertumpu secara konsisten di daerah Gombak, Hulu Langat, Klang dan Petaling yang mempunyai kepadatan penduduk yang tinggi, manakala kluster berulang dikenal pasti di kawasan berkepadatan tinggi Semenanjung Malaysia dengan pengelompokan temporal semasa musim tengkujuh (Abd Naeem & Abdul Rahman 2022; Abdullah et al. 2025). Lokaliti tertentu turut didapati secara konsisten muncul sebagai kluster aktif merentasi kitaran masa yang berbeza, mencadangkan bahawa faktor persekitaran fizikal seperti bangunan memainkan peranan dalam mengekalkan

penularan walaupun selepas kawalan dilaksanakan (Abdullah et al. 2025). Walau bagaimanapun, pendekatan tersebut menunjukkan di mana dan bila pengelompokan kes berlaku pada aras, kawasan, mukim, lokaliti atau *hotspot* dan tidak mengkaji hubungan setiap pasangan kes denggi sebagai struktur penularan denggi.

2.4.2 Hubungan Ruang-Masa sebagai Proksi Penularan

Dalam penularan denggi, hubungan penularan sebenar (rantai penularan) antara dua kes sukar diperhatikan secara langsung kerana virus dipindahkan melalui vektor dan bukan melalui kontak langsung (*direct transmission*) manusia yang dijangkiti kepada manusia yang sihat. Penentuan rantai penularan sebenar memerlukan maklumat tambahan seperti data serotaip atau genomik virus, data vektor dan sejarah pergerakan individu, yang lazimnya tidak tersedia secara rutin bagi setiap kes. Oleh itu, hubungan antara kes boleh dianggarkan menggunakan kedekatan ruang dan masa sebagai proksi kepada kemungkinan perkongsian pendedahan gigitan nyamuk (Aldstadt et al. 2012; Salje et al. 2017).

Walaupun bagaimanapun, lokasi kediaman tidak semestinya merupakan lokasi sebenar pendedahan kepada vektor. Kajian Stoddard et al. (2013) menunjukkan pergerakan manusia dan lokasi yang dikunjungi di luar kediaman turut mempengaruhi pendedahan kepada denggi. Dalam kajian ini, hubungan ruang-masa digunakan sebagai proksi untuk menggambarkan kemungkinan penularan antara kes denggi. Hubungan tersebut tidak membuktikan bahawa satu kes menjangkiti kes yang lain, bahawa kedua-dua kes dijangkiti oleh nyamuk yang sama atau bahawa kedua-duanya berada dalam rantai penularan yang telah disahkan secara virologi. Oleh sebab kekuatan hubungan tersebut bergantung kepada jarak dan tempoh masa yang digunakan, pemilihan ambang ruang dan masa perlu mempunyai asas biologi dan epidemiologi yang munasabah.

2.4.3 Pemilihan Ambang Ruang-Masa dalam Kajian Denggi

Kajian terdahulu menggunakan ambang ruang dan masa yang berbeza bagi mengenal pasti pengelompokan atau kemungkinan hubungan antara kes denggi. Mammen et al. (2008) menjalankan penyiasatan kluster dalam lingkungan 100 meter daripada kediaman kes indeks sepanjang tempoh penyiasatan sekitar 15 hari. Salje et al. (2012)

pula mendapati bahawa kes yang berlaku dalam radius 200 meter dan dalam bulan yang sama mempunyai kebarangkalian 1.82 kali lebih tinggi untuk berkongsi serotaip virus yang sama berbanding pasangan kes yang dipilih secara rawak. Kajian lanjutan juga menunjukkan bahawa 60% pasangan kes yang tinggal kurang dari 200 meter antara satu sama lain berasal daripada rantaian penularan yang sama, berbanding hanya 3% bagi pasangan kes yang terpisah sejauh 1 hingga 5 kilometer (Salje et al. 2017).

Kajian yang lebih terkini turut menunjukkan variasi ambang tersebut. Dufault et al. (2022) mendapati bahawa apabila tempoh tujuh hari digunakan, pengelompokan lebih jelas pada jarak yang dekat, manakala apabila tempoh dua minggu digunakan, kebergantungan spatial masih dapat dikesan sehingga 200 meter antara lokasi kediaman pasangan kes. Edenborough et al. (2024) pula melaporkan bahawa 75% pasangan kes yang tinggal dalam lingkungan 100 meter dan mempunyai tarikh bermula gejala dalam tempoh 0 hari (hari yang sama) sehingga satu bulan berada dalam kluster genomik yang sama. Secara keseluruhan, kajian terdahulu menunjukkan bahawa tiada satu ambang ruang-masa yang seragam digunakan, namun hubungan antara kes cenderung menjadi lebih kuat apabila jarak dan tempoh antara kejadian kes semakin dekat (Dufault et al. 2022; Edenborough et al. 2024; Mammen et al. 2008; Salje et al. 2012, 2017).

Dalam kajian ini, hubungan ruang ≤ 200 meter dipilih berdasarkan gabungan bukti biologi dan epidemiologi. Dari sudut biologi, kajian tangkap-lepas-tangkap semula oleh Russell et al. (2005) mendapati purata jarak pergerakan *Ae. aegypti* ialah 78 meter, manakala jarak terjauh yang direkodkan ialah 200 meter. Dari sudut epidemiologi, bukti daripada Salje et al. (2017) dan Dufault et al. (2022) menunjukkan bahawa hubungan antara kes masih dapat dikenal pasti pada skala sehingga sekitar 200 meter. Oleh itu, jarak 200 meter tidak dianggap sebagai had mutlak pergerakan *Aedes*, tetapi sebagai ambang yang munasabah untuk menggambarkan kemungkinan pendedahan setempat antara kes (Dufault et al. 2022; Russell et al. 2005; Salje et al. 2017).

Bagi hubungan masa, pemilihan ≤ 14 hari mengambil kira variasi tempoh yang digunakan dalam kajian terdahulu serta epidemiologi denggi. Mammen et al. (2008) menjalankan penyiasatan kluster dalam tempoh sekitar 15 hari, manakala Dufault et al.

(2022) menunjukkan bahawa jarak 200 meter masih dapat dikesan apabila tempoh dua minggu digunakan. Edenborough et al. (2024) pula menilai hubungan genomik bagi pasangan kes dengan tarikh bermula gejala dalam tempoh sehingga satu bulan. Di Malaysia, tempoh 14 hari turut digunakan dalam penyiasatan wabak denggi (KKM 2022). Oleh itu, perbezaan tarikh bermula gejala ≤ 14 hari dipilih sebagai tempoh yang munasabah untuk menggambarkan hubungan masa antara kes (Dufault et al. 2022; KKM 2022; Mammen et al. 2008).

Berdasarkan bukti tersebut, kombinasi jarak kediaman ≤ 200 meter dan perbezaan tarikh bermula gejala ≤ 14 hari dipilih sebagai kriteria utama hubungan ruang-masa dalam kajian ini. Pemilihan ini mengambil kira julat pergerakan nyamuk *Aedes*, bukti epidemiologi mengenai pengelompokan kes pada kejiranan serta hubungan masa antara kejadian kes. Memandangkan corak hubungan yang dikenal pasti boleh dipengaruhi oleh pemilihan ambang, keteguhan kriteria tersebut turut dinilai melalui analisis sensitiviti menggunakan variasi ambang ruang dan masa seperti yang dihuraikan dalam Bab 3.

2.4.4 Jurang Kajian

Kajian lalu menunjukkan bahawa pendekatan ruang-masa seperti statistik Knox (Knox 1964), imbasan Kulldorff dan analisis *hotspot* telah berjaya mengenal pasti lokasi serta tempoh pengelompokan kes denggi. Di Malaysia, kajian lebih banyak menggunakan pemetaan risiko, analisis *hotspot* dan pengesanan kluster pada aras kawasan, mukim atau lokaliti (Abd Naeem & Abdul Rahman 2022; Abdullah et al. 2025; Hassan, Shohaimi & Hashim 2012; Masrani et al. 2022). Pendekatan tersebut penting untuk menunjukkan di mana dan bila pengelompokan kes berlaku, tetapi tidak menerangkan secara khusus bagaimana kes individu saling berhubung dalam pengelompokan tersebut.

Sebaliknya, beberapa kajian luar negara telah menganalisis hubungan pada aras individu atau pasangan kes menggunakan penyiasatan kluster, serotaip virus, data genomik dan pergerakan manusia (Mammen et al. 2008; Salje et al. 2012, 2017; Stoddard et al. 2013). Kajian tersebut memberikan bukti bahawa kedekatan ruang dan masa berkait dengan kemungkinan hubungan epidemiologi antara kes, namun fokus

kajian tersebut adalah pada pengelompokan atau hubungan pasangan kes dan bukan pencirian struktur keseluruhan hubungan antara kes.

Terdapat dua jurang utama yang menjadi asas kepada kajian ini. Pertama, kajian denggi di Malaysia masih terhad dalam menghuraikan struktur hubungan antara kes individu berdasarkan hubungan ruang-masa. Maklumat *hotspot* dan kluster dapat menunjukkan kawasan tumpuan kes, tetapi tidak dapat menerangkan bagaimana kes-kes tersebut tersusun dan saling berhubung dalam keseluruhan corak penularan.

Kedua, penggunaan pendekatan rangkaian untuk mencirikan struktur hubungan antara kes dan mengenal pasti faktor yang mempengaruhi pembentukan hubungan tersebut masih terhad dalam kajian denggi, khususnya di Malaysia. Pendekatan SNA dan ERGM yang dihuraikan dalam bahagian seterusnya menyediakan kaedah untuk menangani jurang ini.

Pemilihan faktor yang dikaji turut mengambil kira bukti kajian terdahulu, kesesuaian dengan objektif kajian, aras pengukuran serta ketersediaan pemboleh ubah dalam data surveilan. Faktor seperti umur, jantina, bangsa, kategori pekerjaan, status kewarganegaraan dan jenis kediaman tersedia pada aras kes. Sebaliknya, serotaip dan data genomik virus, maklumat terperinci mengenai vektor serta sejarah pergerakan individu tidak tersedia secara rutin bagi setiap kes. Faktor meteorologi, sosioekonomi dan kepadatan penduduk pula lazimnya diukur pada aras kawasan dan tidak dapat digunakan secara langsung sebagai ciri individu. Oleh itu, faktor yang tidak dimasukkan dalam kajian ini adalah berkaitan dengan ketersediaan data, aras pengukuran dan kesesuaiannya dengan objektif analisis. Faktor-faktor tersebut tetap diambil kira dalam interpretasi serta limitasi kajian.

Jadual 2.2 merumuskan kajian terdahulu yang berkaitan bagi menunjukkan perbezaan fokus analisis, kaedah, aras analisis, penggunaan hubungan ruang-masa dan faktor yang dikaji berbanding kajian semasa.

Jadual 2.2 Kajian ruang-masa denggi terdahulu dan faktor yang dikaji

Pengarang, Tahun	Negara (Negeri)	Fokus analisis	Kaedah	Aras	Hubungan ruang-masa	Faktor sosiodemografi	Faktor persekitaran	Kaji struktur penularan
Mammen et al. 2008	Thailand	Pengesanan kluster dan penularan fokal	Penyiasatan kluster prospektif; penilaian jangkitan manusia dan <i>Aedes</i>	Individu / kejiranan kes indeks	Radius 100 m dari rumah kes indeks; susulan 15 hari	Tidak dinilai	Jangkitan <i>Ae. aegypti</i> ; ciri persekitaran rumah	Tidak
Salje et al. 2012	Thailand (Bangkok)	Kedekatan pasangan kes dan penularan fokal	Analisis pasangan kes berdasarkan lokasi kediaman dan serotaip	Pasangan kes	Pasangan dalam 200 m, 1.82 kali lebih tinggi berkongsi serotaip yang sama dalam sebulan	Tidak dinilai	Serotaip virus; corak imuniti populasi dibincangkan	Tidak
Hassan, Shohaimi & Hashim 2012	Malaysia (Selangor & Kuala Lumpur)	Pemetaan risiko denggi	GIS dan co-kriging	Kawasan dan daerah	Analisis spatial; tiada ambang pasangan kes	Kepadatan penduduk	Hujan	Tidak
Stoddard et al. 2013	Peru (Iquitos)	Pergerakan manusia dan lokasi pendedahan	Kajian kluster	Individu	Rumah yang dikunjungi oleh kes dalam 2 minggu sebelumnya	Pergerakan rumah-ke-rumah; lokasi lawatan	Pendedahan kepada nyamuk di rumah/lokasi yang dikunjungi	Tidak
bersambung...								

...sambungan

Salje et al. 2017	Thailand (Bangkok)	Rantaian penularan dan skala spatial	Analisis genomik, serotaip dan ruang-masa	Pasangan kes	<200 m: 60% pasangan daripada rantaian penularan yang sama; 1-5 km: 3%	Tidak dinilai sebagai faktor utama	Genotip/serotaip; saiz dan kepadatan populasi	Tidak (mengkaji rantaian penularan, bukan struktur penularan)
Masrani et al. 2022	Malaysia (Kelantan)	Trend dan pola spatial denggi	ArcGIS; Global Moran's I; Getis-Ord Gi* hotspot analysis	Mukim / subdaerah	Pola spatial tahunan 2016-2018	Tiada menguji faktor sosiodemografi	Tiada menguji persekitaran; urbanisasi dibincangkan	Tidak
Abd Naceim & Abdul Rahman 2022	Malaysia	Pengesanan kluster spatial, temporal dan ruang-masa	Statistik imbasan ruang-masa silinder Kulldorff dan prisma Takahashi	Daerah	Kluster 2015-2017 pada aras daerah; tiada ambang pasangan kes	Data banci digunakan untuk kadar insiden; kepadatan penduduk sebagai konteks	Musim tengkujuh/hujan dibincangkan; tidak dimodelkan sebagai kovariat	Tidak
Dufault et al. 2022	Indonesia (Yogyakarta)	Pengelompokan ruang-masa dan kesan wMel Wolbachia	Statistik ruang-masa pada pasangan kes; analisis sensitiviti	Pasangan kes	Analisis utama: masa gejala ≤ 30 hari; sensitiviti 7 dan 14 hari. Pada 14 hari, kebergantungan jarak sehingga 200 m; pengelompokan tertinggi sekitar 50 m dan 7 hari	Tidak dinilai	Serotaip; status kawasan intervensi wMel Wolbachia	Tidak

bersambung...

...sambungan

Edenborough et al. 2024	Indonesia (Yogyakarta)	Hubungan genomik, ruang-masa dan kesan Wolbachia	Survelan genomik dan analisis pasangan kes ruang-masa	Pasangan kes / kluster genomik	Kategori tarikh bermula gejala 0-1 bulan; 75% pasangan ≤ 100 m dengan tempoh 0-1 bulan berada dalam kluster genomik yang sama	Tidak dinilai	Genom/serotaip virus; status kawasan wMel Wolbachia	Tidak (kluster genomik, bukan struktur penularan denggi)
Abdullah et al. 2025	Malaysia (Selangor)	Dinamik hotspot denggi ruang-masa	ArcGIS; heat map; Getis-Ord Gi* hotspot analysis	Lokality hotspot / daerah	Corak mingguan dan spatial hotspot, 2017-2021; tiada ambang pasangan kes	Kepadatan penduduk dihuraikan sebagai konteks kawasan	Landskap pembandaran / kepadatan penduduk sebagai konteks; bukan model faktor individu	Tidak
Kajian semasa	Malaysia (Selangor)	Struktur rangkaian dan faktor pembentukan pautan dalam rangkaian	SNA dan ERGM	Pasangan kes	Jarak kediaman ≤ 200 m dan perbezaan tarikh bermula gejala ≤ 14 hari	Umur; jantina; bangsa; kategori pekerjaan; status kewarganegaraan	Jenis kediaman	Ciri struktur dan pemusatan rangkaian melalui SNA; faktor meningkatkan kecenderungan pautan dalam rangkaian penularan denggi menggunakan ERGM

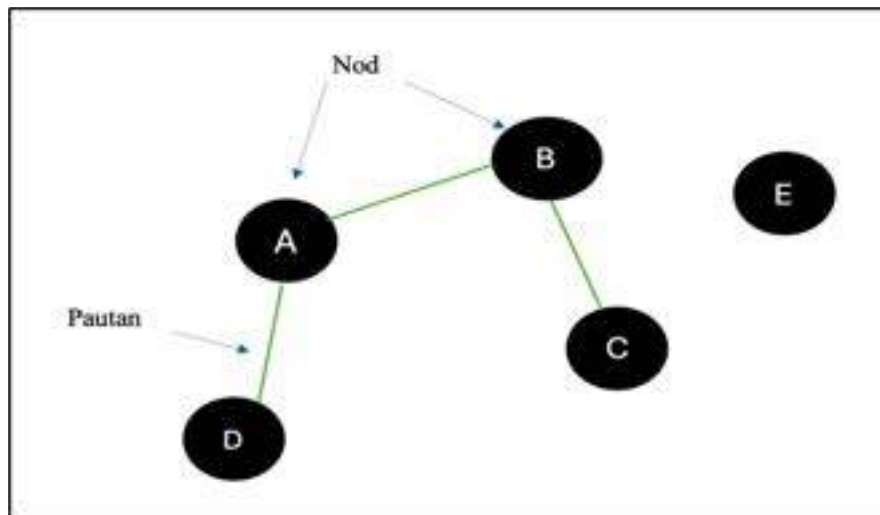
2.5 ANALISIS RANGKAIAN DALAM PENYAKIT BERJANGKIT

Dalam epidemiologi penyakit berjangkit, corak hubungan antara kes individu memainkan peranan yang sama penting dengan ciri agen itu sendiri dalam penularan penyakit. SNA boleh digunakan untuk menganalisis bagaimana hubungan ini tersusun secara struktur dan bagaimana struktur tersebut boleh mempengaruhi penularan dalam sesebuah populasi (Bansal, Grenfell & Meyers 2007; Keeling & Eames 2005). Bahagian ini menghuraikan asas SNA bermula daripada konsep nod dan pautan, seterusnya ukuran yang digunakan untuk menghuraikan struktur rangkaian, ukuran pemusatan nod, dan akhirnya aplikasi SNA dalam kajian penyakit berjangkit termasuk denggi.

2.5.1 Konsep Asas SNA

SNA dibina menggunakan dua elemen asas iaitu nod dan pautan. Nod mewakili entiti yang dianalisis seperti individu, kes penyakit, lokasi atau organisasi, manakala pautan mewakili hubungan atau interaksi antara dua nod (Light & Moody 2021). Gabungan keseluruhan nod dan pautan dalam satu sistem membentuk rangkaian yang boleh dianalisis secara kuantitatif untuk memahami struktur hubungan (Luke 2015).

Sifat pautan dalam rangkaian boleh berbeza bergantung kepada objektif kajian. Pautan tidak berarah boleh dijelaskan sebagai hubungan yang simetri antara dua nod di mana tiada arah hubungan ditetapkan seperti dalam rajah 2.3, manakala pautan berarah menunjukkan hubungan yang asimetri di mana arah hubungan daripada satu nod kepada nod lain dapat dikenal pasti (Newman 2010). Sebagai contoh, dalam kajian penyakit yang penularannya dapat dikesan melalui siasatan kontak positif, pautan berarah boleh digunakan untuk menunjukkan arah jangkitan dari kes sumber kepada kes sasaran (Arunachalam et al. 2010; Wasserman & Faust 1994). Sebaliknya, apabila arah penularan tidak dapat ditentukan, penggunaan pautan tidak berarah adalah lebih sesuai (Light & Moody 2021; Luke 2015).



Rajah 2.3 Contoh nod yang bersambung dengan nod lain (Nod A–B, B–C dan A–D) menggunakan pautan tidak berarah dalam rangkaian.

Penggunaan teori graf sebagai asas kepada SNA telah berkembang sejak pertengahan abad ke-20, bermula daripada kajian sosiometri yang menganalisis struktur hubungan dalam kumpulan kecil, dan seterusnya berkembang menjadi disiplin formal yang merangkumi pelbagai bidang termasuk sosiologi, fizik dan epidemiologi (Freeman 2004). Dalam epidemiologi penyakit berjangkit, peralihan daripada model campuran rawak kepada model berasaskan rangkaian berlaku kerana model campuran rawak mengandaikan setiap individu berpotensi berhubung dengan semua individu lain secara sama rata, sedangkan dalam realiti setiap individu hanya berinteraksi dengan bilangan terhad individu lain yang membentuk rangkaian yang kompleks dan tidak seragam (Bansal, Grenfell & Meyers 2007; Keeling & Eames 2005).

Dalam penularan penyakit berjangkit, pautan dalam rangkaian boleh mewakili kontak fizikal yang disahkan seperti dalam kajian tuberkulosis atau COVID-19, atau boleh dibina menggunakan proksi apabila data kontak tidak tersedia (Keeling & Eames 2005; Pellis et al. 2015). Bagi penyakit bawaan vektor seperti denggi, pautan lazimnya dibina berdasarkan kriteria kedekatan ruang dan masa antara kes, menunjukkan perkongsian persekitaran pendedahan terhadap vektor yang sama dalam kawasan dan tempoh masa yang bertindih.

2.5.2 Ukuran Struktur Rangkaian

Pelbagai ukuran boleh digunakan untuk menghuraikan ciri struktur rangkaian secara kuantitatif menggunakan analisis rangkaian sosial. Ukuran ini memberikan gambaran tentang saiz, kepadatan, jarak struktur dan corak pengelompokan dalam rangkaian, yang secara kolektif membolehkan perbandingan antara rangkaian yang berbeza atau antara subkumpulan dalam rangkaian yang sama (Newman 2010; Wasserman & Faust 1994).

a. Saiz Rangkaian

Saiz rangkaian merujuk kepada bilangan nod dan bilangan pautan. Kedua-dua nilai ini memberikan gambaran skala rangkaian dan merupakan titik rujukan asas sebelum sebarang analisis lanjut dilakukan. Dalam epidemiologi, saiz rangkaian menunjukkan bilangan kes yang terlibat dalam hubungan penularan yang dikesan dan bilangan pasangan kes yang berkongsi persekitaran pendedahan, memberikan gambaran awal tentang luasnya penularan dalam populasi yang dikaji (Bansal, Grenfell & Meyers 2007; Luke 2015).

b. Kepadatan

Kepadatan (*density*) merujuk kepada nisbah pautan yang wujud berbanding jumlah pautan maksimum yang mungkin dalam rangkaian. Nilai kepadatan berkisar antara 0 bagi rangkaian yang tidak mempunyai sebarang pautan hingga 1 bagi rangkaian yang semua nodnya saling berhubung (Newman 2010). Kepadatan yang tinggi menunjukkan rangkaian yang padat, manakala kepadatan yang rendah menunjukkan rangkaian yang jarang dengan hubungan terhad.

c. Struktur Komponen

Komponen ialah kumpulan nod yang saling berhubung melalui laluan pautan antara satu sama lain, tetapi terputus daripada nod lain di luar kumpulan tersebut (Newman 2010). Dalam konteks epidemiologi denggi, komponen berpadanan dengan konsep kluster iaitu sekumpulan kes yang saling berhubung. Bilangan komponen, saiz komponen terbesar dan purata saiz komponen menggambarkan tahap ketersambungan atau pecahan rangkaian secara keseluruhan. Rangkaian yang terpecah kepada banyak

komponen kecil menggambarkan penularan yang berlaku secara berasingan di pelbagai lokaliti tanpa hubungan antara kluster, manakala komponen terbesar menunjukkan penularan yang saling berkait secara lebih meluas (Newman 2010; Pellis et al. 2015).

Konsep kluster dalam epidemiologi denggi di Malaysia ditakrifkan sebagai kumpulan kes yang berkaitan dari segi masa dan tempat (KKM 2017), tanpa memerlukan pembinaan rangkaian formal antara kes. Dalam kajian ini, konsep kluster dioperasikan secara lebih tepat melalui pembentukan komponen rangkaian, iaitu kumpulan nod yang tersambung secara langsung atau tidak langsung melalui pautan ruang-masa yang ditakrifkan (≤ 200 meter, ≤ 14 hari) (Wasserman & Faust 1994). Berbeza dengan kluster epidemiologi yang longgar dan tidak memerlukan keterhubungan eksplisit setiap pasangan kes, komponen rangkaian memerlukan laluan pautan yang jelas antara nod, menjadikannya operasionalisasi yang lebih tegas bagi konsep pengelompokan kes. Istilah komuniti pula digunakan dalam kajian ini merujuk kepada komposisi sosiodemografi dan persekitaran sesuatu kawasan, bukan subkumpulan rangkaian yang dikesan melalui algoritma pengesanan komuniti (community detection) seperti dalam kajian rangkaian sosial lain.

d. Jarak Struktur

Panjang purata laluan terpendek mengukur minimum jarak antara semua pasangan nod yang boleh dicapai dalam komponen tersebut. Diameter rangkaian pula ialah panjang laluan terpendek terpanjang antara mana-mana dua nod dalam rangkaian, dan biasanya dikira dalam komponen terbesar bagi rangkaian yang berpecah (Luke 2015; Newman 2010). Pengiraan kedua-dua ukuran ini dalam komponen terbesar adalah pendekatan yang lazim digunakan apabila rangkaian tidak tersambung sepenuhnya, kerana mengira jarak merentasi komponen yang berasingan tidak memberikan makna yang jelas mengikut analitik (Luke 2015). Kedua-dua ukuran ini menggambarkan sama ada rangkaian bersifat padat dan mudah dicapai secara menyeluruh, memanjang atau terpecah (Barthélemy 2011; Newman 2010). Dalam epidemiologi, jarak struktur yang panjang boleh dianggap penularan yang merebak secara perlahan dan berantai daripada satu kawasan ke kawasan yang lain.

e. **Pengelompokan Setempat**

Pengelompokan setempat boleh diukur dengan transitiviti global (*global transitivity*). Transitiviti global mengukur kecenderungan pembentukan segitiga dalam rangkaian, iaitu kemungkinan bahawa dua nod yang masing-masing berhubung dengan nod ketiga juga saling berhubung antara satu sama lain (Newman 2010; Wasserman & Faust 1994). Nilai transitiviti global berkisar antara 0 hingga 1, di mana nilai 0 menunjukkan tiada sebarang segitiga tertutup terbentuk dalam rangkaian manakala nilai 1 menunjukkan bahawa setiap triplet nod yang berhubung membentuk segitiga yang tertutup sepenuhnya (Newman 2010; Wasserman & Faust 1994). Nilai yang tinggi menunjukkan bahawa nod cenderung berkumpul dalam kelompok yang rapat. Dalam epidemiologi, nilai transitiviti global yang tinggi boleh menunjukkan penularan yang berlaku dalam kelompok isi rumah atau kejiranan yang padat di mana individu berkongsi persekitaran pendedahan yang sama secara berulang (Keeling & Eames 2005; Salje et al. 2017).

f. **Struktur Darjah Nod**

Struktur darjah nod boleh diukur menggunakan kesamaan ciri darjah (*degree assortativity*) dan pekali Gini (*gini coefficient*). Kesamaan ciri darjah mengukur kecenderungan nod untuk berhubung dengan nod lain yang mempunyai darjah yang serupa. Nilai assortativiti berkisar antara -1 hingga +1, di mana nilai positif menunjukkan nod berdarjah tinggi cenderung berhubung sesama mereka, nilai negatif menunjukkan nod berdarjah tinggi lebih kerap berhubung dengan nod berdarjah rendah, dan nilai sifar menunjukkan tiada corak assortativiti yang ketara (Newman 2003). Dalam epidemiologi, ukuran ini membantu menilai sama ada penularan tertumpu dalam kelompok teras yang saling berhubung dengan rapat atau tersebar secara lebih luas dan tidak berpusat (Bansal, Grenfell & Meyers 2007).

Pekali Gini mengukur heterogeniti taburan darjah dengan nilai berkisar antara 0 yang menunjukkan taburan darjah yang seragam sempurna dan 1 yang menunjukkan ketidaksamarataan (Luke 2015; Newman 2010). Pekali Gini yang tinggi menunjukkan bahawa sebilangan kecil nod mendominasi rangkaian dari segi sambungan berbanding majoriti nod yang jarang berhubung, suatu corak yang dalam epidemiologi dikaitkan

dengan penularan tidak seimbang di mana sebilangan kecil individu atau lokasi bertanggungjawab terhadap sebahagian besar penularan (Lloyd-Smith et al. 2005; Woolhouse et al. 1997).

2.5.3 Ukuran Pemusatan Nod dan Rangkaian

Pemusatan merujuk kepada ukuran yang digunakan untuk menilai kedudukan atau kepentingan nod dalam struktur rangkaian. Ukuran pemusatan boleh diuraikan pada dua aras, iaitu pemusatan nod dan pemusatan rangkaian.

a. Pemusatan Nod

Pemusatan pada aras nod menilai kepentingan atau kedudukan strategik setiap nod secara individu dalam struktur rangkaian (Freeman 1977). Empat ukuran pemusatan nod yang lazim digunakan dalam analisis rangkaian ialah pemusatan darjah, pemusatan perantaraan, pemusatan kedekatan harmonik dan pemusatan eigenvektor.

i. Pemusatan Darjah (*Degree Centrality*)

Pemusatan darjah mengukur bilangan sambungan langsung yang dimiliki oleh sesuatu nod dalam rangkaian, di mana nilai 0 menunjukkan nod tidak mempunyai sebarang sambungan langsung, manakala nilai yang lebih tinggi menunjukkan nod tersebut mempunyai lebih banyak hubungan langsung dengan nod-nod lain (Freeman 1977). Bagi menggambarkan taburan darjah dalam rangkaian, dua ukuran lazim digunakan iaitu purata darjah nod yang mencerminkan tahap sambungan keseluruhan rangkaian, dan darjah nod tertinggi yang mengenal pasti nod yang paling banyak berhubung (Newman 2010; Wasserman & Faust 1994). Dalam epidemiologi, nod berpemusatan darjah tinggi boleh mewakili individu atau lokasi yang terlibat dalam lebih banyak penularan berbanding nod-nod lain (Bansal, Grenfell & Meyers 2007).

ii. Pemusatan Perantaraan (*Betweenness Centrality*)

Pemusatan perantaraan mengukur sejauh mana sesuatu nod terletak pada laluan terpendek antara pasangan nod lain dalam rangkaian. Nod dengan nilai perantaraan yang tinggi mempunyai kedudukan struktur yang berpotensi menghubungkan bahagian rangkaian yang berlainan (Freeman 1977). Nilai pemusatan perantaraan boleh

dilaporkan sebagai skor mentah atau skor ternormal. Skor mentah menggambarkan jumlah sumbangan laluan terpendek yang melalui sesuatu nod dan tidak terhad kepada julat 0 hingga 1 (Freeman 1977). Dalam epidemiologi penyakit berjangkit, nod sedemikian berpotensi memudahkan penularan penyakit merentasi kluster yang berbeza, menjadikannya sasaran intervensi yang strategik kerana gangguan terhadap nod jambatan ini berpotensi memutuskan hubungan antara kluster (Bansal, Grenfell & Meyers 2007; Galvani & May 2005).

iii. Pemusatan Kedekatan Harmonik (*Harmonic Closeness Centrality*)

Pemusatan kedekatan mengukur kedekatan purata sesuatu nod dengan semua nod lain dalam rangkaian berdasarkan jarak laluan terpendek. Formula harmonik digunakan bagi rangkaian yang tidak tersambung sepenuhnya kerana nod yang tidak boleh dicapai tidak menyumbang kepada pengiraan, mengelakkan nilai yang tidak bermakna (Marchiori & Latora 2000). Nilai pemusatan kedekatan harmonik boleh dilaporkan sebagai skor mentah atau skor ternormal. Skor mentah ialah jumlah songsangan jarak kepada semua nod yang dapat dicapai oleh pautan. Dalam kajian epidemiologi penyakit berjangkit, nod dengan nilai kedekatan harmonik yang tinggi berpotensi terdedah kepada lebih banyak sumber jangkitan kerana ia boleh mencapai bahagian rangkaian lain dengan lebih cepat (Keeling & Eames 2005).

iv. Pemusatan Eigenvektor (*Eigenvector Centrality*)

Pemusatan eigenvektor mengukur pengaruh nod mengikut bilangan sambungan dan juga kepentingan nod-nod yang disambungkannya, di mana sambungan kepada nod berpengaruh menyumbang lebih kepada nilai pemusatan eigenvektor berbanding sambungan kepada nod kurang berpengaruh (Bonacich 1972, 1987). Nilai pemusatan eigenvektor berkisar antara 0 hingga 1, di mana nilai yang lebih tinggi menunjukkan nod tersebut bukan sahaja mempunyai banyak sambungan tetapi juga berhubung dengan nod-nod yang berpengaruh dalam rangkaian. Walau bagaimanapun, dalam rangkaian yang berpecah kepada banyak komponen berasingan, pemusatan eigenvektor cenderung tertumpu dalam komponen terbesar sahaja, menyebabkan nod di luar komponen terbesar mendapat nilai hampir sifar (Newman 2010).

b. Pemusatan Rangkaian

Selain ukuran pada aras nod, pemusatan rangkaian mengukur sejauh mana keseluruhan struktur rangkaian bergantung kepada satu atau beberapa nod dominan sahaja berbanding diagihkan secara seimbang merentasi keseluruhan rangkaian (Freeman 1977; Wasserman & Faust 1994). Nilai pemusatan rangkaian berkisar antara 0 hingga 1, di mana nilai 0 menunjukkan sambungan diagihkan secara sekata merentasi semua nod dan nilai 1 menunjukkan keseluruhan rangkaian tertumpu sepenuhnya kepada satu nod sahaja seperti dalam rangkaian bintang. Empat ukuran pemusatan rangkaian lazim digunakan dalam SNA seperti ukuran pemusatan aras nod yang diterangkan sebelum ini (Bonacich 1987; Freeman 1977; Wasserman & Faust 1994).

Pemusatan darjah rangkaian mengukur sejauh mana sambungan dalam rangkaian tertumpu kepada sebilangan kecil nod berdarjah tinggi berbanding diagihkan secara seimbang (Freeman 1977). Dalam epidemiologi penyakit berjangkit, nilai pemusatan darjah rangkaian yang tinggi menunjukkan bahawa intervensi yang menasaskan nod berdarjah tinggi berpotensi memberi impak yang lebih besar terhadap keseluruhan rangkaian penularan berbanding intervensi yang diagihkan secara seragam (Galvani & May 2005).

Pemusatan perantaraan rangkaian pula mengukur sejauh mana laluan terpendek dalam rangkaian tertumpu melalui beberapa nod tertentu, di mana nilai tinggi menunjukkan rangkaian sangat bergantung kepada nod jambatan tertentu untuk menghubungkan bahagian-bahagian rangkaian (Freeman 1977; Wasserman & Faust 1994). Dalam penularan penyakit, pemusatan perantaraan rangkaian yang rendah menunjukkan bahawa rangkaian tidak bergantung kepada satu nod jambatan tunggal, sebaliknya penularan berlaku melalui banyak laluan yang berasingan, menjadikan strategi pemutusan penularan perlu dilaksanakan secara lebih meluas dan tidak tertumpu kepada satu titik kawalan sahaja (Bansal, Grenfell & Meyers 2007).

Pemusatan kedekatan harmonik rangkaian mengukur perbezaan antara nod yang paling hampir dan paling jauh dari segi jarak struktur, menunjukkan sama ada terdapat nod yang mempunyai kedudukan struktur yang jauh lebih menguntungkan berbanding nod lain dalam rangkaian (Marchiori & Latora 2000). Nilai pemusatan kedekatan

harmonik rangkaian yang tinggi mencadangkan bahawa sebilangan kecil nod mempunyai akses struktur yang jauh lebih baik kepada keseluruhan rangkaian, menjadikan kawasan atau individu tersebut sasaran intervensi awal yang berpotensi melambatkan penularan jangkitan merentasi rangkaian secara keseluruhan.

Pemusatan eigenvektor rangkaian pula mengukur sejauh mana pengaruh rangkaian tertumpu kepada satu atau beberapa nod berpengaruh berbanding diagihkan secara seimbang merentasi keseluruhan rangkaian (Bonacich 1987). Perlu diambil perhatian bahawa dalam rangkaian yang berpecah kepada banyak komponen berasingan, nilai pemusatan eigenvektor rangkaian cenderung tinggi kerana pengaruh tertumpu dalam komponen terbesar sahaja, justeru nilai ini perlu ditafsir bersama ukuran pemusatan lain untuk gambaran yang lebih menyeluruh tentang tahap tumpuan pengaruh dalam rangkaian (Newman 2010).

2.5.4 Pemodelan Statistik Rangkaian Menggunakan ERGM

Bahagian terdahulu menghuraikan bagaimana rangkaian penularan denggi dibina dan dicirikan menggunakan ukuran SNA. Walau bagaimanapun, ukuran SNA bersifat deskriptif iaitu ia menghuraikan struktur rangkaian tetapi tidak menguji secara statistik faktor yang mempengaruhi pembentukan pautan. Bahagian ini menghuraikan ERGM sebagai pendekatan pemodelan statistik yang membolehkan faktor pembentukan pautan diuji secara inferens, melengkapkan analisis deskriptif SNA yang telah dihuraikan sebelumnya.

ERGM dibina daripada gabungan dua kategori terma utama iaitu terma atribut yang menilai peranan ciri nod dalam pembentukan pautan, dan terma struktur yang menangkap kebergantungan dalaman rangkaian. Terma atribut merangkumi *nodefactor*, *nodematch*, *nodemix* dan *nodecov*, manakala terma struktur merangkumi *sisi*, *gwdegree*, *gwesp* dan *gwdsp*. Gabungan kedua-dua kategori ini membolehkan ERGM menilai secara serentak pengaruh ciri individu, homofili dan struktur rangkaian terhadap kecenderungan pembentukan pautan (Lusher, Koskinen & Robins 2013; Robins et al. 2007).

a. Konsep Asas dan Rasional ERGM

ERGM merupakan model statistik yang memodelkan kecenderungan sesuatu rangkaian wujud sebagai fungsi gabungan ciri atribut dan struktur rangkaian yang ditentukan oleh penyelidik (Lusher, Koskinen & Robins 2013; Robins et al. 2007). ERGM menilai sama ada ciri-ciri tertentu dalam rangkaian seperti nod yang berkongsi atribut yang sama atau corak pengelompokan (homofili) muncul lebih kerap berbanding jangkaan secara rawak. Formula matematik bagi ERGM boleh ditulis seperti berikut (Lusher, Koskinen & Robins 2013; Robins et al. 2007):

$$P(Y = y) = \frac{\exp\{\theta^T g(y)\}}{\kappa(\theta)} \quad \dots(2.1)$$

Merujuk persamaan 2.1, Y ialah pemboleh ubah rawak yang mewakili rangkaian, manakala y ialah rangkaian yang diperhatikan. Simbol $g(y)$ merujuk kepada vektor statistik rangkaian yang merangkumi ciri-ciri yang dimodelkan, seperti bilangan pautan, taburan darjah, atribut nod, kesepadanan atribut antara nod dan kebergantungan struktur rangkaian. Simbol θ ialah vektor parameter yang menganggar arah dan kekuatan perkaitan bagi setiap statistik rangkaian, manakala $\theta^T g(y)$ ialah gabungan linear berwajaran bagi statistik tersebut. Seterusnya, $\kappa(\theta)$ ialah pemalar penormalan yang memastikan jumlah kebarangkalian bagi semua konfigurasi rangkaian yang mungkin adalah bersamaan dengan satu.

Persamaan ini menunjukkan bahawa log-odd relatif sesuatu konfigurasi rangkaian diperhatikan bergantung pada nilai statistik rangkaian yang ditentukan dalam model. Parameter yang bernilai positif menunjukkan bahawa konfigurasi rangkaian dengan nilai statistik berkaitan yang lebih tinggi adalah lebih berkemungkinan diperhatikan, selepas mengambil kira terma lain dalam model. Sebaliknya, parameter yang bernilai negatif menunjukkan kecenderungan yang lebih rendah bagi konfigurasi tersebut. Dalam kajian ini, statistik $g(y)$ merangkumi terma sisi, nodefactor, nodematch dan gwdegree, yang masing-masing mewakili kecenderungan asas kewujudan pautan, perkaitan atribut nod, homofili atribut dan heterogeniti taburan darjah.

Pada aras pasangan nod, ERGM menganggarkan log-odd bersyarat kewujudan sesuatu pautan dengan mengambil kira keseluruhan struktur rangkaian yang lain. Hubungan ini boleh dihuraikan seperti berikut:

$$\text{logit}\{P(Y_{ij} = 1 | Y_{-ij})\} = \theta^T \Delta g_{ij}(y) \quad \dots(2.2)$$

Dalam persamaan (2.2) di atas, Y_{ij} menunjukkan status pautan antara nod i dan nod j , manakala Y_{-ij} mewakili keseluruhan rangkaian selain pautan tersebut. Simbol $\Delta g_{ij}(y)$ ialah perubahan dalam statistik rangkaian apabila status pautan antara nod i dan nod j diubah daripada tiada pautan kepada mempunyai pautan, dengan struktur rangkaian lain dikekalkan. Formulasi bersyarat ini membolehkan ERGM mengambil kira kebergantungan antara pautan, berbeza daripada regresi konvensional yang lazimnya mengandaikan pemerhatian adalah bebas antara satu sama lain. Bagi memudahkan interpretasi, pekali ERGM (β) dieksponekan untuk menghasilkan nisbah odd, iaitu $OR = \exp(\beta)$. Nilai OR melebihi satu menunjukkan kecenderungan pembentukan pautan yang lebih tinggi bagi terma yang dikaji, manakala nilai OR kurang daripada satu menunjukkan kecenderungan pembentukan pautan yang lebih rendah, dengan terma lain dalam model dikekalkan. Oleh itu, OR dalam ERGM merujuk kepada kecenderungan pembentukan pautan dalam rangkaian di bawah spesifikasi model yang digunakan dan bukan kepada risiko seseorang individu dijangkiti denggi.

Rasional penggunaan ERGM berbanding kaedah regresi seperti regresi logistik terletak pada sifat data rangkaian itu sendiri. Dalam regresi logistik, setiap pemerhatian diandaikan bebas antara satu sama lain. Walau bagaimanapun, dalam data rangkaian, pemerhatian iaitu pautan antara pasangan nod secara semula jadinya tidak bebas kerana pembentukan satu pautan boleh dipengaruhi oleh kewujudan pautan lain dalam rangkaian (Lusher, Koskinen & Robins 2013; Snijders et al. 2006). Sebagai contoh, kecenderungan dua kes membentuk pautan mungkin dipengaruhi oleh sama ada mereka berkongsi jiran yang sama dalam rangkaian, atau sama ada mereka mempunyai atribut yang serupa seperti sama jenis kediaman. Kecenderungan ini tidak dapat dimodelkan oleh regresi logistik tetapi dapat dinilai oleh ERGM melalui terma-terma yang dihuraikan dalam bahagian berikutnya (Lusher, Koskinen & Robins 2013; Snijders et

al. 2006). Dapatan ERGM dilaporkan sebagai pekali yang ditukarkan kepada nisbah odd (*odds ratio*, OR) bagi memudahkan tafsiran, selaras dengan pendekatan yang lazim digunakan dalam epidemiologi (Lusher, Koskinen & Robins 2013).

b. Terma Atribut dalam ERGM

Terma atribut menguji sama ada ciri nod berkait dengan kecenderungan membentuk pautan. Empat jenis terma atribut yang lazim digunakan dalam ERGM ialah *nodefactor*, *nodematch*, *nodemix* dan *nodecov*, masing-masing menilai aspek yang berbeza tentang peranan atribut nod dalam pembentukan pautan (Lusher, Koskinen & Robins 2013; Robins et al. 2007).

Nodefactor menilai sama ada nod yang mempunyai kategori atribut tertentu lebih atau kurang cenderung membentuk pautan berbanding kategori rujukan. Sebagai contoh, *nodefactor* bagi kategori pekerjaan menguji sama ada pelajar mempunyai kecenderungan yang berbeza untuk membentuk pautan berbanding golongan bekerja, setelah mengawal faktor lain dalam model. Perbezaan ini boleh mencerminkan perbezaan dalam corak rutin harian, lokasi pendedahan atau mobiliti yang mempengaruhi peluang pendedahan kepada nyamuk *Aedes* (Mammen et al. 2008; Ratanawong et al. 2016).

Nodematch pula menilai homofili, iaitu kecenderungan dua nod yang berkongsi kategori atribut yang sama untuk membentuk pautan melebihi apa yang dijangkakan secara rawak. Dalam sosiologi, homofili merujuk kepada kecenderungan individu yang serupa untuk berhubung antara satu sama lain, dan konsep ini telah diperluaskan kepada konteks epidemiologi untuk menjelaskan mengapa individu yang berkongsi ciri tertentu cenderung berada dalam rangkaian penularan yang sama (Goodreau, Kitts & Morris 2009). Dalam konteks rangkaian penularan denggi, homofili tidak bermaksud individu secara aktif memilih untuk berhubung, tetapi mencerminkan hakikat bahawa individu yang berkongsi ciri tertentu seperti jenis kediaman atau kewarganegaraan cenderung berkongsi persekitaran pendedahan yang sama, sekali gus meningkatkan kecenderungan berada dalam hubungan ruang-masa yang memenuhi kriteria pautan. *Nodematch* boleh dianggarkan secara keseluruhan atau secara khusus mengikut

kategori yang membolehkan penyelidik mengenal pasti sama ada kesan homofili berbeza antara kategori (Krivitsky et al. 2023; Lusher, Koskinen & Robins 2013).

Nodemix pula menilai corak percampuran antara semua kombinasi kategori atribut secara berasingan, membolehkan penyelidik mengenal pasti bukan sahaja sama ada homofili wujud tetapi juga sama ada terdapat kecenderungan heterofili iaitu kecenderungan nod daripada kategori berbeza untuk berhubung (Barranco, Lozares & Muntanyola-Saura 2019; Lusher, Koskinen & Robins 2013; McPherson, Smith-Lovin & Cook 2001). Berbeza dengan *nodematch* yang mengukur padanan secara umum, *nodemix* memberikan gambaran yang lebih terperinci tentang corak hubungan antara semua kombinasi kategori yang mungkin, dan lazimnya digunakan sebagai semakan sensitiviti bagi menilai sama ada corak homofili atau heterofili tertentu mempengaruhi kecenderungan pembentukan pautan.

Nodecov pula digunakan apabila atribut nod adalah pemboleh ubah berterusan seperti umur, di mana ia menilai sama ada peningkatan dalam nilai atribut tersebut meningkatkan atau mengurangkan kecenderungan nod untuk membentuk pautan (Krivitsky et al. 2023; Lusher, Koskinen & Robins 2013). Selain terma atribut, ERGM turut memasukkan terma struktur untuk menguji kebergantungan struktur dalaman rangkaian yang tidak dapat dijelaskan oleh ciri nod semata-mata, seperti yang diuraikan dalam bahagian berikutnya.

c. Terma Struktur dalam ERGM

Terma struktur menilai struktur dalaman rangkaian yang mempengaruhi pembentukan pautan secara bebas daripada ciri nod. Berbeza daripada terma atribut yang menilai kesan ciri luaran nod, terma struktur menilai sama ada kedudukan sesebuah nod atau pasangan nod dalam rangkaian itu sendiri mempengaruhi kecenderungan pembentukan pautan. Kepentingan terma struktur terletak pada fungsinya mengawal kebergantungan antara pautan iaitu hakikat bahawa pembentukan satu pautan dalam rangkaian boleh mempengaruhi kecenderungan pembentukan pautan lain. Jika kebergantungan ini tidak dimodelkan, anggaran kesan terma atribut menjadi bias (Snijders et al. 2006).

Pemilihan terma struktur bergantung kepada jenis pautan dalam rangkaian. Bagi rangkaian yang menggunakan pautan tidak berarah, empat terma struktur utama yang lazim dipertimbangkan ialah sisi, gwdegree, gwesp dan gwdsp, manakala bagi rangkaian yang menggunakan pautan berarah, terma tambahan seperti mutual, gwidegree dan gwodegree digunakan untuk menangkap sifat kebergantungan arah dalam rangkaian tersebut (Krivitsky et al. 2023; Lusher, Koskinen & Robins 2013). Bahagian ini menghuraikan terma struktur bagi pautan tidak berarah, selaras dengan situasi dalam kajian epidemiologi penyakit berjangkit di mana arah penularan antara kes tidak dapat ditentukan secara langsung dan pautan dibina menggunakan proksi kedekatan ruang dan masa (Bansal, Grenfell & Meyers 2007; Keeling & Eames 2005).

i. Sisi (*Edges*)

Terma sisi merupakan terma asas yang wajib dimasukkan dalam setiap model ERGM. Fungsinya adalah untuk mengawal kepadatan keseluruhan rangkaian iaitu kecenderungan asas bahawa mana-mana dua nod akan membentuk pautan, setelah mengawal semua terma lain dalam model (Hunter et al. 2008b). Terma ini berfungsi sebagai titik rujukan asas dalam model, iaitu log-odd pembentukan pautan apabila tiada faktor lain diambil kira, serupa dengan peranan pintasan dalam regresi logistik. Tanpa terma sisi, model tidak mempunyai titik rujukan asas untuk menilai kesan terma lain. Nilai pekali sisi yang negatif boleh menunjukkan rangkaian yang bersifat jarang, yang merupakan ciri lazim rangkaian dalam epidemiologi penyakit berjangkit.

ii. Gwdegree (*Geometrically Weighted Degree*)

Terma *geometrically weighted degree* (gwdegree) digunakan untuk memodelkan kebergantungan struktur yang berkaitan dengan taburan darjah nod dalam rangkaian. Statistik ini menggabungkan bilangan nod pada setiap aras darjah dengan pemberat geometri, sekali gus membolehkan pola taburan darjah dimodelkan tanpa memasukkan satu parameter yang berasingan bagi setiap kategori darjah (Hunter 2007; Snijders et al. 2006). Terma gwdegree mempunyai parameter *decay* yang menentukan kadar pengurangan sumbangan statistik apabila darjah nod meningkat. Nilai *decay* yang kecil memberikan perbezaan pemberat yang lebih besar antara nod berdarjah rendah dengan nod berdarjah tinggi, manakala nilai yang lebih besar menyebabkan pemberat berkurang

dengan lebih perlahan merentasi aras darjah. Bagi bentuk *gwdegree* dengan nilai *decay* yang ditetapkan, perubahan statistik akibat penambahan satu pautan adalah lebih besar apabila pautan tersebut melibatkan nod yang masih mempunyai darjah rendah dan semakin kecil apabila darjah nod meningkat.

Untuk tujuan interpretasi pekali *gwdegree* yang positif menunjukkan bahawa pembentukan pautan secara relatif lebih menyokong nod berdarjah rendah. Corak ini konsisten dengan pengagihan pautan yang lebih tersebar dan kurang tertumpu pada sebilangan kecil nod. Pekali negatif pula menunjukkan bahawa pembentukan pautan pada nod berdarjah rendah cenderung tertumpu pada nod yang telah mempunyai darjah lebih tinggi. Pekali yang hampir kepada sifar dan tidak signifikan pula menunjukkan tiada bukti kebergantungan darjah tambahan selepas faktor lain dalam model dikawal (Hunter 2007; Levy 2016).

Pengeksponenan pekali *gwdegree*, iaitu $\exp(\beta)$, tidak boleh ditafsir sebagai satu nisbah odd bagi setiap pasangan nod seperti terma atribut atau padanan nod. Ini kerana perubahan statistik *gwdegree* bagi satu pautan bergantung pada darjah semasa kedua-dua nod yang terlibat. Kesesuaian tafsiran tersebut turut dinilai melalui simulasi *goodness-of-fit* bagi taburan darjah (Hunter, Goodreau & Handcock 2008a).

iii. **Gwesp (*Geometrically Weighted Edgewise Shared Partner*)**

Gwesp menilai kecenderungan penutupan transitif dalam rangkaian, iaitu kecenderungan dua nod yang masing-masing berhubung dengan nod ketiga untuk turut membentuk pautan antara satu sama lain, sekali gus membentuk segitiga (Hunter 2007). Gwesp menguji sama ada kewujudan satu laluan dua langkah antara dua nod melalui nod ketiga yang dikongsi meningkatkan kecenderungan pautan antara kedua-dua nod tersebut juga terbentuk. Dalam SNA, kecenderungan ini dikenali sebagai transitiviti global (Wasserman & Faust 1994).

Seperti *gwdegree*, *gwesp* menggunakan parameter *decay* untuk mengawal bagaimana berat diberikan kepada pasangan nod yang berkongsi bilangan rakan bersama yang berbeza. Nilai pekali *gwesp* yang positif dan signifikan menunjukkan lebih banyak segitiga dalam rangkaian berbanding jangkaan secara rawak, manakala

nilai negatif menunjukkan sebaliknya. Dalam rangkaian denggi, gwesp berpotensi relevan kerana tingkah laku gigitan berganda *Ae. aegypti* secara semula jadi mewujudkan hubungan berbentuk segitiga antara penghuni berdekatan apabila satu nyamuk menggigit tiga individu dalam satu kitaran lengkap pembiakan telur (Scott et al. 2000).

iv. Gwdsp (Geometrically Weighted Dyadwise Shared Partner)

Gwdsp menilai kecenderungan pasangan nod untuk berkongsi jiran yang sama tanpa mengira sama ada pautan langsung antara kedua-duanya wujud atau tidak (Hunter 2007). Ini berbeza daripada gwesp yang hanya mengira pasangan berkongsi jiran bagi pasangan nod yang sudah berhubung. Gwdsp boleh ditafsirkan sebagai mengukur struktur perkongsian jiran secara lebih umum, merangkumi pasangan yang berhubung mahupun yang tidak berhubung (Hunter & Handcock 2006).

Dalam pemodelan, gwdsp lazimnya digunakan bersama gwesp untuk menilai kedua-dua aspek struktur perkongsian jiran. Apabila kedua-duanya dimasukkan bersama, perbandingan antara kedua-dua pekali boleh memberikan maklumat tentang sama ada perkongsian jiran lebih cenderung membawa kepada penutupan segitiga iaitu triad (transitiviti) atau lebih kerap kekal sebagai dua nod yang berkongsi jiran sepunya tanpa membentuk pautan langsung antara satu sama lain, iaitu corak intransitif atau segitiga terbuka dalam rangkaian (Lusher, Koskinen & Robins 2013). Walau bagaimanapun, penggunaan gwesp dan gwdsp secara serentak dalam rangkaian yang jarang dan berpecah boleh meningkatkan risiko degenerasi model, justeru pemilihan terma struktur perlu berpandukan kepada kestabilan model dan faktor yang dikaji (Snijders et al. 2006).

d. Pemilihan Terma Struktur dan Isu Degenerasi

Walaupun keempat-empat terma struktur ini tersedia, tidak semua perlu dimasukkan dalam setiap model. Pemilihan terma struktur perlu berpandukan kepada dua pertimbangan utama. Pertama, terma yang dipilih perlu mencerminkan proses dalaman rangkaian yang dijangkakan wujud berdasarkan mekanisme penularan penyakit yang dikaji. Kedua, kestabilan model perlu dipertimbangkan kerana memasukkan terlalu

banyak terma struktur atau terma yang tidak sesuai boleh mencetuskan degenerasi, iaitu keadaan apabila model menghasilkan rangkaian simulasi yang tidak realistik, contohnya hampir semua pautan wujud atau hampir tiada pautan, dan gagal meniru ciri struktur rangkaian sebenar (Lusher, Koskinen & Robins 2013; Snijders et al. 2006).

Degenerasi biasanya berpunca daripada gabungan terma model yang tidak sesuai, kebergantungan terma struktur yang tidak sesuai, atau ruang parameter yang menyebabkan model menumpu kepada rangkaian yang ekstrem. Dalam konteks rangkaian yang besar dan jarang seperti rangkaian denggi, risiko degenerasi meningkat apabila terma struktur seperti gwesp dimasukkan tanpa gwdegree sebagai pengawal (Hunter 2007). Beberapa strategi untuk mengurangkan risiko degenerasi termasuk penggunaan terma *geometrically weighted* yang lebih stabil berbanding terma lama seperti bilangan segitiga atau bilangan pasangan berkongsi, justeru gwdegree, gwesp dan gwdsp lebih diutamakan berbanding padanan terma mentahnya iaitu kstar, triangle dan dsp (Hunter 2007; Snijders et al. 2006). Strategi lain termasuk pemilihan nilai decay yang memberikan penumpuan yang stabil bermula nilai 0.25, 0.5, 0.8 dan 1.0, pembinaan model secara berperingkat daripada model asas, serta pemeriksaan diagnostik MCMC dan GOF pada setiap peringkat (Lusher, Koskinen & Robins 2013). Model yang menunjukkan degenerasi tidak boleh ditafsirkan kerana anggaran parameter tidak bermakna dalam keadaan tersebut. Dalam kajian ini, kestabilan model bagi setiap daerah dinilai melalui diagnostik MCMC dan GOF sebelum sebarang tafsiran dapatan dibuat.

e. Tafsiran Dapatan ERGM

Dapatan ERGM dilaporkan sebagai anggaran pekali log-odd (β) dan lazimnya ditukarkan kepada nisbah odd dengan pengeksponenan pekali iaitu $OR = \exp(\beta)$, bersama 95% selang keyakinan dan nilai- p (Lusher, Koskinen & Robins 2013). Tafsiran OR dalam ERGM adalah analog dengan tafsiran dalam regresi logistik iaitu OR menunjukkan perubahan dalam kecenderungan pembentukan pautan apabila ciri yang sepadan berubah, setelah mengawal ciri lain dalam model.

Bagi terma nodefactor, OR yang melebihi 1 menunjukkan kategori tersebut mempunyai kecenderungan lebih tinggi untuk membentuk pautan berbanding kategori

rujukan. Bagi terma nodematch, OR yang melebihi 1 menunjukkan padanan dalam kategori yang sama meningkatkan kecenderungan pembentukan pautan. Bagi terma gwdegree, tafsiran perlu dibuat bersama ukuran deskriptif rangkaian seperti pekali Gini, purata darjah dan pemusatan darjah rangkaian, dan bukannya berdasarkan nilai OR semata-mata (Hunter 2007; Levy 2016; Lusher, Koskinen & Robins 2013).

Satu pemahaman penting dalam tafsiran ERGM ialah kesan yang dianggarkan mencerminkan kecenderungan pembentukan pautan setelah mengawal faktor lain dalam model, tetapi ia tidak membuktikan hubungan kausal. Dalam konteks rangkaian denggi yang dibina menggunakan proksi ruang-masa, kesan homofili yang diperhatikan mungkin mencerminkan gabungan antara risiko persekitaran sebenar dan pengelompokan geografi yang wujud dalam definisi pautan itu sendiri.

2.5.5 Kajian SNA dan ERGM dalam Epidemiologi Penyakit Berjangkit

Penggunaan SNA dalam epidemiologi penyakit berjangkit pada awalnya bermula dengan penyakit yang melibatkan hubungan langsung antara individu seperti HIV dan penyakit kelamin. Pendekatan ini membolehkan struktur hubungan antara individu dicirikan melalui ukuran seperti darjah dan perantaraan serta mengenal pasti individu yang mempunyai kedudukan penting dalam rangkaian (Bansal, Grenfell & Meyers 2007; Christley et al. 2005; Morris & Kretzschmar 1997).

Aplikasi SNA kemudiannya berkembang kepada penyakit berjangkit lain termasuk influenza, tuberkulosis dan COVID-19. Struktur kontak dalam isi rumah dan sekolah didapati mempengaruhi corak penularan influenza (Cauchemez et al. 2011). Dalam COVID-19, SNA digunakan untuk mengenal pasti kes yang mempunyai kedudukan penting serta kelompok kes (kluster) yang menjadi punca kepada penularan (Mansor et al. 2024; Nagarajan et al. 2020; Saraswathi et al. 2020). Dalam tuberkulosis, ciri rangkaian percampuran sosial dan kontak komuniti turut dikaitkan dengan pendedahan dan jangkitan (Marquez et al. 2023; Miller et al. 2021). Kajian-kajian ini menunjukkan bahawa SNA dapat digunakan untuk mencirikan struktur hubungan dan mengenal pasti bahagian rangkaian yang penting dalam penularan penyakit berjangkit.

ERGM pula digunakan untuk mengenal pasti faktor yang mempengaruhi pembentukan hubungan dengan mengambil kira kebergantungan antara hubungan dalam rangkaian. Model ini membolehkan faktor atribut nod, homofili dan faktor struktur dalaman rangkaian dinilai secara serentak (Goodreau, Kitts & Morris 2009; Lusher, Koskinen & Robins 2013). Kajian Nelson et al. (2020) menggunakan ERGM mengenal pasti faktor demografi, klinikal dan sosial yang berkaitan dengan pembentukan pautan dalam penularan XDR-TB (TB rintang ubat). Penggunaan ERGM dalam konteks penyakit berjangkit menunjukkan keupayaannya untuk menilai faktor yang membentuk struktur hubungan secara lebih menyeluruh (Nelson et al. 2020; Silk et al. 2017).

Walaupun SNA dan ERGM telah digunakan dalam pelbagai penyakit berjangkit, penggunaannya dalam denggi masih terhad, khususnya bagi mencirikan struktur rangkaian penularan dan mengenal pasti faktor yang mempengaruhi pembentukan pautan. Dalam konteks Malaysia, kajian denggi terdahulu lebih banyak tertumpu kepada pemetaan, analisis *hotspot* dan pengesanan kluster ruang-masa berbanding penggunaan SNA dan ERGM.

Penggunaan hubungan ruang-masa sebagai proksi penularan mempunyai keterbatasan kerana hubungan sebenar antara kes tidak dapat disahkan tanpa maklumat tambahan seperti serotaip atau genomik virus, data vektor dan mobiliti manusia. Oleh itu, keteguhan pendekatan dalam kajian ini diperkukuhkan melalui pemilihan ambang ruang dan masa berdasarkan bukti biologi dan epidemiologi serta analisis sensitiviti bagi menilai sama ada dapatan bergantung kepada pemilihan ambang tertentu (Dufault et al. 2022; Russell et al. 2005; Salje et al. 2017). Analisis ini menilai keteguhan ambang ruang-masa dan bukan mengesahkan rantaian penularan sebenar. Kaedah analisis sensitiviti dihuraikan dalam Bab 3.

Jadual 2.3 merumuskan beberapa kajian terdahulu yang menggunakan SNA dan ERGM dalam epidemiologi penyakit berjangkit bagi menunjukkan jenis penyakit, kaedah, asas hubungan yang digunakan serta kegunaan pendekatan rangkaian dalam mencirikan struktur dan mengenal pasti faktor yang berkaitan dengan pembentukan hubungan.

Jadual 2.3 Kajian SNA dan ERGM dalam epidemiologi penyakit berjangkit

Pengarang, Tahun	Penyakit	Kaedah	Asas pautan	Dapatan Utama
Morris & Kretzschmar 1997	HIV	SNA	Hubungan seksual antara individu	Struktur pasangan hubungan seksual serentak mempengaruhi corak penularan HIV.
Cauchemez et al. 2011	Influenza	SNA	Kontak isi rumah dan sekolah	Struktur kontak dalam isi rumah dan sekolah mempengaruhi corak penularan influenza.
Nagarajan et al. 2020	COVID-19	SNA	Kontak epidemiologi daripada pengesanan kontak	SNA mengenal pasti kes berkedudukan penting dan komponen rangkaian yang menyumbang kepada penularan.
Saraswathi et al. 2020	COVID-19	SNA	Hubungan penularan pengesanan kontak	SNA mengenal pasti perebak utama dan kluster yang menyumbang secara tidak seimbang kepada penularan.
Nelson et al. 2020	XDR-TB	ERGM	Hubungan genomik antara kes	ERGM mengenal pasti faktor demografi, klinikal dan sosial yang berkaitan dengan pembentukan pautan XDR-TB.
Miller et al. 2021	Tuberkulosis	SNA	Kontak dan percampuran sosial	Struktur rangkaian percampuran sosial dikaitkan dengan pendedahan dan penularan tuberkulosis dalam komuniti.
Marquez et al. 2023	Tuberkulosis	SNA + analisis statistik	Kontak sosial bukan isi rumah	Ciri rangkaian sosial dan kontak komuniti dikaitkan dengan jangkitan tuberkulosis.
Mansor et al. 2024	COVID-19	SNA	Hubungan penularan pengesanan kontak	SNA mencirikan struktur rangkaian penularan dan mengenal pasti kes serta kluster yang penting dalam penularan.

2.6 KERANGKA TEORI

Kajian ini berpandukan pendekatan Eko-Bio-Sosial dan Teori Rangkaian Sosial untuk menangani had pendekatan epidemiologi denggi sedia ada di Malaysia. Gabungan kedua-duanya membolehkan pemahaman yang lebih mendalam mengenai faktor yang mempengaruhi pembentukan rangkaian penularan denggi menggunakan hubungan ruang-masa.

2.6.1 Pendekatan Eko-Bio-Sosial

Pendekatan Eko-Bio-Sosial merupakan kerangka penyelidikan multidisiplin yang mengintegrasikan faktor ekologi, biologi dan sosial dalam memahami pembiakan vektor, risiko pendedahan dan penularan penyakit bawaan vektor. Pendekatan ini telah dikembangkan melalui program penyelidikan pelbagai negara oleh Program Khas Penyelidikan dan Latihan dalam Penyakit Tropika WHO (WHO/TDR) dengan kerjasama International Development Research Centre (IDRC), Canada. Arunachalam melaksanakan antara kajian pelbagai negara yang terawal dan paling sistematik untuk mengenal pasti penentu ekologi, biologi dan sosial bagi pembiakan vektor denggi di kawasan bandar dan pinggir bandar Asia (Arunachalam et al. 2010). Sommerfeld dan Kroeger (2012) seterusnya merumuskan pendekatan, kaedah serta dapatan merentasi lokasi kajian tersebut dalam konteks pengurusan denggi berasaskan ekosistem dan komuniti (Sommerfeld & Kroeger 2012).

Pendekatan ini mengelompokkan faktor yang berkaitan dengan denggi kepada tiga dimensi utama. Dimensi ekologi merangkumi ciri persekitaran fizikal dan persekitaran binaan, termasuk jenis kediaman, kepadatan penempatan, penyimpanan air, sistem saliran dan infrastruktur bandar yang boleh mempengaruhi habitat serta taburan nyamuk *Aedes*. Dimensi biologi merangkumi ekologi dan tingkah laku vektor, jarak pergerakan nyamuk, tingkah laku menggigit serta tempoh perkembangan virus dalam vektor dan perumah. Dimensi sosial pula merangkumi komposisi komuniti, kategori pekerjaan, status kewarganegaraan, corak penempatan, mobiliti dan amalan penduduk yang boleh mempengaruhi kemungkinan individu berkongsi persekitaran pendedahan yang sama.

2.6.2 Teori Rangkaian Sosial

Teori Rangkaian Sosial berasal daripada sosiometri Moreno pada tahun 1930-an (Wasserman & Faust 1994). Teori tersebut telah berkembang merangkumi teori graf, sosiologi struktur dan epidemiologi. Dalam memahami fenomena yang melibatkan interaksi antara individu atau penyakit, adalah lebih tepat menganalisis struktur hubungan antara individu tersebut berbanding menganalisis ciri setiap individu secara berasingan, kerana kedudukan seseorang dalam rangkaian boleh membentuk peluang

dan risiko yang dihadapinya secara bebas daripada ciri peribadinya (Light & Moody 2021). Dalam konteks penyakit denggi, hubungan yang dimaksudkan tidak semestinya kontak langsung antara manusia, tetapi hubungan ruang-masa yang menunjukkan kemungkinan perkongsian konteks pendedahan melalui vektor dan persekitaran yang sama. Teori ini menggunakan konsep asas rangkaian seperti nod, pautan, komponen dan homofili yang membolehkan struktur rangkaian penularan diukur dan dibandingkan secara kuantitatif merentasi daerah (Light & Moody 2021).

Penggunaan Teori Rangkaian Sosial dalam epidemiologi penyakit berjangkit telah berkembang daripada kajian kontak langsung antara manusia kepada rangkaian berasaskan proksi (Bansal, Grenfell & Meyers 2007; Keeling & Eames 2005). Dalam kajian ini, Teori Rangkaian Sosial membimbing tiga aspek analisis yang berkaitan secara langsung dengan objektif kajian. Bagi Objektif 1, teori ini menyediakan kerangka untuk membina rangkaian penularan denggi menggunakan proksi ruang-masa.

Kajian epidemiologi rangkaian terdahulu menunjukkan bahawa hubungan antara kes penyakit bawaan vektor boleh dioperasionalkan menggunakan kriteria jarak dan masa yang mencerminkan had biologi vektor (Keeling & Eames 2005; Pellis et al. 2015). Berdasarkan pendekatan ini, setiap kes denggi dalam kajian ini diwakili sebagai nod, manakala dua kes yang memenuhi kriteria jarak ≤ 200 meter dan tempoh ≤ 14 hari ditakrifkan sebagai berpautan, membentuk rangkaian yang menggambarkan struktur penularan denggi mengikut daerah (Bansal, Grenfell & Meyers 2007; Light & Moody 2021).

Bagi Objektif 2, teori ini menyediakan konsep pemusatan untuk mencirikan peranan nod dalam rangkaian. Kajian epidemiologi menunjukkan bahawa nod berdarjah tinggi berpotensi mewakili individu atau lokasi yang terlibat dalam lebih banyak rantaian penularan, manakala nod berperantaraan tinggi berpotensi menghubungkan kluster yang berbeza (Bansal, Grenfell & Meyers 2007; Nagarajan et al. 2020). Justeru, pemusatan darjah, perantaraan, kedekatan harmonik dan eigenvektor dikira bagi setiap daerah dalam kajian ini bagi mengenal pasti nod yang berpotensi menjadi pemangkin penularan.

Bagi Objektif 3, teori ini memperkenalkan konsep homofili iaitu kecenderungan nod yang mempunyai atribut serupa untuk membentuk hubungan antara satu sama lain (McPherson, Smith-Lovin & Cook 2001). Kajian lalu menggunakan ERGM mendapati bahawa homofili atribut seperti bangsa dan tahun persekolahan mempengaruhi pembentukan pautan dalam rangkaian sosial. Kajian SNA dalam veterinar menunjukkan struktur rangkaian mempengaruhi risiko penularan penyakit bawaan vektor (Goodreau, Kitts & Morris 2009; Martínez-López, Perez & Sanchez-Vizcaino 2009). Dalam kajian ini, konsep homofili dianalisis melalui terma nodematch dalam ERGM untuk menguji sama ada kes denggi yang berkongsi jenis kediaman dan status kewarganegaraan yang sama lebih cenderung membentuk pautan berbanding pasangan kes yang berbeza atribut.

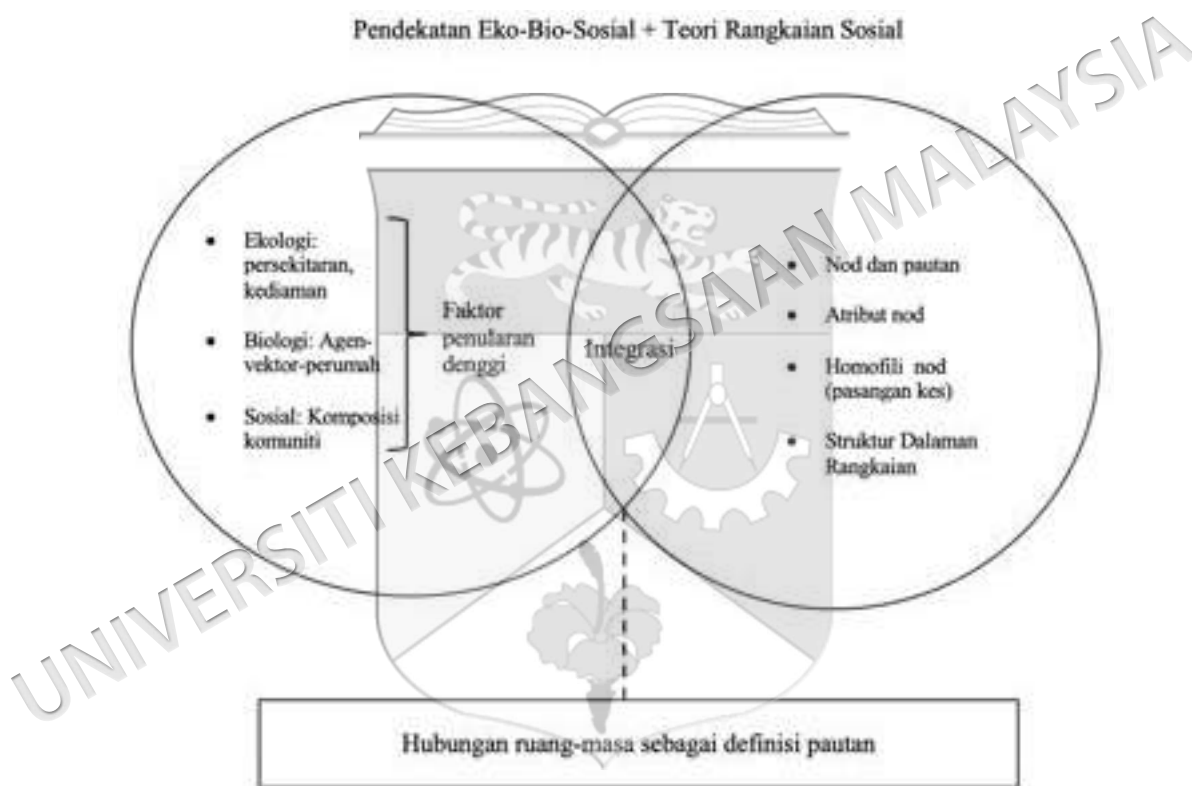
Homofili merujuk kepada kecenderungan nod yang berkongsi atribut yang sama untuk lebih cenderung membentuk pautan. Dalam rangkaian sosial, corak homofili boleh terhasil daripada pilihan hubungan atau daripada peluang dan kekangan struktur yang menyebabkan individu dengan ciri yang sama lebih berkemungkinan berhubung (McPherson, Smith-Lovin & Cook 2001).

Namun, dalam kajian ini, pautan dibentuk berdasarkan kedekatan ruang-masa dan tidak mewakili hubungan sosial yang dipilih. Oleh itu, homofili ditafsirkan sebagai kecenderungan dua kes yang berkongsi atribut yang sama untuk mempunyai pautan ruang-masa, setelah mengambil kira terma lain dalam model ERGM (Light & Moody 2021; Lusher, Koskinen & Robins 2013).

Teori ini turut menjelaskan bahawa pembentukan pautan dalam rangkaian berkemungkinan tidak bebas antara satu sama lain di mana kewujudan satu pautan bergantung kepada pautan lain (Lusher, Koskinen & Robins 2013). Realiti ini tidak dapat dimodelkan oleh regresi logistik biasa yang mengandaikan pemerhatian adalah bebas. Justeru, ERGM digunakan dalam Objektif 3 sebagai kaedah inferens yang memodelkan kebergantungan ini melalui terma *gwdegree*, *gwesp* dan *gwdsp* iaitu faktor struktur dalaman rangkaian (Lusher, Koskinen & Robins 2013; Snijders et al. 2006).

2.6.3 Integrasi Pendekatan Eko-Bio-Sosial dan Teori Rangkaian Sosial

Gabungan Pendekatan Eko-Bio-Sosial dan Teori Rangkaian Sosial dalam kajian ini digunakan secara bersepadu dalam membentuk kerangka teori kajian. Pendekatan Eko-Bio-Sosial menyediakan asas untuk memahami bagaimana faktor ekologi, biologi dan sosial membentuk konteks pendedahan serta penularan denggi. Teori Rangkaian Sosial pula menyediakan asas untuk mewakili hubungan antara kes melalui konsep nod dan pautan serta menilai hubungan tersebut berdasarkan atribut nod, homofili nod dan faktor struktur dalaman rangkaian.



Rajah 2.4 Kerangka teori integrasi pendekatan eko-bio-sosial dan teori rangkaian sosial dalam kajian penularan denggi

Pendekatan Eko-Bio-Sosial membolehkan faktor seperti jenis kediaman dan komposisi komuniti diletakkan dalam konteks penularan denggi, manakala Teori Rangkaian Sosial membolehkan hubungan antara kes dicirikan dan dimodelkan secara kuantitatif. Integrasi kedua-dua landasan ini berlaku melalui penggunaan hubungan ruang-masa sebagai proksi penularan dan asas pembentukan pautan antara kes. Oleh itu, kedua-dua pendekatan saling melengkapi dalam menghubungkan faktor yang

berkaitan dengan penularan denggi kepada struktur hubungan antara kes, seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 2.4.

2.7 KERANGKA KONSEP

Rajah 2.5 menggambarkan hubungan antara faktor-faktor yang mempengaruhi penularan denggi, proses pembinaan rangkaian dan pemodelan faktor pembentukan pautan dalam rangkaian tersebut.

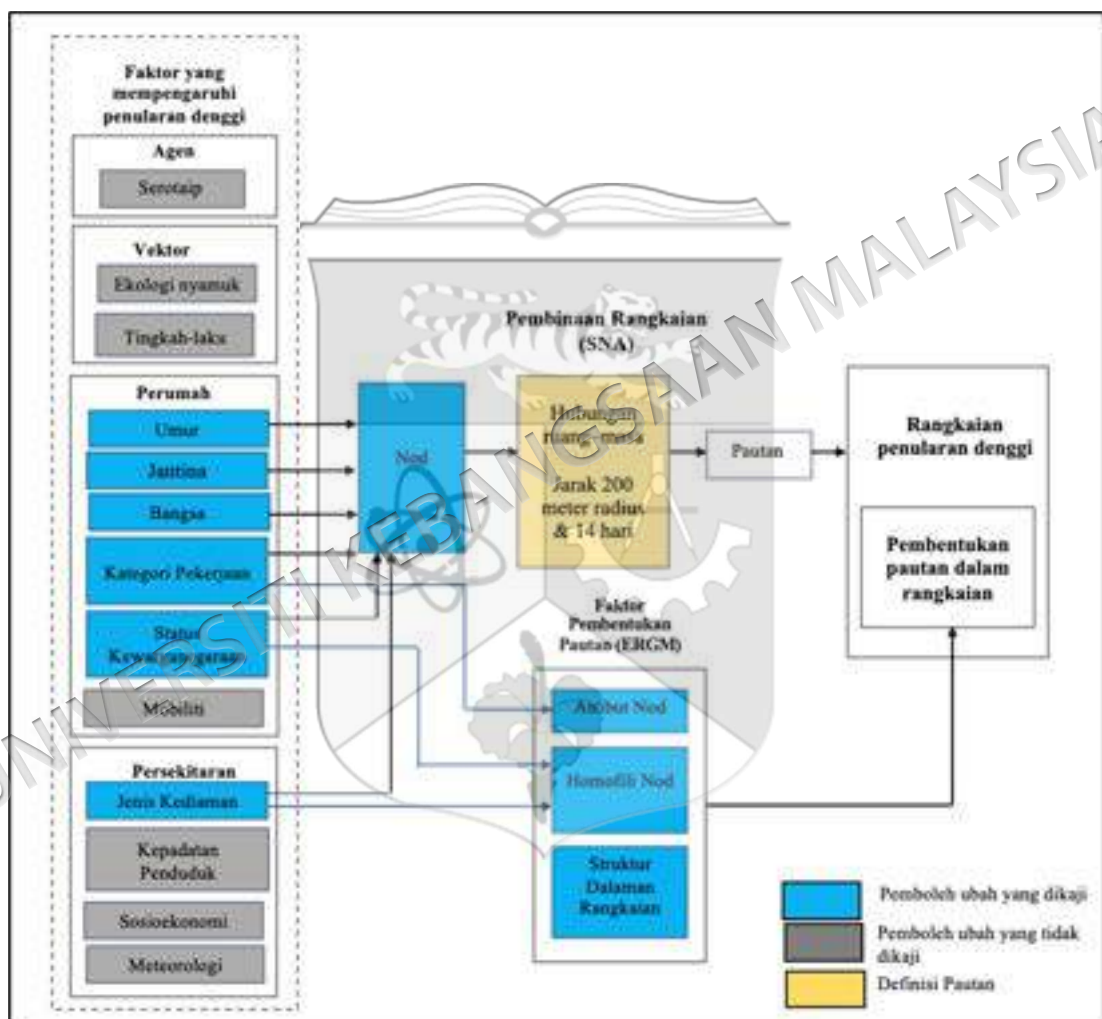
Kerangka ini dibahagikan kepada tiga bahagian utama. Bahagian pertama menggambarkan faktor-faktor yang mempengaruhi penularan denggi mengikut pendekatan eko-bio-sosial, yang dikelompokkan mengikut susunan kerangka penularan penyakit bawaan vektor iaitu agen, vektor, perumah dan persekitaran. Faktor agen merangkumi serotaip virus denggi, manakala faktor vektor melibatkan ekologi dan tingkah laku nyamuk *Aedes*. Faktor perumah pula merangkumi ciri sosiodemografi individu seperti umur, jantina, bangsa, kategori pekerjaan, status kewarganegaraan dan mobiliti. Faktor persekitaran merangkumi jenis kediaman, kepadatan penduduk, sosioekonomi dan meteorologi. Dalam kajian ini, pemboleh ubah yang dikaji ditandakan dengan warna biru, iaitu faktor perumah seperti umur, jantina, bangsa, kategori pekerjaan dan status kewarganegaraan, serta faktor persekitaran iaitu jenis kediaman.

Bahagian kedua menggambarkan proses pembinaan rangkaian penularan denggi menggunakan pendekatan SNA. Setiap kes denggi diwakili sebagai nod, dan pautan antara dua nod terbentuk apabila memenuhi kriteria ruang-masa iaitu jarak kediaman ≤ 200 meter dan perbezaan tarikh bermula gejala ≤ 14 hari. Gabungan keseluruhan nod dan pautan ini menghasilkan rangkaian penularan denggi yang menggambarkan struktur hubungan antara kes mengikut daerah.

Bahagian ketiga menggambarkan pemodelan faktor pembentukan pautan dalam rangkaian menggunakan ERGM. Tiga kategori faktor dinilai secara serentak iaitu atribut nod melalui terma *nodefactor*, homofili nod melalui terma *nodematch*, dan kebergantungan faktor struktur dalaman rangkaian melalui terma *gwdegree*, *gwesp* dan *gwds*. Faktor atribut nod menilai pengaruh kategori pekerjaan terhadap kecenderungan

pembentukan pautan, manakala faktor homofili menilai kecenderungan kes yang berkongsi status kewarganegaraan dan jenis kediaman yang sama untuk membentuk pautan. Faktor struktur dalaman rangkaian pula menilai kebergantungan struktur nod dalam rangkaian.

Kerangka ini memandu pemilihan pemboleh ubah kajian, definisi pautan ruang-masa, kaedah analisis SNA dan pemodelan ERGM yang dihuraikan dalam Bab 3.



Rajah 2.5 Kerangka kerja konsep kajian: Faktor perumah dan persekitaran mempengaruhi penularan denggi pada setiap kes, diwakili sebagai nod. Dua nod ditakrifkan berpautan apabila jarak kediaman ≤ 200 meter dan perbezaan tarikh bermula gejala ≤ 14 hari (SNA). Pembentukan pautan ini seterusnya dimodelkan menggunakan atribut nod, homofili nod dan struktur dalaman rangkaian (ERGM). Kotak berwarna biru ialah pemboleh ubah yang dikaji, kotak kelabu ialah pemboleh ubah yang tidak dikaji dan kotak kuning adalah definisi pautan.

2.8 ISTILAH UTAMA DAN DEFINISI

Jadual 2.4 Istilah utama dan definisi

Istilah	Definisi
Nod	Unit analisis dalam rangkaian yang mewakili kes denggi yang disahkan dalam kajian.
Pautan	Sambungan antara dua nod yang menggambarkan hubungan ruang-masa antara dua kes denggi yang memenuhi kriteria jarak ≤ 200 meter dan tempoh ≤ 14 hari dari tarikh bermula gejala.
Sisi	Pautan dalam graf yang menghubungkan dua nod; dalam konteks ERGM, terma sisi merupakan terma asas yang mengawal kepadatan keseluruhan rangkaian dan asas kecenderungan pembentukan pautan.
Rangkaian	Gabungan keseluruhan nod dan pautan yang membentuk struktur penularan denggi di sesebuah kawasan atau daerah.
Graf Ringkas Tidak Berarah	Graf yang tidak mempunyai gelung sendiri dan tidak mempunyai lebih daripada satu pautan antara dua nod yang sama, serta tanpa arah pada pautan; digunakan dalam kajian ini kerana arah penularan antara kes tidak dapat ditentukan.
Hubungan Ruang-Masa	Hubungan antara dua kes denggi berdasarkan jarak geografi dan tempoh masa.
Kes Berpautan	Kes denggi yang mempunyai sekurang-kurangnya satu pautan dengan kes lain berdasarkan kriteria ruang-masa yang ditetapkan.
Kes Sporadik	Kes denggi yang tidak mempunyai sebarang pautan dengan kes lain dan dikecualikan daripada analisis struktur rangkaian.
Kluster	Kumpulan nod dalam rangkaian yang saling berhubung melalui satu atau lebih pautan tetapi terpisah daripada kumpulan nod yang lain; berpadanan dengan istilah komponen dalam analisis rangkaian sosial
Kluster Operasi	Takrifan operasi KKM apabila terdapat dua atau lebih kes denggi yang berlaku dalam radius 200 meter daripada kes indeks dalam tempoh 14 hari daripada tarikh notifikasi kes indeks, digunakan sebagai panduan tindakan kawalan di lapangan.
Komponen	Kumpulan nod yang saling berhubung melalui laluan pautan antara satu sama lain tetapi terputus daripada nod lain di luar kumpulan tersebut; merupakan istilah teknikal dalam analisis rangkaian sosial yang disamakan dengan konsep kluster dalam epidemiologi denggi.
Komponen Terbesar	Subrangkaian yang merangkumi nod paling banyak yang saling berhubung dalam sesebuah rangkaian; digunakan sebagai asas pengiraan jarak struktur seperti diameter dan panjang purata laluan terpendek.

bersambung...

...sambungan

Kepadatan Rangkaian	Nisbah bilangan pautan yang wujud berbanding jumlah pautan maksimum yang mungkin dalam rangkaian, berkisar antara 0 hingga 1.
Rangkaian Jarang	Rangkaian dengan kepadatan yang sangat rendah, di mana kebanyakan pasangan nod tidak membentuk pautan antara satu sama lain.
Diameter Rangkaian	Panjang laluan terpendek terpanjang antara mana-mana dua nod dalam komponen terbesar sesebuah rangkaian.
Transitiviti Global	Ukuran kecenderungan pembentukan segitiga dalam rangkaian, iaitu kemungkinan dua nod yang masing-masing berhubung dengan nod ketiga turut saling berhubung antara satu sama lain.
Assortativiti Darjah	Ukuran kecenderungan nod untuk berhubung dengan nod lain yang mempunyai darjah yang serupa; nilai positif menunjukkan nod berdarjah tinggi cenderung berhubung sesama sendiri manakala nilai negatif menunjukkan sebaliknya.
Pekali Gini	Ukuran heterogeniti taburan darjah dalam rangkaian; nilai menghampiri 0 menunjukkan taburan serata manakala nilai menghampiri 1 menunjukkan penumpuan pautan kepada sebilangan kecil nod.
Pemusatan Darjah	Bilangan sambungan langsung yang dimiliki oleh sesuatu nod; nod berdarjah tinggi berpotensi memainkan peranan sebagai lokasi bertumpu penularan dalam rangkaian.
Pemusatan Perantaraan	Ukuran kekerapan sesuatu nod terletak pada laluan terpendek antara pasangan nod lain; nod berperantaraan tinggi berfungsi sebagai jambatan antara kluster dalam rangkaian.
Pemusatan Kedekatan Harmonik	Ukuran sejauh mana sesuatu nod mudah dicapai daripada nod lain dalam rangkaian berdasarkan jarak laluan terpendek; nilai tinggi menunjukkan nod berada di kedudukan yang lebih berpusat dalam rangkaian.
Pemusatan Eigenvektor	Ukuran pengaruh nod yang mengambil kira bukan sahaja bilangan sambungan tetapi juga kepentingan nod yang disambungkan; sambungan kepada nod berpengaruh menyumbang lebih kepada nilai pemusatan ini.
Homofili	Kecenderungan dua nod yang berkongsi kategori atribut yang sama untuk membentuk pautan.
Daerah Berkepadatan Tinggi (DBT)	Daerah dengan kepadatan penduduk melebihi 1000 penduduk per kilometer persegi.
Daerah Berkepadatan Rendah (DBR)	Daerah dengan kepadatan penduduk kurang daripada 1000 penduduk per kilometer persegi.
Model Graf Rawak Eksponen (ERGM)	Model statistik yang menilai kecenderungan sesuatu rangkaian wujud berdasarkan ciri atribut nod dan kebergantungan struktur dalaman rangkaian secara serentak.

bersambung...

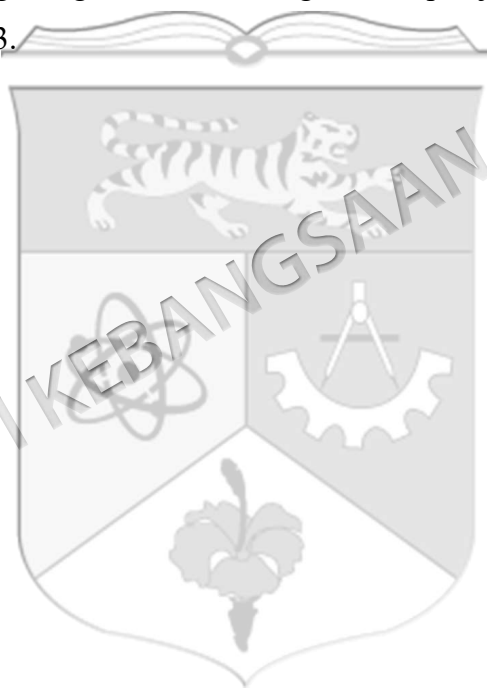
...sambungan

Nodefactor	Terma dalam ERGM yang menilai sama ada nod dalam kategori atribut tertentu lebih atau kurang cenderung membentuk pautan berbanding kategori rujukan.
Nodematch	Terma dalam ERGM yang menilai homofili, iaitu kecenderungan dua nod yang berkongsi kategori atribut yang sama untuk membentuk pautan melebihi jangkaan secara rawak.
Gwdegree	Terma struktur dalaman rangkaian menggunakan ERGM
Nisbah Odd	Ukuran kekuatan persatuan dalam ERGM yang diperoleh dengan pengeksponenan pekali model; menunjukkan perubahan dalam odd pembentukan pautan bagi setiap perubahan dalam faktor yang dinilai.
Goodness-of-Fit (GOF)	Penilaian kesesuaian model ERGM dengan membandingkan statistik rangkaian pemerhatian dengan statistik rangkaian simulasi bagi memastikan model mereplikasi ciri struktur rangkaian sebenar.
Degenerasi Model	Keadaan apabila model ERGM gagal menumpu dan menghasilkan rangkaian simulasi yang tidak realistik, menjadikan anggaran parameter tidak bermakna.
Diagnostik MCMC	Penilaian kestabilan rantaian Markov Monte Carlo dalam proses anggaran model ERGM bagi memastikan model mencapai penumpuan yang memuaskan.
Inkubasi Intrinsik	Tempoh masa dari tarikh jangkitan sehingga bermulanya gejala pada manusia, iaitu sekitar 4 hingga 10 hari bagi denggi.
Inkubasi Ekstrinsik	Tempoh masa yang diperlukan oleh virus denggi untuk berkembang dalam badan nyamuk <i>Aedes</i> selepas menghisap darah perumah yang dijangkiti sehingga mampu memindahkan virus kepada perumah baharu, iaitu sekitar 8 hingga 12 hari.
Analisis Sensitiviti	Penilaian kestabilan dapatan kajian dengan memvariasikan spesifikasi ambang ruang-masa menggunakan kombinasi ambang jarak dan ambang masa yang berbeza untuk mengesahkan bahawa dapatan utama tidak bergantung kepada satu spesifikasi ambang ruang-masa sahaja.

2.9 KESIMPULAN

Bab ini telah menghimpunkan asas ilmiah yang membimbing kajian ini melalui lima bahagian yang saling berkaitan. Pertama, epidemiologi denggi di Selangor menunjukkan beban kes yang tinggi dan berulang di kawasan yang sama, namun kajian sedia ada yang menggunakan pendekatan GIS dan kluster spatial terhad kepada peringkat kawasan dan tidak dapat menghuraikan struktur hubungan antara kes. Kedua, pendekatan Eko-Bio-Sosial dan Teori Rangkaian Sosial digabungkan secara bersepadu untuk menjelaskan mengapa persekitaran kediaman dan komposisi komuniti

mempengaruhi corak pendedahan, serta bagaimana hubungan antara kes boleh diukur dan dimodelkan secara kuantitatif. Ketiga, perbincangan penularan denggi melalui kerangka penularan penyakit bawaan vektor menunjukkan bahawa faktor perumah dan persekitaran memainkan peranan penting dalam membentuk peluang pendedahan kepada vektor, khususnya melalui perkongsian persekitaran kediaman dalam komuniti. Keempat, definisi ruang-masa menyokong bahawa penularan denggi dalam radius 200 meter dan tempoh 14 hari sebagai asas biologi kepada definisi pautan kajian ini. Kelima, penggunaan SNA dan ERGM dalam epidemiologi penyakit berjangkit menunjukkan keupayaan pendekatan rangkaian untuk mencirikan struktur hubungan antara kes dan mengenal pasti faktor yang mempengaruhi pembentukan pautan dalam rangkaian. Kesemua elemen ini digabungkan dalam kerangka konsep kajian bagi metodologi yang dihuraikan dalam Bab 3.



BAB III

KAEDAH KAJIAN

3.1 PENGENALAN

Bab ini menghuraikan metodologi kajian yang digunakan bagi menjawab objektif kajian. Bab ini merangkumi lokasi dan reka bentuk kajian, sumber serta pengurusan data surveilan, kriteria pemilihan dan penolakan kes, definisi pemboleh ubah kajian serta kaedah analisis. Analisis rangkaian sosial (SNA) digunakan untuk mencirikan struktur rangkaian, dengan visualisasi graf rangkaian dijalankan menggunakan Gephi. Seterusnya, Model Graf Rawak Eksponen (ERGM) digunakan untuk menilai faktor yang mempengaruhi pembentukan pautan dalam rangkaian, manakala Sistem Maklumat Geografi (GIS) digunakan bagi corak pemetaan spatial. Pertimbangan etika dan kerahsiaan data turut dihuraikan dalam bab ini.

3.2 LOKASI KAJIAN

Kajian ini telah dijalankan di negeri Selangor, Malaysia. Selangor dipilih kerana secara konsisten merekodkan beban kes denggi tertinggi di Malaysia (JKNS 2025b). Selangor juga mempunyai populasi melebihi tujuh juta orang dengan kepadatan penduduk yang tinggi berbanding negeri lain (JPM 2024). Kedudukan negeri Selangor dan kesembilan daerah kajian ditunjukkan dalam Rajah 3.1.

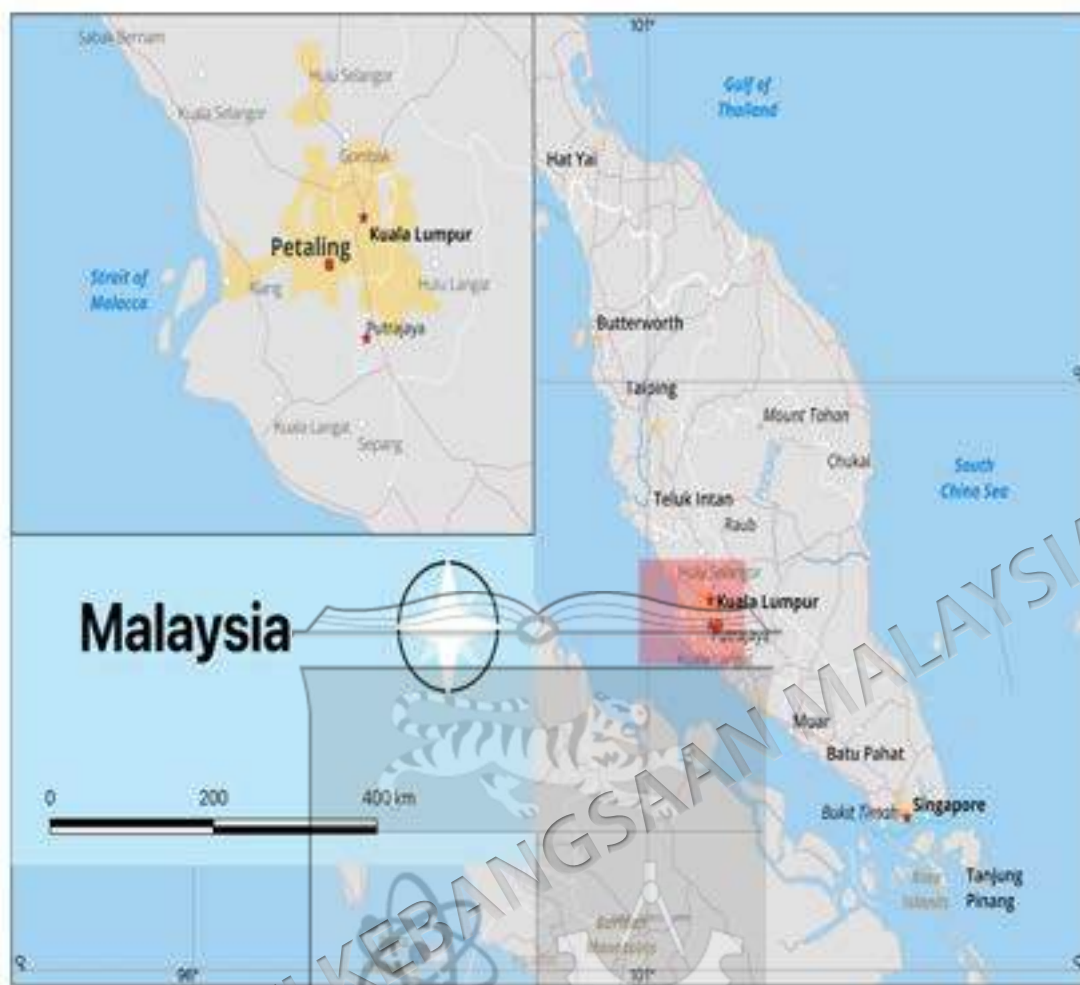
Kepelbagaian ciri sosiodemografi dan persekitaran antara daerah di Selangor menjadikannya lokasi yang sesuai untuk kajian ini. Dari segi jenis kediaman, DBT seperti Petaling mempunyai peratusan bangunan tinggi yang tinggi berbanding daerah pinggir bandar dan luar bandar seperti Sabak Bernam yang didominasi bangunan rendah. Dari segi komposisi komuniti, daerah seperti Klang dan Gombak mempunyai komuniti bukan warganegara yang tinggi berbanding daerah lain (JPM 2024).

Kepelbagaian ini membolehkan pengujian peranan faktor jenis kediaman dan kewarganegaraan dalam pembentukan pautan rangkaian penularan denggi merentasi konteks daerah yang berbeza, selaras dengan pemboleh ubah yang dikaji dalam kajian ini.

Bagi memudahkan perbandingan merentas daerah, kesembilan daerah di Selangor diklasifikasikan kepada dua kategori berdasarkan kepadatan penduduk seperti dalam Jadual 3.1. Daerah Berkepadatan Tinggi (DBT) merujuk kepada daerah dengan kepadatan penduduk melebihi 1000 penduduk per kilometer persegi, merangkumi Petaling, Hulu Langat, Klang dan Gombak. Daerah Berkepadatan Rendah (DBR) pula merujuk kepada daerah dengan kepadatan penduduk kurang daripada 1000 penduduk per kilometer persegi, merangkumi Sepang, Hulu Selangor, Kuala Langat, Kuala Selangor dan Sabak Bernam. Ambang 1000 penduduk per kilometer persegi digunakan berdasarkan klasifikasi kajian di Selangor (Abdullah et al. 2025). Pengelompokan ini tidak digunakan sebagai pemboleh ubah dalam analisis tetapi sebagai rujukan perbandingan merentas daerah.

Jadual 3.1 Klasifikasi daerah di Selangor mengikut kepadatan penduduk

Kumpulan	Daerah	Penduduk (2023)	Kepadatan (/km ²)
DBT (Daerah Berkepadatan Tinggi)	Petaling	2 360 000	4729
	Hulu Langat	1 508 100	1683
	Klang	1 174 900	1726
	Gombak	980 000	1445
DBR (Daerah Berkepadatan Rendah)	Sepang	346 900	590
	Kuala Langat	326 300	360
	Hulu Selangor	258 100	139
	Kuala Selangor	298 400	238
	Sabak Bernam	110 300	107



Rajah 3.1 Lokasi negeri Selangor dan sembilan daerah kajian.

Sumber: Sempadan pentadbiran diperoleh daripada GADM v4.1 2025, dan lapisan peta asas daripada Natural Earth 2025.

3.3 REKA BENTUK KAJIAN DAN DURASI

Kajian ini merupakan kajian keratan rentas yang menggunakan rekod kes denggi yang telah disahkan dan didaftarkan dalam pangkalan data surveilan denggi negeri Selangor. Kajian keratan rentas digunakan kerana data surveilan sedia ada manakala faktor yang dikaji telah berlaku dalam tempoh penularan denggi. Reka bentuk ini sesuai untuk mencirikan struktur rangkaian penularan dan menilai faktor pembentukan pautan dalam rangkaian. Durasi bagi data kajian adalah selama 12 bulan, iaitu dari 1 Januari 2023 sehingga 31 Disember 2023 menggunakan tarikh notifikasi kes. Tahun 2023 dipilih

kerana merupakan tahun data surveilan denggi yang paling lengkap dan boleh diakses pada masa kajian ini dijalankan pada awal tahun 2024. Tempoh kajian setahun dipilih kerana memberikan bilangan kes yang mencukupi untuk membentuk rangkaian dan membolehkan perbandingan antara daerah di Selangor.

3.4 POPULASI SASARAN

Populasi sasaran bagi kajian ini adalah semua penduduk yang tinggal di Selangor.

3.5 POPULASI KAJIAN

Populasi kajian terdiri daripada semua kes denggi yang disahkan dan direkodkan dalam pangkalan data surveilan denggi negeri Selangor bagi tempoh kajian. Kes denggi yang disahkan ditakrifkan sebagai kes yang mempunyai pengesahan makmal positif bagi jangkitan denggi, iaitu sekurang-kurangnya satu daripada berikut: NS1 antigen positif, ujian antibodi denggi IgM dan/atau IgG positif (ELISA atau ujian pantas), atau pengesanan RNA virus denggi positif melalui real-time RT-PCR, serta telah dinotifikasi dan didaftarkan dalam senarai kes denggi di Selangor.

3.6 RANGKA PENSAMPELAN

Rangka pensampelan bagi kajian ini ialah pangkalan data surveilan denggi negeri Selangor (e-Dengue) yang menyenaraikan semua rekod kes denggi yang dinotifikasi dan disahkan dalam tempoh kajian. Pangkalan data e-Dengue diselenggara oleh Jabatan Kesihatan Negeri Selangor sebagai sebahagian daripada sistem pemberitahuan mandatori penyakit berjangkit Kementerian Kesihatan Malaysia (KKM).

3.7 UNIT PENSAMPELAN

Unit pensampelan ialah setiap rekod kes denggi yang disahkan dan yang telah dinotifikasi dan didaftarkan dengan Jabatan Kesihatan Negeri Selangor serta memenuhi kriteria kemasukan dan kriteria penolakan kajian.

3.8 SAIZ SAMPEL

Keperluan saiz sampel dalam SNA bergantung kepada saiz rangkaian iaitu bilangan nod, pautan serta kepadatan rangkaian. Kajian ini menggunakan pensampelan menyeluruh terhadap semua kes denggi yang dinotifikasi dan didaftarkan di Selangor pada tahun 2023. Oleh itu, rangkaian yang dibina merangkumi keseluruhan kes dan bukan sampel yang diambil daripadanya. Liputan menyeluruh terhadap semua kes ini mengukuhkan kesahan dalaman kajian, kerana dapatan tidak bergantung kepada anggaran sampel sebaliknya mencerminkan keseluruhan populasi kes berpautan.

Memandangkan analisis dijalankan secara berasingan mengikut daerah, saiz rangkaian berbeza antara daerah bergantung kepada bilangan kes berpautan (nod) di daerah tersebut. Saiz rangkaian ini mempengaruhi kestabilan penganggaran model ERGM selain kepadatan, spesifikasi terma model serta taburan atribut nod. Rangkaian yang sangat kecil dengan kategori atribut yang jarang berpotensi menyebabkan ketidakstabilan penganggaran model (Lusher, Koskinen & Robins 2013).

Jadual 3.2 adalah untuk menunjukkan variasi saiz rangkaian yang digunakan dalam kajian lalu yang menggunakan SNA dan ERGM dalam penyakit berjangkit serta memberikan konteks kepada saiz rangkaian yang dianalisis dalam kajian ini.

Jadual 3.2 Kajian lalu menggunakan SNA dan ERGM beserta bilangan nod yang dianalisis

Penulis, tahun	Penyakit	Objektif kajian	Kaedah	Bilangan kes dikaji atau nod
Stoddard et al. 2013*	Denggi	Menilai peranan pergerakan manusia dari rumah ke rumah terhadap risiko dan penularan denggi di Iquitos, Peru.	Siasatan kluster berdasarkan pergerakan manusia dari kediaman	906 kes
Nagarajan et al. 2020	COVID-19	Mengkaji rangkaian sosial kontak pesakit SARS-CoV-2 di negeri Karnataka di India.	SNA	1959 nod
Saraswathi et al. 2020	COVID-19	Mengkaji rangkaian sosial wabak COVID-19 di Karnataka, India.	SNA	1147 nod

bersambung...

...sambungan

Nelson et al. 2020	XDR-TB	Mengenal pasti ciri klinikal, lokasi, dan faktor sosial yang berkaitan dengan pembentukan pautan penularan XDR-tuberkulosis menggunakan ERGM di KwaZulu-Natal, Afrika Selatan.	ERGM	344 nod
Miller et al. 2021	Tuberkulosis	Mengkaji bagaimana rangkaian percampuran sosial dikaitkan dengan penyakit tuberkulosis di Uganda	SNA	11 840 nod
Marquez et al. 2023	Tuberkulosis	Mencirikan rangkaian sosial berkaitan dengan jangkitan tuberkulosis pada individu berumur lebih 15 tahun daripada sembilan komuniti luar bandar Uganda.	SNA dan analisis regresi	2395 kes
Mansor et al. 2024	COVID-19	Mencirikan struktur rangkaian penularan COVID-19 dan mengenal pasti individu perebak utama dalam penularan daerah luar bandar.	SNA	1683 nod

*Stoddard et al. 2013 dimasukkan di dalam jadual bagi perbandingan kajian denggi yang menggunakan pendekatan hubungan antara individu dan lokasi pendedahan dalam analisis rangkaian yang lebih luas.

3.9 KAEDAH PENSAMPELAN

Kajian ini menggunakan kaedah pensampelan menyeluruh bagi memenuhi objektif membina dan mencirikan rangkaian penularan denggi serta mengenal pasti faktor yang mempengaruhi pembentukan pautan mengikut daerah di Selangor. Kaedah ini merangkumi kesemua kes denggi yang dinotifikasi dan berdaftar dalam sistem e-Dengue Jabatan Kesihatan Negeri Selangor bagi tempoh 1 Januari 2023 hingga 31 Disember 2023. Pendekatan ini dipilih memandangkan kajian analisis rangkaian penularan denggi di Malaysia masih terhad, justeru liputan data yang menyeluruh adalah penting bagi memastikan struktur rangkaian yang dibina mencerminkan corak penularan sebenar tanpa bias akibat data yang tidak lengkap (Bansal, Grenfell & Meyers 2007; Keeling & Eames 2005).

3.10 KRITERIA KEMASUKAN

Kriteria kemasukan kajian adalah seperti berikut:

1. Kes denggi yang disahkan makmal, dinotifikasi dan didaftarkan melalui sistem survelan denggi (e-Dengue) di Selangor. Pengesahan makmal adalah berdasarkan sekurang-kurangnya satu daripada berikut: NS1 antigen positif, serologi antibodi denggi IgM dan/atau IgG (ELISA, ujian pantas), atau pengesanan RNA virus denggi melalui *real-time* RT-PCR.
2. Kes denggi yang didaftarkan mempunyai data yang lengkap seperti nama, umur, nombor kad pengenalan bagi warganegara, nombor pasport atau dokumen perjalanan bagi bukan warganegara, tarikh bermula gejala dan alamat rumah yang boleh dijejak dan dipetakan.
3. Kes denggi yang didaftarkan bermula 1 Januari 2023 sehingga 31 Disember 2023.

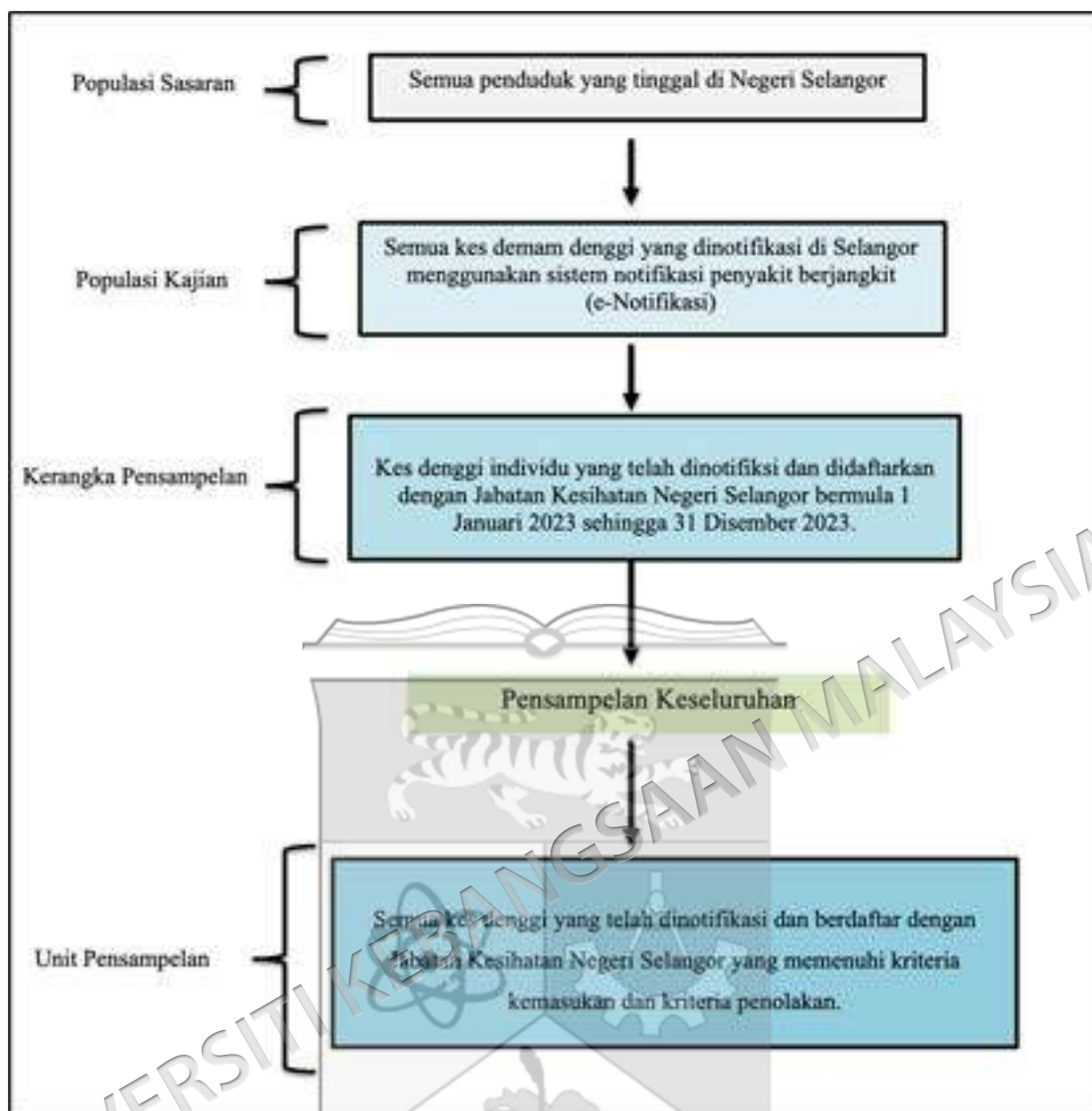
3.11 KRITERIA PENOLAKAN

Kriteria penolakan kajian adalah seperti berikut:

1. Kes denggi yang didaftarkan di Selangor tetapi alamat kediaman sebenar berada di luar Negeri Selangor (berdasarkan semakan alamat/koordinat).
2. Kes denggi yang dibatalkan pendaftaran atau diklasifikasikan semula selepas proses validasi.

3.12 CARTA ALIR PENSAMPELAN

Rajah 3.2 menunjukkan aliran pensampelan kajian bermula daripada populasi sasaran, populasi kajian dan kerangka pensampelan sehingga penentuan unit pensampelan. Kajian menggunakan pensampelan keseluruhan yang melibatkan semua kes denggi yang dinotifikasi dan didaftarkan dengan Jabatan Kesihatan Negeri Selangor bagi tahun 2023 serta memenuhi kriteria kemasukan dan kriteria penolakan kajian.



Rajah 3.2 Carta alir pensampelan

3.13 SUMBER DATA

Data kajian telah diperoleh daripada sumber berikut:

1. Data kes denggi tahun 2023 dari sistem e-Dengue yang diselenggara oleh Jabatan Kesihatan Negeri Selangor. Sistem e-Dengue merupakan sistem surveilan digital yang merekodkan notifikasi dan pendaftaran kes denggi serta maklumat kes termasuk butiran demografi, epidemiologi dan klinikal, yang dilaporkan oleh Pejabat Kesihatan Daerah (PKD).

2. Peta asas digital negeri Selangor (sempadan pentadbiran dan daerah) yang diperoleh daripada Unit GIS, Jabatan Perancangan Fizikal, Majlis Perbandaran Negeri Selangor.

3.13.1 Data Kes Denggi

Denggi merupakan penyakit berjangkit yang wajib dinotifikasikan di bawah Akta Pencegahan dan Kawalan Penyakit Berjangkit 1988. Notifikasi kes hendaklah dibuat dalam tempoh yang ditetapkan selepas diagnosis, sama ada melalui sistem notifikasi (e-Notifikasi) atau kaedah manual mengikut prosedur Kementerian Kesihatan Malaysia (KKM). Notifikasi boleh dibuat oleh pengamal perubatan di fasiliti kesihatan kerajaan atau swasta dan akan diterima oleh Pejabat Kesihatan Daerah (PKD) yang berkaitan.

Setelah notifikasi diterima, siasatan kes dijalankan oleh anggota kesihatan persekitaran (Penolong Pegawai Kesihatan Persekitaran) bagi mendapatkan maklumat epidemiologi dan faktor risiko yang diperlukan untuk tindakan kawalan, termasuk butiran tempat tinggal, pekerjaan, maklumat pendedahan yang berkaitan, gejala, dan pengesahan makmal. Maklumat daripada temu bual, rekod klinikal serta keputusan makmal kemudiannya direkodkan ke dalam sistem e-Dengue sebagai pangkalan data rasmi bagi pengurusan kes dan aktiviti pencegahan serta kawalan denggi. Sistem ini membolehkan data kes direkod, disimpan, dan diekstrak secara sistematik untuk tujuan analisis. Borang siasatan e-Dengue yang digunakan oleh Pejabat Kesihatan Daerah di Selangor dirujuk sebagai sumber asal pemboleh ubah kajian dan disertakan dalam Lampiran A.

3.14 ALAT KAJIAN

Kajian ini menggunakan dataset kerja yang diekstrak daripada sistem e-Dengue Jabatan Kesihatan Negeri Selangor sebagai alat utama pengumpulan data.

3.14.1 Lembaran Data Kes Denggi Negeri Selangor

Lembaran data ini merangkumi semua rekod kes denggi yang dinotifikasi dan didaftarkan di Selangor bagi tempoh 1 Januari 2023 hingga 31 Disember 2023. Data diekstrak daripada sistem e-Dengue dan disusun dalam format Microsoft Excel untuk

tujuan pembersihan data, pengekodan pemboleh ubah dan analisis. Lembaran data mengandungi maklumat asas seperti umur, jantina, kewarganegaraan, pekerjaan, jenis kediaman, alamat kediaman, koordinat geografi, tarikh bermula gejala dan maklumat epidemiologi yang berkaitan. Setiap rekod kes diberikan ID unik menggabungkan singkatan nama daerah dan nombor notifikasi kes dalam sistem e-Dengue. Pengenalan diri seperti nama dan nombor pengenalan tidak digunakan dalam analisis akhir bagi memastikan kerahsiaan pesakit.

3.15 ANALISIS KAJIAN

Analisis kajian ini merangkumi enam komponen utama iaitu: (i) pengurusan data, (ii) definisi pautan dan pembinaan rangkaian penularan, (iii) analisis deskriptif, (iv) pembinaan rangkaian dan SNA, (v) visualisasi graf rangkaian dan pemetaan GIS (Gephi dan QGIS), serta (vi) pemodelan rangkaian menggunakan ERGM. Pendekatan bersepadu ini membolehkan pemahaman yang lebih menyeluruh terhadap hubungan ruang-masa denggi melalui struktur rangkaian, dan faktor yang mempengaruhi kecenderungan pembentukan pautan dalam rangkaian.

3.15.1 Pengurusan Data

Data kes denggi diperoleh daripada pangkalan data e-Dengue Selangor bagi tempoh Januari hingga Disember 2023, dan pemboleh ubah kajian yang berkaitan diekstrak untuk menghasilkan dataset kerja. Data asal kajian terdiri daripada 61 221 rekod kes denggi. Proses pembersihan awal data telah dijalankan bagi mengeluarkan rekod duplikasi dan rekod tidak lengkap dalam 90 rekod. Dalam proses pembersihan awal ini, dua rekod tidak dapat digekod kerana maklumat alamat tidak mencukupi untuk menentukan lokasi kediaman dengan tepat dan telah dikeluarkan daripada analisis. Selepas proses tersebut, sebanyak 61 129 rekod tersedia untuk saringan lanjut. Seterusnya, sebanyak 240 rekod tambahan dikeluarkan selepas proses pengesahan data kerana tiada tarikh bermula gejala dan kriteria penolakan seperti alamat kediaman luar Selangor. Dataset akhir kajian merangkumi 60 889 kes denggi yang disahkan dan digunakan untuk pembinaan pautan ruang-masa, analisis rangkaian sosial dan pemodelan ERGM mengikut daerah. Proses pengurusan data turut melibatkan deduplikasi rekod. Maklumat pengenalan diri seperti nama, tarikh lahir dan nombor

pengenalan digunakan hanya untuk tujuan deduplikasi, dan dibuang selepas proses tersebut selesai bagi melindungi kerahsiaan data. Setiap kes diberikan pengenalan unik dengan menggabungkan singkatan daerah dan nombor notifikasi kes dalam sistem e-Dengue. Sebagai contoh, kes di daerah Petaling diberikan awalan 'PTL' diikuti nombor notifikasi, seperti PTL1000. Pengenal unik ini digunakan untuk membezakan setiap kes sepanjang proses pengurusan dan analisis data.

Koordinat geografi bagi setiap kes denggi dalam bentuk latitud dan longitud telah direkodkan oleh pegawai PKD semasa siasatan kes di lapangan sebagai sebahagian daripada prosedur operasi standard notifikasi denggi KKM, dan disimpan secara sedia ada dalam pangkalan data e-Dengue. Proses pengesahan dan pembersihan koordinat kemudiannya dijalankan dalam tiga peringkat bagi memastikan ketepatan koordinat sebelum pembinaan pautan rangkaian dilakukan. Pertama, semakan visual dilakukan menggunakan perisian Google Earth Pro bagi mengenal pasti koordinat yang jatuh di luar kawasan penempatan atau menunjukkan ralat kedudukan yang ketara seperti koordinat yang jatuh di dalam sungai, kawasan hutan atau kawasan perindustrian yang tidak berpenghuni. Kedua, data sempadan pentadbiran daerah diperoleh melalui laman web *Overpass Turbo* (overpass-turbo.eu) dalam format GeoJSON bagi membolehkan pengesahan bahawa setiap koordinat kes berada dalam sempadan daerah yang betul selaras dengan alamat kediaman yang direkodkan. Ketiga, pengesahan akhir dijalankan menggunakan perisian QGIS dengan menindihkan koordinat kes ke atas lapisan sempadan pentadbiran GeoJSON. Kes yang koordinatnya didapati tidak tepat telah dibetulkan secara manual dengan mencari alamat penuh kes dalam laman web *Google Maps* (maps.google.com) dan mengambil koordinat yang betul daripada platform tersebut. Semakan dan pembetulan koordinat melibatkan 254 alamat, ini menunjukkan bahawa kualiti koordinat asal dalam pangkalan data e-Dengue adalah memuaskan. Selepas pengesahan koordinat selesai, maklumat alamat yang boleh mengenal pasti individu dipadam bagi melindungi kerahsiaan.

Pemboleh ubah jenis kediaman tidak direkodkan secara terperinci dalam sistem e-Dengue. Oleh itu, pengkategorian jenis kediaman dilakukan melalui semakan medan lokaliti dan alamat kediaman yang direkodkan bagi setiap kes. Dalam kajian ini, bangunan tinggi adalah bangunan yang mempunyai lebih daripada tiga tingkat (> 3

tingkat), manakala bangunan rendah adalah bangunan yang mempunyai tiga tingkat atau kurang (≤ 3 tingkat). Pengelasan yang sama juga digunakan oleh kajian denggi di Singapura (Seidahmed et al. 2018). Bilangan tingkat bangunan dikenal pasti melalui semakan manual maklumat lokaliti dan alamat kediaman menggunakan Google Maps serta paparan imej bangunan dalam Google Street View. Kediaman seperti pangsapuri, flat, kondominium dan asrama dikategorikan berdasarkan bilangan tingkat bangunan dan bukan berdasarkan nama jenis kediaman semata-mata. Rumah teres, rumah berkembar, rumah sesebuah dan rumah kampung yang mempunyai tiga tingkat atau kurang dikategorikan sebagai bangunan rendah. Bagi alamat yang tidak mempunyai paparan Google Street View atau maklumat bilangan tingkat yang mencukupi, pengelasan dibuat berdasarkan maklumat jenis bangunan yang tersedia dalam medan lokaliti dan alamat kediaman.

Seterusnya, satu dataset pautan (*edge list*) dibina berdasarkan definisi kajian, iaitu dua kes dianggap mempunyai pautan apabila berada dalam radius 200 meter dan dalam tempoh 14 hari berdasarkan tarikh bermula gejala dalam format *Comma Separated Values* (CSV). Senarai pautan ini digabungkan dengan dataset kes denggi iaitu dataset nod (*node list*) yang juga dalam format CSV dan disimpan dalam perisian R untuk menghasilkan dataset rangkaian lengkap bagi analisis seterusnya. Unit analisis bagi rangkaian ialah nod (kes denggi) dan pautan yang menghubungkan pasangan kes yang memenuhi kriteria ruang-masa tersebut.

3.15.2 Definisi dan Pembinaan Pautan

Kajian ini menggunakan nod sebagai kes denggi individu. Pautan dibina antara dua nod apabila lokasi kediaman kedua-dua nod tersebut berada dalam jarak ≤ 200 meter dan perbezaan tarikh bermula gejala denggi berada dalam tempoh ≤ 14 hari. Pemilihan jarak 200 meter adalah jarak pergerakan nyamuk *Aedes* yang lazimnya bergerak terbang dalam 200 meter di dalam persekitaran komuniti. Pemilihan tempoh 14 hari pula adalah berdasarkan tempoh yang munasabah bagi jangkitan denggi yang melibatkan tempoh inkubasi intrinsik virus denggi dalam manusia dan tempoh inkubasi ekstrinsik dalam nyamuk *Aedes*. Definisi pautan ini juga selaras dengan pendekatan operasi kawalan denggi KKM yang menggunakan radius 200 meter sebagai sempadan tindakan kawalan dan tarikh bermula gejala sebagai titik rujukan prestasi kawalan di lapangan (KKM

2002, 2022). Oleh itu, definisi 200 meter dan 14 hari digunakan sebagai proksi untuk mengenal pasti peluang penularan setempat dan pembinaan pautan. Pembinaan pautan dilakukan secara berasingan bagi setiap daerah. Oleh itu, kemungkinan pautan antara kes yang terletak dalam jarak ≤ 200 meter tetapi berada di dua daerah berbeza tidak dimasukkan dalam rangkaian kajian.

Jarak antara dua kes dikira berdasarkan koordinat kediaman yang direkodkan dalam sistem rujukan geografi WGS84 (*World Geodesic System 1984*). Memandangkan koordinat WGS84 dinyatakan dalam unit darjah latitud dan longitud, perbezaan koordinat antara setiap pasangan kes terlebih dahulu ditukarkan kepada unit meter menggunakan anggaran satah tempatan (*local planar approximation*) sebelum jarak Euclidean dikira (Snyder 1987). Perbezaan latitud dan longitud ditukarkan menggunakan faktor anggaran lebih kurang 111 kilometer bagi setiap satu darjah. Pengiraan jarak dilaksanakan sepenuhnya dalam perisian R, manakala QGIS digunakan untuk visualisasi dan semakan sempadan pentadbiran sahaja. Pendekatan satah tempatan ini dipilih kerana ambang jarak yang digunakan dalam kajian ini adalah pendek, iaitu ≤ 200 meter, dan kawasan kajian terletak pada latitud rendah, iaitu sekitar 3°N . Pada latitud ini, faktor penumpuan garisan longitud adalah hampir kepada satu ($\cos \phi \approx 0.999$), menjadikan ralat daripada penggunaan anggaran satah tempatan sangat kecil (Snyder 1987). Oleh itu, perbezaan berbanding kaedah jarak geodesik dijangka minimum dan tidak menjejaskan pengelasan pautan pada skala tempatan yang dikaji.

Alamat kediaman digunakan sebagai lokasi spatial kes kerana maklumat tersebut direkodkan secara konsisten dalam sistem e-Dengue dan membolehkan lokasi kes dipetakan serta jarak antara kes diukur secara seragam. Penggunaan lokasi kediaman juga mempunyai asas biologi kerana *Ae. Aegypti* mempunyai aktiviti gigitan terutamanya pada awal pagi dan lewat petang serta cenderung menggigit dan berehat di dalam atau sekitar kediaman selaras dengan justifikasi dalam Bab 2. Oleh itu, persekitaran kediaman merupakan salah satu lokasi yang munasabah bagi berlakunya pendedahan kepada gigitan nyamuk *Aedes*. Walau bagaimanapun, alamat kediaman digunakan sebagai proksi lokasi pendedahan kerana jangkitan denggi juga boleh berlaku di lokasi lain yang dikunjungi seperti tempat kerja, sekolah atau tempat awam akibat pergerakan individu (Stoddard et al. 2013).

Pautan dalam kajian ini dibina sebagai pautan tidak berarah (*undirected*) kerana arah penularan antara dua kes tidak dapat ditentukan daripada data surveilan yang digunakan. Terdapat tiga sebab utama. Pertama, data e-Dengue tidak mengandungi maklumat virologi seperti serotaip atau penjujukan genetik virus (*viral sequencing*) yang membolehkan pengesahan arah penularan antara kes.

Kedua, tarikh bermula gejala yang digunakan sebagai penanda masa adalah berdasarkan maklumat dalam sistem e-Dengue semasa notifikasi dan siasatan kes (KKM 2022). Jika maklumat belum lengkap semasa notifikasi awal, PPKP akan mendapatkan atau mengesahkannya semasa siasatan. Oleh kerana tarikh ini bergantung kepada pelaporan pesakit secara retrospektif, terdapat kemungkinan ketidakpastian dalam menentukan tarikh tepat gejala bermula.

Ketiga, tempoh inkubasi virus denggi yang berbeza-beza antara individu, menjadikan urutan kronologi tarikh bermula gejala tidak boleh ditafsirkan secara langsung sebagai urutan jangkitan. Dua kes yang bermula gejala dalam tempoh 14 hari antara satu sama lain mungkin dijangkiti secara bebas oleh nyamuk yang sama atau populasi nyamuk yang sama di kawasan tersebut, dan bukan semestinya satu kes menjangkiti kes yang lain. Oleh itu, pautan dalam kajian ini menunjukkan hubungan ruang-masa antara kes sebagai proksi penularan. Jarak rangkaian jalan tidak digunakan kerana alamat kediaman merupakan lokasi pendedahan yang munasabah secara biologi bagi penularan denggi melalui vektor. Nyamuk *Aedes* bersifat endofagik dan endofilik, iaitu lebih cenderung menggigit dan berehat di dalam atau berhampiran struktur kediaman, khususnya pada waktu awal pagi dan lewat petang apabila penghuni berada di rumah (Mutebi et al. 2022; Scott et al. 2000).

3.15.3 Analisis Deskriptif

Analisis deskriptif dijalankan menggunakan perisian R dalam RStudio bagi menerangkan ciri asas data kajian (RStudio Team 2023). Bagi pemboleh ubah berterusan, statistik deskriptif dilaporkan sebagai purata (min) dan sisihan piawai. Bagi pemboleh ubah kategorikal, dapatan dilaporkan dalam bentuk kekerapan (*n*) dan peratus (%). Bagi membandingkan ciri sosiodemografi antara kes berpautan dan kes sporadik (kes tanpa pautan), ujian bivariat turut dijalankan. Perbandingan pemboleh ubah

berterusan antara dua kumpulan dianalisis menggunakan ujian-t sampel bebas, manakala pemboleh ubah kategorikal dianalisis menggunakan ujian khi-kuasa dua (*chi-square*). Ukuran saiz kesan turut dilaporkan bagi mentafsir magnitud perbezaan yang ditemui. Cohen's d dilaporkan sebagai ukuran saiz kesan bagi perbezaan pemboleh ubah berterusan, manakala Cramer's V dilaporkan sebagai ukuran saiz kesan bagi pemboleh ubah kategorikal.

3.15.4 Analisis Rangkaian Sosial (SNA)

Bagi menjawab objektif khusus 2, analisis menggunakan SNA dipilih kerana analisis ini dapat mencirikan struktur dan pemusatan rangkaian berdasarkan hubungan ruang-masa antara kes denggi mengikut daerah seperti dihuraikan dalam Bahagian 2.5.1 hingga 2.5.3. SNA dijalankan menggunakan perisian R dengan bantuan pakej *igraph* (Csardi & Nepusz 2006). Nod mewakili setiap kes denggi manakala pautan merujuk kepada hubungan antara dua kes yang memenuhi definisi pautan kajian. Ringkasan ukuran rangkaian yang dianalisis merangkumi saiz rangkaian iaitu bilangan nod dan bilangan pautan, kepadatan rangkaian (*network density*), struktur komponen (*component structure*) seperti bilangan komponen, saiz komponen terbesar dan purata saiz komponen, diameter dan purata laluan terpendek (*average shortest path length*) dalam komponen terbesar, serta transitiviti global (*global transitivity*). Heterogeniti taburan darjah dilaporkan menggunakan pekali Gini (*Gini coefficient*), manakala kesamaan ciri darjah (*degree assortativity*) dikira untuk menilai kecenderungan nod bersambung dengan nod lain yang mempunyai darjah yang sama.

Ukuran pemusatan (*centrality measures*) digunakan pada dua aras. Pada aras nod (*node-level centrality*), ukuran yang dikira merangkumi pemusatan darjah (*degree centrality*), pemusatan perantaraan (*betweenness centrality*), pemusatan kedekatan harmonik (*harmonic closeness centrality*) dan pemusatan eigenvektor (*eigenvector centrality*) bagi mengenal pasti nod yang berpotensi memainkan peranan penting dalam rangkaian. Pada aras rangkaian (*network-level centralization*), empat ukuran pemusatan keseluruhan rangkaian turut dikira iaitu pemusatan darjah rangkaian (*degree centralization*), pemusatan perantaraan rangkaian (*betweenness centralization*), pemusatan kedekatan harmonik rangkaian (*harmonic closeness centralization*) dan pemusatan eigenvektor rangkaian (*eigenvector centralization*), bagi menilai sejauh

mana pengaruh dalam rangkaian tertumpu kepada sebilangan kecil nod berbanding diagihkan secara seimbang merentasi keseluruhan rangkaian. Penerangan terperinci bagi setiap ukuran dihuraikan dalam Bahagian 2.5.2 dan 2.5.3.

3.15.5 Analisis Model Graf Rawak Eksponen (ERGM)

Bagi menjawab objektif khusus 3, ERGM digunakan untuk menilai faktor yang mempengaruhi kecenderungan pembentukan pautan dalam rangkaian kerana pautan dalam data rangkaian tidak bebas antara satu sama lain (rujuk bahagian 2.5.4). Berbeza dengan regresi konvensional yang mengandaikan pemerhatian adalah bebas, ERGM mengambil kira kebergantungan antara pautan serta faktor struktur dalaman rangkaian.

Analisis ERGM telah dijalankan menggunakan perisian R dengan pakej *ergm* dan *statnet* (Hunter et al. 2008b; Krivitsky et al. 2023). Bagi kajian ini, pemodelan telah dilaksanakan secara berasingan mengikut daerah di Selangor (Petaling, Hulu Langat, Klang, Gombak, Sepang, Hulu Selangor, Kuala Langat, Kuala Selangor dan Sabak Bernam) untuk membolehkan perbandingan corak pembentukan pautan mengikut konteks setempat. Kes sporadik tidak dimasukkan dalam ERGM kerana kekangan penumpuan bagi rangkaian yang sangat besar dan jarang, tetapi kekal dimasukkan dalam analisis deskriptif.

Pemodelan ERGM bagi setiap daerah dinilai berdasarkan kejayaan penumpuan model serta diagnostik kesesuaian, bukan berdasarkan saiz rangkaian semata-mata. Apabila analisis dijalankan ke atas pelbagai rangkaian berasingan, sesetengah rangkaian individu boleh menghadapi masalah penumpuan walaupun spesifikasi model yang sama dapat dianggar bagi rangkaian lain (Hunter et al. 2008b; Lusher, Koskinen & Robins 2013). Khususnya, apabila statistik mencukupi bagi sesuatu terma mencapai nilai terkecil yang boleh dicapai, terutamanya bagi atribut yang mempunyai pecahan subkumpulan yang kecil, anggaran kebolehjadian maksimum mungkin tidak wujud dan pekali ditetapkan pada infiniti negatif (Lusher, Koskinen & Robins 2013). Oleh itu, tiga kategori pelaporan telah ditetapkan berdasarkan hasil diagnostik sebenar. Pertama, tujuh daerah iaitu Petaling, Hulu Langat, Klang, Gombak, Sepang, Hulu Selangor dan Kuala Langat mencapai penumpuan penuh bagi kesemua terma atribut dan struktur dan dilaporkan secara penuh. Kedua, bagi Kuala Selangor, terma homofili bagi kategori

bukan warganegara mencapai nilai terkecil yang boleh dicapai kerana bilangan kes bukan warganegara yang membentuk pautan terlalu sedikit, maka terma tersebut dikeluarkan dan model dianggarkan dengan terma homofili warganegara sahaja. Ketiga, bagi Sabak Bernam, kesemua terma atribut gagal mencapai penumpuan apabila ditambah, maka keputusan ERGM bagi daerah ini dilaporkan secara penerokaan (*exploratory*) sahaja (Lusher, Koskinen & Robins 2013).

Pemodelan telah dilakukan secara berperingkat. Model asas (Model 1) memasukkan terma sisi (*edges*) bagi mengukur kecenderungan asas pembentukan pautan dalam rangkaian. Model 2 menambah pemboleh ubah atribut yang ditetapkan awal, iaitu kategori pekerjaan sebagai *nodefactor* (rujukan; bekerja; perbandingan dengan pelajar dan tidak bekerja), serta kesan homofili bagi status kewarganegaraan dan jenis kediaman menggunakan *level-specific nodematch* (padanan warganegara, padanan bukan warganegara, padanan bangunan tinggi dan padanan bangunan rendah). Pemboleh ubah umur dan jantina diuji tetapi tidak dikekalkan dalam model akhir kerana tidak signifikan. Pemboleh ubah bangsa turut diuji namun gagal mencapai penumpuan kerana kolineariti yang tinggi dengan pemboleh ubah kewarganegaraan, di mana taburan kategori bangsa dan kewarganegaraan bertindih dengan ketara dalam data kajian ini, menyebabkan ketidakstabilan dalam penganggaran MCMC dan justeru dikecualikan daripada model akhir.

Dalam pembinaan Model 3, terma struktur dalaman rangkaian iaitu *gwdegree* telah diuji menggunakan beberapa nilai parameter decay, iaitu 0.25, 0.50, 0.80 dan 1.00. Spesifikasi decay yang berbeza digunakan bagi menilai kestabilan anggaran dan kejayaan penumpuan model. Model telah dianggarkan menggunakan kaedah *Monte Carlo Maximum Likelihood Estimation* (MCMLE) dengan tetapan MCMC berikut: burn-in sebanyak 500 000 lelaran (*iteration*), saiz sampel 20 000, dan selang penipisan (*thinning interval*) sebanyak 4000.

Pemilihan model dilakukan secara berperingkat. Pada peringkat awal, hanya model yang berjaya mencapai penumpuan dan menghasilkan anggaran parameter yang stabil dipertimbangkan. Model yang memenuhi kriteria tersebut kemudiannya dibandingkan berdasarkan nilai Kriteria Maklumat Akaike (*Akaike Information*

Criterion, AIC) dan Kriteria Maklumat Bayesian (*Bayesian Information Criterion*, BIC) dengan nilai yang lebih rendah menunjukkan keseimbangan yang lebih baik antara kesesuaian model dengan kerumitannya. Kebolehintepretasian parameter dari sudut statistik dan epidemiologi turut dipertimbangkan dalam menentukan model akhir.

Daripada spesifikasi yang diuji, nilai *decay* 0.25 menghasilkan anggaran yang paling stabil, berjaya mencapai penumpuan dan memberikan kesesuaian model yang lebih baik (berdasarkan perbandingan AIC dan BIC) lalu dipilih sebagai spesifikasi utama analisis bagi model 3. Selepas model akhir dipilih, kestabilan dan kesesuaiannya dinilai menggunakan diagnostik Markov Chain Monte Carlo (MCMC) serta penilaian kesesuaian model (*goodness-of-fit*, GOF) berasaskan simulasi dalaman dan luaran. Diagnostik MCMC digunakan untuk menilai penumpuan dan pencampuran rantaian, manakala GOF digunakan untuk menilai keupayaan model menghasilkan semula ciri utama rangkaian pemerhatian.

Diagnostik MCMC dinilai berdasarkan skor-z Geweke, nilai-*p* bersama, autokorelasi, plot jejak dan plot ketumpatan. Penumpuan dianggap memuaskan apabila nilai Geweke skor-z secara umum berada dalam julat ± 1.96 , nilai-*p* bersama > 0.05 . Autokorelasi diperiksa bagi menilai pergantungan antara sampel MCMC. Penumpuan yang baik apabila autokorelasi menurun apabila lag meningkat dan menghampiri sifar. Pemeriksaan visual plot jejak (*trace plot*) turut dilakukan bagi memastikan plot tidak menunjukkan pola hanyutan yang berterusan. Plot ketumpatan (*density plot*) yang baik menunjukkan taburan MCMC yang berbentuk seperti loceng (*bell-shaped*) dan berpusat sekitar sifar (*centered at zero*) tanpa bentuk taburan yang sangat herot atau beberapa puncak yang jelas (Lusher, Koskinen & Robins 2013).

Kesesuaian model (GOF) dinilai menggunakan 200 simulasi rangkaian. Bagi statistik dalaman model, nilai pemerhatian dibandingkan dengan nilai yang dijana daripada rangkaian simulasi bagi terma sisi, faktor atribut kategori pekerjaan, homofili status kewarganegaraan, homofili jenis kediaman dan *gwdegree*. Model dianggap mempunyai kesesuaian yang memuaskan apabila nilai-*p* Monte Carlo melebihi 0.05, menunjukkan statistik rangkaian pemerhatian dapat direplikasi oleh model. Kesesuaian struktur rangkaian turut dinilai melalui plot taburan darjah nod (*gwdegree*), dengan

statistik rangkaian pemerhatian dibandingkan dengan taburan rangkaian yang disimulasikan (Hunter, Goodreau & Handcock 2008a; Koskinen & Snijders 2013). Asas penggunaan diagnostik MCMC dan GOF dihuraikan dalam Bahagian 2.5.4

Terma struktur lain seperti *geometrically weighted edgewise shared partners* (gwesp) dan *geometrically weighted dyad-wise shared partners* (gwdsp) turut diuji. Model yang mengandungi terma gwesp menghasilkan anggaran parameter yang ekstrem (nisbah odd lebih daripada 100). Ujian diagnostik dan rangkaian simulasi juga menunjukkan ketidakstabilan. Terma gwdsp pula gagal mencapai penumpuan yang memadai. Oleh itu, kedua-dua terma tersebut tidak dimasukkan dalam model akhir.

Dapatan ERGM telah dilaporkan dalam bentuk anggaran pekali log-odd (β), ralat piawai (*standard error*, SE), nisbah odd dan nilai- p . Nilai OR yang dikira menggunakan formula $OR = e^{\beta}$. Nilai OR melebihi 1.00 menunjukkan kecenderungan lebih tinggi untuk pembentukan pautan antara nod dengan ciri berkenaan, manakala nilai OR kurang daripada 1.00 menunjukkan kecenderungan yang lebih rendah. Setiap parameter dinilai berdasarkan selang keyakinan 95% (95% CI) dan nilai- p , dengan aras signifikan ditetapkan pada $p < 0.05$. Parameter ditafsirkan sebagai signifikan apabila 95% CI tidak merentasi nilai 1.00.

3.15.6 Visualisasi Struktur Rangkaian Denggi Menggunakan Graf Rangkaian

Visualisasi dilakukan untuk menggambarkan struktur rangkaian penularan denggi dengan lebih jelas dan menyokong interpretasi corak keterhubungan dalam rangkaian. Visualisasi ini dikenali sebagai graf rangkaian. Graf ini membantu mengenal pasti komponen yang besar serta nod yang mempunyai darjah tinggi (nod yang mempunyai bilangan pautan tinggi).

Graf rangkaian telah dijalankan menggunakan perisian Gephi (Bastian, Heymann & Jacomy 2009). Susunan nod dan pautan dihasilkan menggunakan algoritma susun atur ForceAtlas2 dan Fruchterman-Reingold. Saiz nod ditetapkan mengikut darjah, di mana saiz nod yang lebih besar mewakili bilangan sambungan yang lebih tinggi. Pautan dipaparkan dengan tona warna yang lebih samar bagi menekankan

corak taburan nod dan struktur komponen secara visual. Pendekatan ini memudahkan mengenalpastian komponen yang dominan dalam rangkaian.

Selain graf rangkaian dalam Gephi, pemetaan spatial turut dilaksanakan menggunakan QGIS sebagai visual sokongan untuk mentafsir dan memaparkan dapatan SNA dan pemodelan ERGM dalam konteks geografi (QGIS Development Team 2025). Koordinat hasil geokod iaitu longitud dan latitud digunakan untuk memaparkan kedudukan nod pada peta asas dan sempadan pentadbiran, seterusnya menggambarkan komponen yang dominan serta lokasi tumpuan yang selari dengan corak yang dikenal pasti melalui SNA dan ERGM. Visualisasi ini membantu mengenal pasti kawasan berisiko dan menyokong implikasi kawalan dan pencegahan yang dicadangkan. Pemetaan yang dihasilkan hanya memaparkan kes denggi yang mempunyai sekurang-kurangnya satu pautan dalam rangkaian (darjah ≥ 1), kecuali pemetaan deskriptif dalam Bahagian 4.2.3 yang turut memaparkan kes sporadik bagi tujuan perbandingan. Kes tanpa pautan tidak dipaparkan dalam pemetaan Objektif 2 dan pemetaan Objektif 3 bagi menumpukan visualisasi kepada pembentukan pautan dalam rangkaian penularan denggi mengikut daerah.

3.15.7 Analisis Sensitiviti

Ambang 200 meter dan 14 hari telah ditetapkan sebagai spesifikasi utama pembentukan pautan berdasarkan bukti biologi dan epidemiologi yang dihuraikan dalam Bab 2. Analisis sensitiviti dijalankan sebagai analisis tambahan untuk menilai kestabilan dapatan SNA dan pemodelan ERGM apabila spesifikasi ambang ruang-masa diubah. Pautan yang dibina merupakan proksi peluang penularan setempat dan bukan bukti penularan secara terus (*direct transmission*) dari individu ke individu yang lain, menjadikan analisis sensitiviti dilakukan dengan pelbagai spesifikasi ambang ruang-masa.

Secara khusus, rangkaian dibina semula menggunakan beberapa spesifikasi alternatif menggunakan ambang jarak dan masa yang berbeza. Bagi kajian ini, variasi ambang jarak tersebut adalah radius 100 meter, 200 meter dan 300 meter serta variasi ambang masa seperti 7 hari, 14 hari, dan 21 hari. Bagi setiap spesifikasi ambang, ukuran SNA seperti bilangan nod, bilangan pautan, kepadatan, purata darjah, diameter, purata

lalu terpendek, bilangan komponen dan saiz komponen terbesar dikira semula untuk membandingkan perubahan struktur ciri rangkaian denggi. Analisis sensitiviti SNA dilaksanakan bagi semua sembilan daerah di Selangor. Namun, bagi tujuan pelaporan di Bab 4, hanya dapatan bagi Petaling sebagai wakil DBT dan Sepang sebagai wakil DBR disertakan, manakala dapatan analisis sensitiviti bagi tujuh daerah lain disertakan di Lampiran E. Bagi pemodelan ERGM, sensitiviti turut dinilai melalui perbandingan kestabilan model merentas spesifikasi ambang ruang-masa. Secara khusus, Model 3 (atribut dan struktur) turut dianggarkan bagi daerah terpilih menggunakan tempoh masa yang sama, iaitu 14 hari dengan radius 100 meter dan 300 meter sebagai perbandingan kepada spesifikasi utama, untuk menilai sama ada inferens faktor dan pergantungan struktur rangkaian kekal konsisten apabila ambang jarak dikurangkan atau ditambah. Analisis sensitiviti ERGM pula hanya berjaya dijalankan bagi daerah Petaling kerana model bagi daerah lain tidak mencapai penumpuan apabila kombinasi ambang ruang-masa yang berbeza digunakan.

Selain itu, model 3 yang menggunakan peramal atribut seperti *nodefactor* sahaja turut dibandingkan sebagai semakan sensitiviti bagi menilai kestabilan kesan atribut. Faktor atribut juga diuji menggunakan *nodematch* berbanding *nodemix* bagi menilai sama ada corak homofili/heterofili serta gabungan kategori tertentu mempengaruhi kecenderungan pembentukan pautan. Untuk terma struktur, beberapa nilai parameter *decay* bagi *gwdegree* diuji. Spesifikasi yang mencapai penumpuan (konvergen) serta menunjukkan diagnostik MCMC yang memuaskan dipilih sebagai spesifikasi yang paling stabil. Kesesuaian model turut disemak menggunakan penilaian kesesuaian model berasaskan simulasi Monte Carlo sebanyak 200 sampel. Model sensitiviti yang memasukkan terma struktur dan tidak stabil tidak akan ditafsir kerana anggaran parameter tidak boleh dipercayai. Secara umum, dapatan analisis sensitiviti digunakan bagi menyokong interpretasi dapatan utama.

3.16 DEFINISI PEMBOLEH UBAH

Pemboleh ubah kajian ditentukan berdasarkan objektif analisis dan maklumat yang tersedia dalam data e-Dengue. Bagi analisis deskriptif, pemboleh ubah yang digunakan merangkumi umur, jantina, bangsa, kategori pekerjaan, status kewarganegaraan dan jenis kediaman. Pemboleh ubah ini digunakan untuk menerangkan ciri sosiodemografi

dan persekitaran kes denggi. Definisi dan pengukuran setiap pemboleh ubah bagi analisis deskriptif diringkaskan dalam Jadual 3.3.

Bagi pemodelan ERGM, pemboleh ubah disusun mengikut peranan dalam kecenderungan pembentukan pautan dalam rangkaian. Pautan dalam rangkaian merupakan pemboleh ubah bersandar, manakala faktor yang dinilai meliputi faktor atribut nod bagi kategori pekerjaan, faktor homofili nod bagi status kewarganegaraan dan jenis kediaman serta faktor struktur dalaman rangkaian menggunakan gwdegree. Parameter sisi (*edges*) turut dimasukkan untuk mengukur kecenderungan asas pembentukan pautan. Definisi dan pengukuran pemboleh ubah yang digunakan dalam pemodelan ERGM diringkaskan dalam Jadual 3.4.

Jadual 3.3 Definisi pemboleh ubah bagi analisis deskriptif

Pemboleh ubah	Definisi pemboleh ubah	Ukuran
Umur	Umur individu pada tarikh bermula gejala	Nombor berdasarkan tahun atau bulan umur individu
Jantina	Penetapan jantina individu berdasarkan MyKid/ Pasport/ Sijil Kelahiran.	Lelaki / Perempuan
Bangsa	Penetapan bangsa individu berdasarkan MyKid/ Pasport/ Sijil Kelahiran. Kategori Lain-lain merujuk kepada warganegara asing yang tidak termasuk dalam kategori Melayu/Bumiputera, Cina atau India	Melayu atau Bumiputera / Cina / India / Lain-lain
Kategori pekerjaan	Status pekerjaan semasa individu seperti direkodkan dalam siasatan kes. Pelajar seperti pelajar sekolah rendah, menengah, kolej dan universiti.	Bekerja / Tidak Bekerja / Pelajar
Status Kewarganegaraan	Penetapan kewarganegaraan individu berdasarkan MyKid/ Pasport/ Sijil Kelahiran.	Warganegara / Bukan Warganegara
Jenis Kediaman	Berdasarkan alamat kediaman sewaktu tarikh bermula gejala. Pengelasan kediaman berdasarkan bilangan tingkat bangunan. Bangunan tinggi ialah bangunan yang mempunyai lebih daripada tiga tingkat (>3 tingkat) Bangunan rendah ialah bangunan yang mempunyai tiga tingkat atau kurang (≤ 3 tingkat)	Bangunan tinggi / Bangunan rendah

Jadual 3.4 Definisi pemboleh ubah bagi pemodelan ERGM

Jenis Pemboleh ubah	Frasa	Definisi pemboleh ubah	Ukuran
Bersandar	Pautan dalam rangkaian	Wujud pautan antara dua kes apabila jarak kediaman antara kedua-dua kes ≤ 200 meter dan perbezaan tarikh bermula gejala antara dua kes ≤ 14 hari.	1=Ada pautan / 0= Tiada pautan
Tidak Bersandar			
Kategori Pekerjaan	Atribut pekerjaan	Status pekerjaan semasa individu seperti direkodkan dalam siasatan kes; digunakan untuk menilai perbezaan kecenderungan membentuk pautan mengikut kategori.	Bekerja / Tidak Bekerja / Pelajar
Status Kewarganegaraan	Homofili kewarganegaraan	Menilai kecenderungan pembentukan pautan dalam kategori kewarganegaraan yang sama.	Warganegara / Bukan Warganegara
Jenis Kediaman	Homofili jenis kediaman	Menilai kecenderungan pembentukan pautan dalam kategori jenis kediaman yang sama.	Bangunan tinggi / Bangunan rendah
Struktur Dalam Rangkaian	Gwdegree	Terma struktur untuk menilai heterogeniti darjah dan pergantungan struktur rangkaian; beberapa nilai decay diuji dan decay 0.25 dipilih kerana stabil.	Decay 0.25
	Sisi (<i>Edges</i>)	Parameter pintasan (<i>intercept</i>) yang mengukur kecenderungan asas pembentukan pautan sebelum mengambil kira faktor atribut nod atau kebergantungan struktur.	Log-odd pembentukan pautan

3.17 ETIKA PENYELIDIKAN

3.17.1 Kelulusan Bertulis daripada Jawatankuasa Etika Penyelidikan

Kajian ini telah mendapat kelulusan bertulis daripada Jawatankuasa Etika Penyelidikan Universiti Kebangsaan Malaysia (UKM) dengan nombor rujukan UKM FF-2024-296, serta kelulusan daripada Jawatankuasa Etika Penyelidikan Kementerian Kesihatan Malaysia (KKM) melalui *National Medical Research Register* (NMRR) dengan nombor rujukan NMRR ID-24-01515-I8B.

3.17.2 Kelulusan Bertulis daripada Pemilik Data Utama

Kebenaran bertulis bagi penggunaan data telah diperoleh daripada Unit Denggi, Sektor Penyakit Berjangkit, Bahagian Kawalan Penyakit, Kementerian Kesihatan Malaysia (KKM). Pihak berkaitan telah diberikan penjelasan berhubung objektif penyelidikan, kaedah pengurusan data, serta aspek kerahsiaan maklumat sebelum proses pengumpulan dan analisis data dijalankan.

3.17.3 Pengurusan dan Kerahsiaan Data

Kerahsiaan maklumat pesakit dipelihara sepenuhnya dan tiada maklumat pengenalan diri didedahkan dalam mana-mana laporan, pembentangan atau penerbitan hasil kajian. Data yang diekstrak telah melalui proses penghapusan data peribadi seperti nama, nombor pengenalan, dan alamat kediaman lengkap. Maklumat tersebut dikeluarkan selepas proses pembersihan duplikasi, dan hanya dataset akhir yang telah digunakan untuk analisis. Semua data disimpan dalam bentuk digital di lokasi simpanan yang dilindungi kata laluan dengan akses terhad kepada penyelidik yang dibenarkan. Tempoh penyimpanan data adalah mengikut syarat kelulusan etika berkaitan, dan data akan dimusnahkan secara selamat selepas tempoh penyimpanan tamat. Sebarang penerbitan hasil kajian mematuhi keperluan kelulusan pihak berkuasa berkaitan, termasuk mendapatkan kelulusan bertulis daripada Ketua Pengarah Kesihatan Malaysia dan pihak yang berkenaan. Dokumen kelulusan penyelidikan, kelulusan pengumpulan data daripada fasiliti dan kelulusan etika disertakan dalam Lampiran B hingga Lampiran D.

3.18 KESIMPULAN

Bab ini menghuraikan kaedah pelaksanaan kajian. Kajian ini merupakan kajian keratan rentas yang menggunakan data kes denggi di Selangor bagi tahun 2023, yang diperoleh daripada sistem e-Dengue. Definisi bagi setiap pemboleh ubah juga turut diperincikan. Pengumpulan dan pengekstrakan data telah dilaksanakan selepas kelulusan etika dan kebenaran penggunaan data diperoleh. Analisis data dilakukan menggunakan perisian RStudio bagi analisis deskriptif, analisis SNA dan ERGM, manakala perisian Gephi dan QGIS digunakan untuk visualisasi rangkaian dan pemetaan spatial. Aspek kerahsiaan dan pertimbangan etika kajian juga dibentangkan. Hasil dapatan kajian akan dihuraikan dalam bab seterusnya.

BAB IV

DAPATAN KAJIAN

4.1 PENGENALAN

Bab ini membentangkan dapatan kajian selaras dengan tiga objektif khusus. Bagi objektif pertama, rangkaian penularan dibina dengan pautan (*edge*) antara kes yang mempunyai hubungan ruang-masa berdasarkan jarak 200 meter radius dan tempoh 14 hari dari tarikh bermula gejala. Seterusnya, analisis deskriptif dijalankan bagi menunjukkan taburan kes denggi keseluruhan, kes yang membentuk pautan dan kes sporadik (kes tanpa pautan) di Selangor. Pemetaan juga dijalankan bagi menyokong analisis.

Seterusnya, bagi objektif kedua kajian, struktur rangkaian dicirikan menggunakan ukuran struktur rangkaian dan pemusatan mengikut daerah menggunakan analisis rangkaian sosial (*Social Network Analysis*, SNA). Analisis yang dilakukan merangkumi saiz, kepadatan, struktur komponen, jarak struktur, pengelompokan setempat, struktur darjah nod serta ukuran pemusatan nod dan rangkaian. Dapatan ini diperkukuhkan dengan visualisasi graf rangkaian bagi menggambarkan corak pemusatan nod, corak komponen dan corak atribut nod mengikut darjah. Analisis sensitiviti juga dijalankan bagi menilai keteguhan dapatan ciri struktur rangkaian.

Bagi memenuhi objektif ketiga, untuk mengenal pasti faktor yang mempengaruhi kecenderungan pembentukan pautan, Model Graf Rawak Eksponen (*Exponential Random Graph Model*, ERGM) telah dijalankan mengikut daerah. ERGM digunakan untuk menilai faktor atribut nod, faktor homofili nod dan faktor struktur rangkaian. Pemetaan turut digunakan untuk menggambarkan dapatan pemodelan dalam

konteks geografi. Analisis sensitiviti menggunakan spesifikasi ambang ruang-masa yang berbeza turut dijalankan bagi menilai keteguhan pemodelan ERGM. Dalam kajian ini, pautan mewakili hubungan ruang-masa yang digunakan sebagai proksi kepada penularan denggi.

Bab ini menunjukkan bagaimana pembinaan rangkaian ruang-masa (Objektif 1) menyediakan asas kepada pencirian struktur rangkaian (Objektif 2) dan seterusnya pemodelan faktor yang mempengaruhi pembentukan pautan menggunakan ERGM (Objektif 3), termasuk analisis sensitiviti bagi menilai keteguhan dapatan.

4.2 OBJEKTIF 1: MEMBINA RANGKAIAN PENULARAN DENGGI BERDASARKAN HUBUNGAN RUANG-MASA ANTARA KES MENGIKUT DAERAH DI SELANGOR

Bahagian ini membentangkan analisis deskriptif ciri-ciri kes denggi di Selangor sebagai asas kepada rangkaian penularan. Analisis ini merangkumi ciri sosiodemografi dan persekitaran keseluruhan kes dan perbandingan antara kes berpautan dengan kes sporadik di Selangor. Analisis deskriptif mengikut daerah juga dilakukan bagi kes berpautan. Pemetaan turut digunakan bagi menggambarkan taburan geografi kes keseluruhan, kes berpautan dan kes sporadik di Selangor.

4.2.1 Ciri-ciri Sosiodemografi dan Persekitaran Kes Denggi di Selangor (Keseluruhan)

Analisis deskriptif ke atas keseluruhan data kes denggi di Selangor mendapati sebanyak 60 889 kes yang dianalisis (Jadual 4.1). Daripada pembinaan rangkaian penularan denggi, sebanyak 38 613 (63.4%) kes adalah sebagai kes berpautan manakala 22 276 (36.6%) kes diklasifikasikan sebagai kes sporadik.

a. Ciri Sosiodemografi

Majoriti kes adalah lelaki iaitu seramai 36 430 (59.8%) orang berbanding perempuan seramai 24 459 (40.2%) orang. Purata umur keseluruhan kes ialah 32.0 tahun dengan sisihan piawai 16.9. Dari segi bangsa, Melayu/Bumiputera merupakan kumpulan majoriti iaitu 34 899 (57.3%) orang, diikuti oleh Cina seramai 11 764 (19.3%) orang, India seramai 7172 (11.8%) orang dan lain-lain seramai 7054 (11.6%) orang. Bagi

kategori pekerjaan, majoriti kes adalah bekerja iaitu seramai 35 679 (58.6%) orang, diikuti oleh tidak bekerja seramai 13 563 (22.3%) orang dan pelajar seramai 11 647 (19.1%) orang. Dari segi status kewarganegaraan, majoriti kes merupakan warganegara iaitu seramai 53 808 (88.4%) orang berbanding bukan warganegara seramai 7081 (11.6%) orang.

Apabila dibandingkan antara kes berpautan dan kes sporadik, peratusan ciri sosiodemografi adalah hampir serupa antara kedua-dua kumpulan seperti yang dilaporkan dalam Jadual 4.1. Kes berpautan didominasi oleh lelaki (59.0%), Melayu/Bumiputera (57.8%), kategori bekerja (58.1%) dan warganegara (88.1%), dengan corak yang konsisten dengan taburan kes keseluruhan. Kes sporadik turut menunjukkan corak yang serupa dengan lelaki (61.3%), Melayu/Bumiputera (56.5%), bekerja (59.5%) dan warganegara (88.8%) mendominasi. Perbezaan yang signifikan secara statistik diperhatikan bagi semua pemboleh ubah sosiodemografi (Nilai- $p < 0.05$), namun saiz kesan bagi kesemua pemboleh ubah tersebut adalah kecil (Cramer's $V = 0.011-0.028$; Cohen's $d = 0.081$), seperti yang ditunjukkan dalam Jadual 4.1.

b. Ciri Persekitaran

Sebanyak 21 854 (35.9%) kes keseluruhan tinggal di bangunan tinggi manakala 39 035 (64.1%) kes tinggal di bangunan rendah. Apabila dibandingkan antara kes berpautan dan kes sporadik, kes berpautan mencatatkan peratusan penghuni bangunan tinggi yang lebih tinggi iaitu 17 066 (44.2%) berbanding kes sporadik iaitu 4788 (21.5%). Sebaliknya, kes sporadik mencatatkan peratusan penghuni bangunan rendah yang lebih tinggi iaitu 17 488 (78.5%) berbanding kes berpautan iaitu 21 547 (55.8%). Perbezaan ini adalah signifikan secara statistik ($p < 0.001$) dengan saiz kesan yang sederhana (Cramer's $V = 0.228$), dan merupakan saiz kesan terbesar berbanding semua pemboleh ubah lain yang dikaji seperti yang dilaporkan dalam Jadual 4.1.

Jadual 4.1 Ciri-ciri sosiodemografi dan persekitaran kes keseluruhan, kes berpautan dan kes sporadik bagi denggi di Selangor

Ciri-ciri	Kes keseluruhan, <i>n</i> (%)	Kes berpautan, <i>n</i> (%)	Kes sporadik, <i>n</i> (%)	Nilai- <i>p</i> ***	Saiz kesan
Bilangan kes denggi	60 889 (100)	38 613 (63.4)**	22 276 (36.6)**		
Umur *	32.0 (16.9)	31.5 (16.6)	32.9 (17.4)	<0.001	d = 0.081
Jantina				<0.001	V = 0.023
Lelaki	36 430 (59.8)	22 767 (59.0)	13 663 (61.3)		
Perempuan	24 459 (40.2)	15 846 (41.0)	8613 (38.7)		
Bangsa				<0.001	V = 0.023
Melayu / Bumiputera	34 899 (57.3)	22 322 (57.8)	12 577 (56.5)		
Cina	11 764 (19.3)	7228 (18.7)	4536 (20.4)		
India	7172 (11.8)	4491 (11.6)	2681 (12.0)		
Lain-lain	7054 (11.6)	4572 (11.8)	2482 (11.1)		
Kategori Pekerjaan				<0.001	V = 0.028
Bekerja	35 679 (58.6)	22 435 (58.1)	13 244 (59.5)		
Tidak bekerja	13 563 (22.3)	8475 (21.9)	5088 (22.8)		
Pelajar	11 647 (19.1)	7703 (19.9)	3944 (17.7)		
Status kewarganegaraan				0.009	V = 0.011
Warganegara	53 808 (88.4)	34 023 (88.1)	19 785 (88.8)		
Bukan Warganegara	7081 (11.6)	4590 (11.9)	2491 (11.2)		
Jenis kediaman				<0.001	V = 0.228
Bangunan tinggi	21 854 (35.9)	17 066 (44.2)	4788 (21.5)		
Bangunan rendah	39 035 (64.1)	21 547 (55.8)	17 488 (78.5)		

*Umur dilaporkan sebagai min (sisihan piawai); **peratusan dikira daripada jumlah keseluruhan kes denggi (*n* = 60 889); ***perbandingan umur antara kes berpautan dan kes sporadik dianalisis menggunakan ujian-t sampel bebas, manakala pemboleh ubah kategori dianalisis menggunakan ujian khi-kuasa dua. Cohen's *d* dilaporkan sebagai ukuran saiz kesan (*effect size*) bagi perbezaan umur, manakala Cramer's *V* dilaporkan sebagai ukuran saiz kesan bagi pemboleh ubah kategori.

4.2.2 Ciri-ciri Sosiodemografi Kes Berpautan Mengikut Daerah

Analisis deskriptif mengikut daerah menunjukkan bahawa taburan kes keseluruhan dan kes berpautan adalah tidak seragam merentas sembilan daerah di Selangor (Jadual 4.2). Petaling merekodkan bilangan kes denggi tertinggi iaitu 19 549 (32.1%) daripada keseluruhan kes Selangor, diikuti Hulu Langat 16 317 (26.8%), Klang 9180 (15.1%)

dan Gombak 8402 (13.8%). Daerah-daerah ini merupakan daerah berkepadatan tinggi (DBT). Sebaliknya, daerah berkepadatan rendah (DBR) menyumbang peratus yang lebih kecil iaitu Sepang 2325 (3.8%), Hulu Selangor 2007 (3.3%), Kuala Langat 1525 (2.5%), Kuala Selangor 1317 (2.2%) dan Sabak Bernam 267 (0.4%).

Secara keseluruhan, Petaling mencatatkan bilangan kes berpautan tertinggi iaitu 12 978 kes (33.6%), manakala Sabak Bernam mencatatkan bilangan kes berpautan terendah iaitu 61 kes (0.2%) daripada keseluruhan kes berpautan di Selangor.

a. Ciri Sosiodemografi

Purata umur kes berpautan adalah sekitar awal 30-an di kebanyakan daerah kecuali Sabak Bernam. Purata umur termuda di Hulu Selangor iaitu 30.0 tahun (Sisihan piawai, SP 15.7), diikuti Sepang 30.2 tahun (SP 15.4) dan Hulu Langat 30.8 tahun (SP 16.9), manakala purata umur tertua adalah di Sabak Bernam iaitu 35.3 tahun (SP 23.2) dan Klang 32.2 tahun (SP 16.7). Sisihan piawai yang besar di Sabak Bernam (SP 23.2) menggambarkan kepelbagaian umur yang lebih luas dalam kalangan kes di daerah tersebut berbanding daerah lain.

Majoriti kes berpautan adalah lelaki di semua daerah, dengan peratus tertinggi di Klang (62.6%), Kuala Langat (62.3%) dan Sepang (62.1%), manakala peratus terendah di Hulu Langat (57.2%) dan Kuala Selangor (57.2%). Peratusan perempuan lebih tinggi di Hulu Langat (42.8%) dan Kuala Selangor (42.8%) berbanding daerah lain. Corak dominasi lelaki yang konsisten merentas semua daerah ini adalah selari dengan taburan jantina dalam data kes keseluruhan Selangor.

Melayu/Bumiputera kekal sebagai bangsa majoriti kes berpautan di semua daerah kecuali Sabak Bernam. Peratus Melayu/Bumiputera paling tinggi di Kuala Selangor (84.5%), Hulu Selangor (82.1%) dan Gombak (69.3%). Terdapat dua daerah yang menunjukkan corak yang berbeza. Di Klang, Melayu/Bumiputera hanya terdiri dari 42.1% kes berpautan memandangkan bangsa seperti India (21.3%) dan lain-lain (19.6%) turut tinggi. Juga ketara di Sabak Bernam di mana Cina mendominasi kes berpautan (62.3%) berbanding Melayu/Bumiputera (32.8%).

Kategori bekerja mendominasi kes berpautan di semua daerah dengan julat antara 42.6% di Sabak Bernam hingga 63.6% di Petaling. Kategori tidak bekerja adalah paling tinggi di Sabak Bernam (34.4%) dan Hulu Langat (27.2%), manakala kategori pelajar menunjukkan peratus yang agak konsisten merentas daerah dengan peratus antara 17.4% di Klang hingga 23.0% di Sabak Bernam. Peratus pelajar adalah tinggi di Sabak Bernam (23.0%), Sepang (22.8%), dan Kuala Selangor (22%).

Dari segi status kewarganegaraan, majoriti kes berpautan adalah warganegara di semua daerah. Peratusan bukan warganegara adalah paling tinggi di Klang (19.7%), diikuti Kuala Langat (16.9%) dan Petaling (13.8%). Sebaliknya, daerah seperti Hulu Selangor (5.0%), Kuala Selangor (2.8%) dan Sabak Bernam (1.6%) mencatatkan peratusan bukan warganegara yang rendah.

b. Ciri Persekitaran

Peratusan kes berpautan yang tinggal di bangunan tinggi adalah berbeza-beza merentas sembilan daerah di Selangor (Jadual 4.2). Dalam kalangan DBT, Petaling mempunyai peratusan bangunan tinggi berpautan tertinggi iaitu 7015 (54.1%), diikuti Hulu Langat 5435 (47.4%), Gombak 2039 (36.3%) dan Klang 1346 (24.5%). Dalam kalangan DBR pula, Sepang mempunyai peratusan kes berpautan tinggal di bangunan tinggi iaitu 432 (51.1%), diikuti Hulu Selangor 547 (46.0%) dan Kuala Langat 163 (30.3%). Kuala Selangor mencatatkan peratusan bangunan tinggi yang lebih rendah iaitu 87 (20.1%), manakala Sabak Bernam mencatatkan peratusan yang paling rendah sekali iaitu hanya 2 (3.3%), dengan 59 (96.7%) kes berpautan tinggal di bangunan rendah.

Jadual 4.2 Analisis deskriptif kes berpautan mengikut daerah di Selangor

Ciri-ciri	Petaling, n (%)	Hulu Langat, n (%)	Klang, n (%)	Gombak, n (%)	Selangor, n (%)	Hulu Selangor, n (%)	Kuala Langat, n (%)	Kuala Selangor, n (%)	Sabak Bernam, n (%)
Bilangan kes keseluruhan	19 549 (32.1)	16 317 (26.8)	9180 (15.1)	8402 (13.8)	2325 (3.8)	2007 (3.3)	1525 (2.5)	1317 (2.2)	267 (0.4)
Bilangan kes berpautan	12 978 (33.6)	11 470 (29.7)	5487 (14.2)	5613 (14.5)	846 (2.2)	1188 (3.1)	538 (1.4)	432 (1.1)	61 (0.2)
Umur *	31.8 (16.3)	30.8 (16.9)	32.2 (16.7)	31.9 (17.2)	30.2 (15.4)	30.0 (15.7)	32.1(15.2)	32.0 (15.9)	35.3 (23.2)
Jantina									
Lelaki	7698 (59.3)	6561 (57.2)	3433 (62.6)	3223 (57.4)	525 (62.1)	708 (59.6)	335 (62.3)	247 (57.2)	37 (60.7)
Perempuan	5280 (40.7)	4909 (42.8)	2054 (37.4)	2390 (42.6)	321 (37.9)	480 (40.4)	203 (37.7)	185 (42.8)	24 (39.3)
Bangsa									
Melayu/Bumiputera	6700 (51.6)	7242 (63.1)	2311 (42.1)	3889 (69.3)	557 (65.8)	975 (82.1)	263 (48.9)	365 (84.5)	20 (32.8)
Cina	3243 (25)	2115 (18.4)	931 (17.0)	692 (12.3)	97 (11.5)	34 (2.9)	62 (11.5)	16 (3.7)	38 (62.3)
India	1253 (9.7)	1040 (9.1)	1169 (21.3)	652 (11.6)	92 (10.9)	120 (10.1)	122 (22.7)	41 (9.5)	2 (3.3)
Lain-lain	1782 (13.7)	1073 (9.4)	1076 (19.6)	380 (6.8)	100 (11.8)	59 (5.0)	91 (16.9)	10 (2.3)	1 (1.6)
Kategori Pekerjaan									
Bekerja	8248 (63.6)	5926 (51.7)	3383 (61.7)	3147 (56.1)	454 (53.7)	667 (56.1)	339 (63)	245 (56.7)	26 (42.6)
Tidak bekerja	2241 (17.3)	3118 (27.2)	1150 (21)	1270 (22.6)	199 (23.5)	289 (24.3)	101 (18.8)	92 (21.3)	21 (34.4)

bersambung...

...sambungan

Pelajar	2489 (19.2)	2426 (21.1)	954 (17.4)	1196 (21.3)	193 (22.8)	232 (19.5)	98 (18.2)	95 (22)	14 (23)
Status kewarganegaraan									
Warganegara	11 185 (86.2)	10 397 (90.6)	4406 (80.3)	5233 (93.2)	746 (88.2)	1129 (95.0)	447 (83.1)	420 (97.2)	60 (98.4)
Bukan Warganegara	1793 (13.8)	1073 (9.4)	1081 (19.7)	380 (6.8)	100 (11.8)	59 (5.0)	91 (16.9)	12 (2.8)	1 (1.6)
Jenis Kediaman									
Bangunan tinggi	7015 (54.1)	5435 (47.4)	1346 (24.5)	2039 (36.3)	432 (51.1)	547 (46.0)	163 (30.3)	87 (20.1)	2 (3.3)
Bangunan rendah	5963 (45.9)	6035 (52.6)	4141 (75.5)	3574 (63.7)	414 (48.9)	641 (54.0)	375 (69.7)	345 (79.9)	59 (96.7)

*Umur dilaporkan sebagai purata (sisihan piawai)

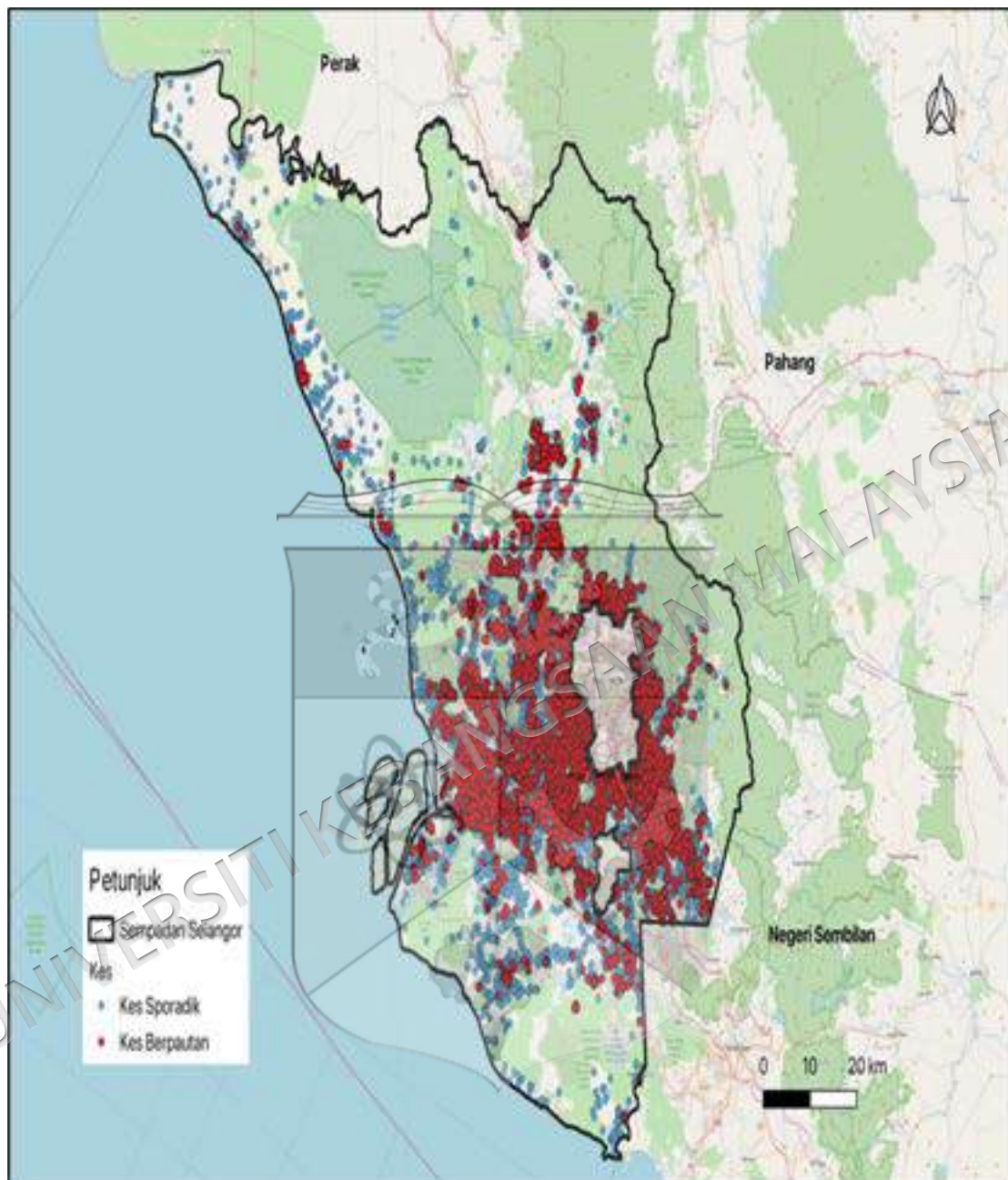
4.2.3 Pemetaan bagi Analisis Deskriptif

Pemetaan ini melengkapkan analisis deskriptif dengan menggambarkan taburan spatial kes denggi di Selangor, selaras dengan objektif pertama. Terdapat tiga peta dalam bahagian ini. Peta pertama menunjukkan taburan keseluruhan kes denggi di Selangor. Peta kedua dan ketiga menggambarkan dua kategori, iaitu kes sporadik dan kes berpautan, bagi membolehkan perbandingan corak taburan geografi antara kedua-dua kumpulan. Secara visual, dua corak utama diperhatikan daripada pemetaan ini, iaitu lokasi tumpuan kes berpautan serta perbezaan corak taburan geografi antara kes sporadik dan kes berpautan.

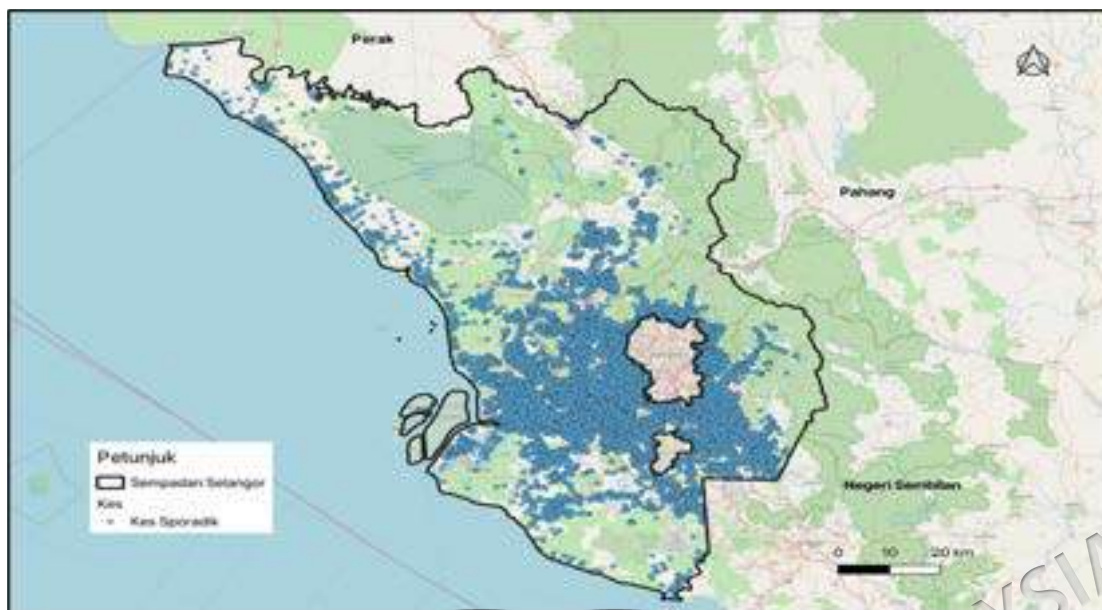
Berdasarkan peta yang dihasilkan, kes sporadik menunjukkan taburan yang lebih meluas di seluruh Selangor, manakala kes berpautan kelihatan lebih tertumpu di bahagian tengah dan barat Selangor, khususnya di sekitar Petaling, Hulu Langat, Klang dan Gombak. Di daerah lain, kes berpautan menunjukkan taburan yang lebih berselerak. Secara keseluruhan, pemetaan ini menunjukkan perbezaan corak taburan geografi antara kes sporadik dan kes berpautan.

Pemetaan mengikut daerah secara berasingan tidak dilakukan dalam bahagian ini kerana perincian struktur rangkaian mengikut daerah dibentangkan dalam Objektif 2 melalui SNA dan pemetaan mengikut kumpulan daerah. Ciri struktur rangkaian dianalisis dengan lebih terperinci dalam bahagian seterusnya merangkumi ukuran struktur rangkaian dan pemusatan mengikut daerah.

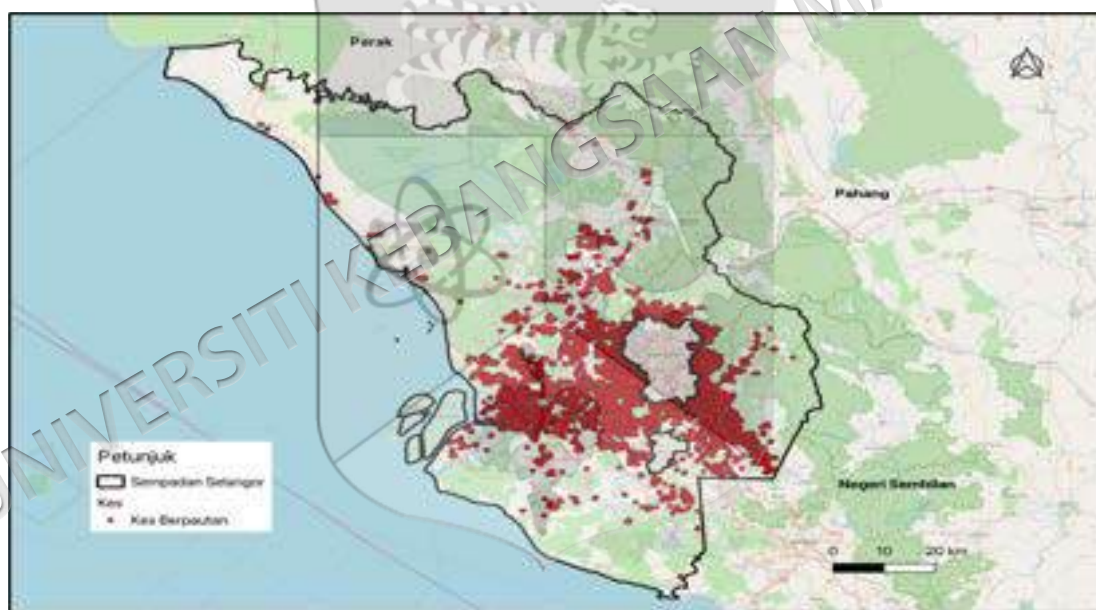
a. Pemetaan Kes Sporadik dan Kes Berpautan (Kes Keseluruhan) di Selangor



Rajah 4.1 Pemetaan kes sporadik dan kes berpautan denggi di Selangor



Rajah 4.2 Pemetaan kes sporadik denggi di Selangor



Rajah 4.3 Pemetaan kes berpautan denggi di Selangor

4.3 OBJEKTIF 2: MENCIRIKAN STRUKTUR RANGKAIAN PENULARAN DENGGI MENGGUNAKAN UKURAN RANGKAIAN DAN UKURAN PEMUSATAN MENGIKUT DAERAH

Bahagian ini membentangkan dapatan kajian mengikut objektif khusus kedua. Fokus utama adalah untuk menerangkan perbezaan struktur rangkaian penularan antara daerah

menggunakan ciri-ciri seperti saiz rangkaian, kepadatan, struktur komponen, jarak struktur, pengelompokan setempat dan struktur darjah nod.

Seterusnya, bahagian ini juga menghuraikan ukuran pemusatan pada aras nod dan rangkaian. Akhir sekali, visualisasi menggunakan graf rangkaian sebagai sokongan untuk menggambarkan corak pemusatan darjah nod, komponen terbesar dan atribut nod.

4.3.1 Ciri Struktur Rangkaian Mengikut Daerah

Analisis ciri struktur rangkaian penularan denggi mengikut daerah di Selangor menunjukkan bahawa struktur rangkaian sangat berbeza antara daerah (Jadual 4.3). Semua rangkaian dibina sebagai graf ringkas tidak berarah. Graf ringkas tidak berarah bermaksud graf yang tidak mempunyai gelung sendiri, tidak mempunyai lebih daripada satu pautan antara dua nod yang sama serta tanpa arah pada pautan.

Saiz rangkaian diukur melalui bilangan nod dan pautan. Bilangan nod adalah paling tinggi di DBT iaitu Petaling (12 978), Hulu Langat (11 470), diikuti Gombak (5613) dan Klang (5487). DBR mempunyai bilangan nod yang rendah bermula dengan Hulu Selangor (1188) dan Sepang (846). Kuala Langat (538), Kuala Selangor (432) dan Sabak Bernam (61) menunjukkan bilangan nod paling rendah. Corak yang sama diperhatikan bagi bilangan pautan, di mana Petaling paling tinggi (21 424) dan Hulu Langat (18 640), diikuti Gombak (8955) dan Klang (8630) sebelum menurun dengan ketara di daerah lain sehingga yang paling rendah di Sabak Bernam sebanyak 58 pautan.

Apabila dinilai melalui kepadatan (*density*) rangkaian, daerah dengan bilangan nod dan pautan yang tinggi menunjukkan kepadatan yang sangat rendah. DBT seperti Petaling dan Hulu Langat mempunyai kepadatan sekitar 0.00025–0.00028, manakala Klang dan Gombak sekitar 0.00057. Sebaliknya DBR menunjukkan kepadatan yang lebih tinggi seperti di Sabak Bernam (0.03169), Kuala Selangor (0.00435) dan Kuala Langat (0.00765). Dapatan ini menunjukkan DBT mempunyai saiz rangkaian besar tetapi kurang padat (jarang), manakala rangkaian di DBR lebih padat berbanding DBT walaupun saiz rangkaian adalah kecil. Kepadatan yang rendah menunjukkan bahawa

hubungan penularan denggi hanya melibatkan sebahagian kecil daripada keseluruhan pasangan kes dalam sesuatu daerah dan tidak tersebar secara menyeluruh dalam rangkaian.

Komponen bermaksud sekumpulan nod yang berhubung melalui pautan, tetapi terputus daripada nod lain di luar kumpulan tersebut. Ciri struktur komponen terdiri daripada bilangan komponen, saiz komponen terbesar serta purata saiz komponen. Bilangan komponen adalah paling tinggi di Petaling (2957) dan Hulu Langat (2351), diikuti Klang (1361) dan Gombak (1279), menunjukkan rangkaian di daerah ini berpecah kepada banyak komponen kecil. DBR mempunyai bilangan komponen yang lebih rendah terutama Sabak Bernam yang hanya mempunyai 21 komponen. Saiz komponen terbesar pula berbeza antara daerah, daripada hanya 6 nod di Sabak Bernam kepada 211 nod di Petaling dan 208 nod di Hulu Langat. Purata saiz komponen adalah kecil di semua daerah iaitu sekitar 2.76 hingga 4.88 nod. Corak ini menunjukkan bahawa secara purata, banyak kes berpautan yang berhubung membentuk kelompok kecil yang terdiri daripada tiga hingga lima kes di Selangor. Bilangan ini menunjukkan kemungkinan penularan yang berlaku di lokasi setempat kebanyakannya membentuk kelompok kecil di semua daerah.

Ukuran jarak struktur dinilai melalui panjang purata laluan terpendek dan diameter dalam komponen terbesar. Panjang purata laluan terpendek merujuk kepada purata bilangan pautan minimum yang menghubungkan setiap pasangan nod dalam komponen terbesar. Diameter merujuk kepada laluan terpendek yang paling panjang dalam komponen terbesar, iaitu jarak antara dua nod yang paling jauh antara satu sama lain. Hulu Langat mempunyai diameter tertinggi (32) dan panjang purata laluan terpendek paling panjang (12.75), menunjukkan komponen terbesar yang lebih memanjang dengan laluan yang lebih jauh antara nod paling hujung. Sebaliknya, DBR seperti Kuala Selangor dan Sabak Bernam mempunyai diameter yang jauh lebih rendah (3 dan 2) serta panjang purata laluan terpendek yang pendek (1.73 dan 1.07). Ini selari dengan saiz rangkaian yang kecil di daerah tersebut.

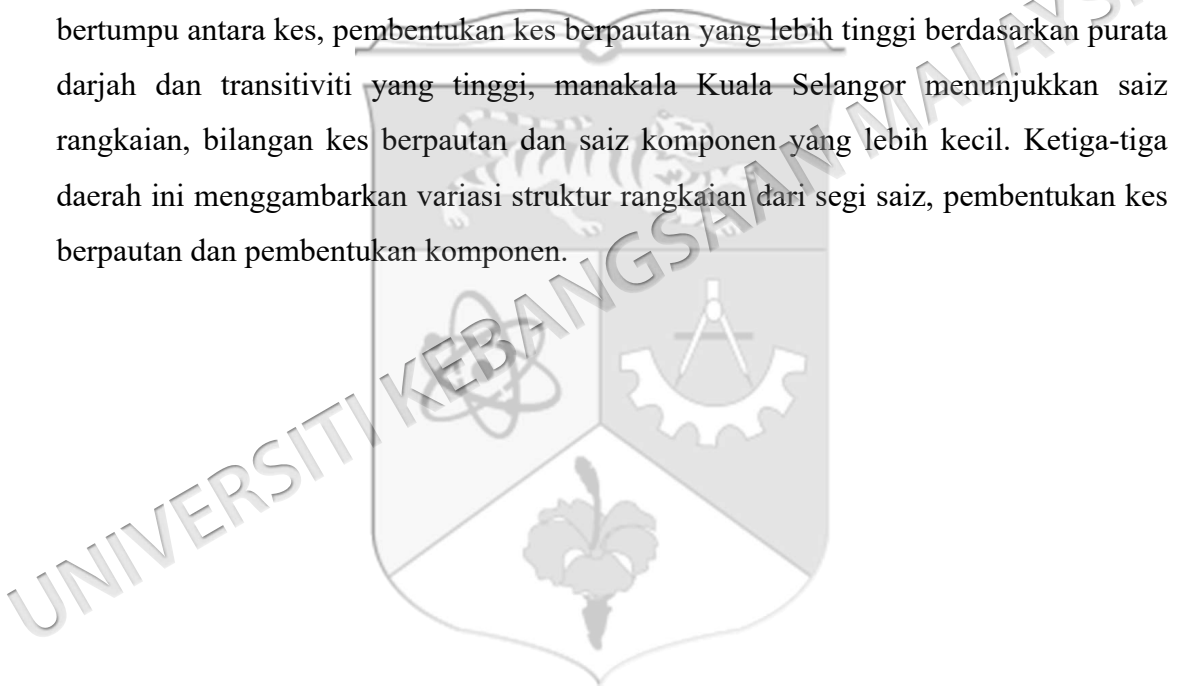
Pengelompokan setempat diukur menggunakan transitiviti global (*global transitivity*). Transitiviti global merujuk kepada nisbah bilangan segitiga (triad) tertutup berbanding jumlah keseluruhan triad dalam rangkaian. Ia digunakan sebagai ciri struktur dalaman rangkaian. Nilai yang tinggi menunjukkan kecenderungan tinggi nod-nod untuk membentuk triad tertutup sesama sendiri. Nilai transitiviti global adalah sederhana hingga tinggi di semua daerah (0.66–0.85). Nilai tertinggi adalah di Kuala Langat (0.85), diikuti Klang dan Kuala Selangor (0.76), manakala Gombak menunjukkan nilai terendah (0.66). Nilai transitiviti menunjukkan kecenderungan sederhana hingga tinggi bagi kes denggi untuk membentuk kelompok setempat. Corak ini mungkin mencerminkan pendedahan yang berulang atau kes yang bertindih (potensi kedudukan kediaman berdekatan) dalam ruang-masa yang sama di lokaliti tersebut.

Struktur darjah nod merujuk kepada corak bilangan pautan yang dimiliki oleh setiap nod dalam rangkaian. Struktur darjah nod dikaji melalui dua ukuran iaitu kesamaan ciri darjah (*degree assortativity*) dan pekali Gini (*gini coefficient*). Kesamaan ciri darjah (*degree assortativity*) merujuk kepada kecenderungan nod untuk berhubung dengan nod lain yang mempunyai darjah yang serupa, di mana nilai positif menunjukkan nod berdarjah tinggi cenderung berhubung sesama sendiri, manakala nilai negatif menunjukkan nod berdarjah tinggi lebih kerap berhubung dengan nod berdarjah rendah. Kesamaan ciri darjah dikira berdasarkan komponen terbesar bagi setiap daerah. Pekali Gini mengukur tahap ketaksamarataan darjah dalam rangkaian, iaitu sejauh mana pautan bertumpu kepada sebilangan kecil nod berbanding diagihkan secara sekata kepada semua nod. Kebanyakan daerah menunjukkan kesamaan ciri darjah (selepas ini disebut assortativiti) yang positif dalam komponen terbesar.

Dalam kalangan DBT, Petaling (0.729) dan Klang (0.725) mencatatkan nilai tertinggi, diikuti Gombak (0.553) dan Hulu Langat (0.410). Dalam kalangan DBR, corak adalah bercampur: Kuala Langat (0.677), Sepang (0.663) dan Hulu Selangor (0.612) menunjukkan nilai positif yang setanding DBT. Hanya Kuala Selangor (−0.199) dan Sabak Bernam (−0.400) yang menunjukkan nilai negatif, menunjukkan nod berdarjah tinggi berhubung dengan nod berdarjah rendah dalam rangkaian kecil tersebut. Dari segi ketaksamarataan darjah (*degree inequality*), pekali Gini mengukur

sejauh mana pautan bertumpu kepada sebilangan kecil nod berbanding diagihkan sekata. Kuala Langat menunjukkan nilai paling tinggi (0.57), diikuti Gombak (0.47) serta Petaling dan Hulu Selangor (0.46). Ini menunjukkan sebilangan kecil nod mempunyai pautan yang jauh lebih banyak berbanding nod lain dalam rangkaian daerah tersebut. Sebaliknya, Kuala Selangor dan Sabak Bernam mencatatkan nilai lebih rendah (0.33) menggambarkan taburan pautan yang lebih sekata antara nod dalam rangkaian yang bersaiz kecil.

Secara keseluruhan, perbezaan struktur rangkaian yang jelas dapat dilihat di Petaling, Kuala Langat dan Kuala Selangor. Petaling mempunyai rangkaian yang paling besar tetapi sangat jarang, Kuala Langat mempunyai rangkaian sederhana besar tetapi bertumpu antara kes, pembentukan kes berpautan yang lebih tinggi berdasarkan purata darjah dan transitiviti yang tinggi, manakala Kuala Selangor menunjukkan saiz rangkaian, bilangan kes berpautan dan saiz komponen yang lebih kecil. Ketiga-tiga daerah ini menggambarkan variasi struktur rangkaian dari segi saiz, pembentukan kes berpautan dan pembentukan komponen.



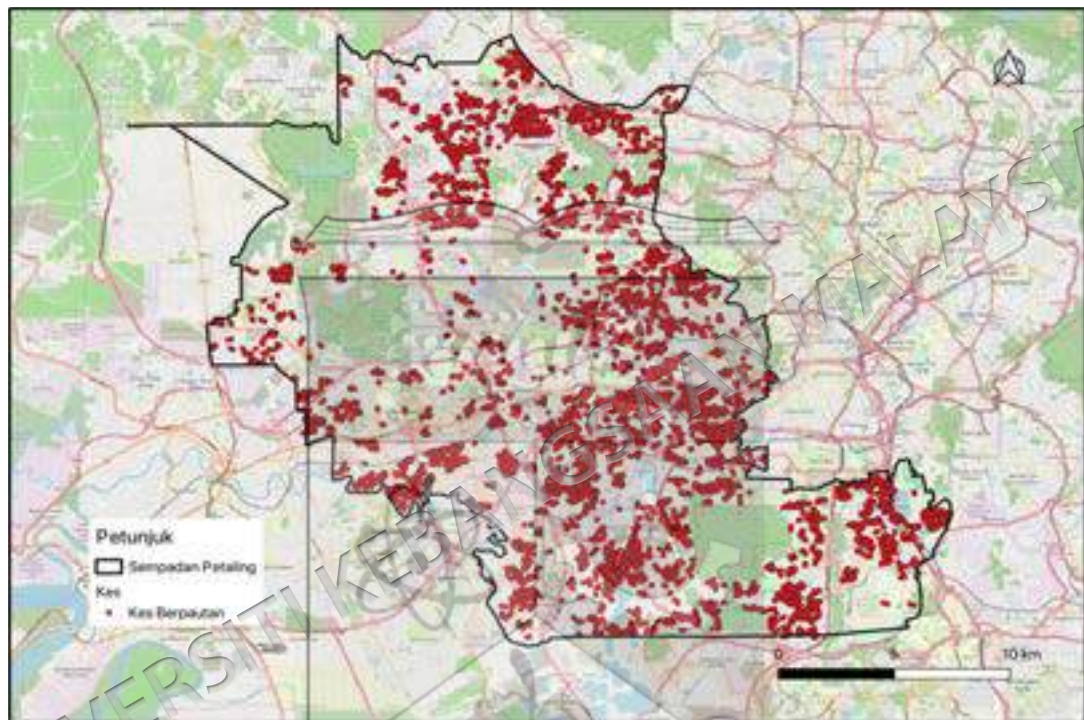
Jadual 4.3 Ciri-ciri struktur rangkaian penularan denggi mengikut daerah di Selangor

Ciri-ciri	Ukuran	Petaling	Hulu Langat	Klang	Gombak	Sepang	Hulu Selangor	Kuala Langat	Kuala Selangor	Sabak Bernam
Saiz	Bilangan nod	12 978	11 470	5487	5613	846	1188	538	432	61
	Bilangan pautan	21 424	18 640	8630	8955	742	2016	1105	405	58
Kepadatan	Kepadatan (<i>Density</i>)	0.00025	0.00028	0.00057	0.00057	0.00208	0.00286	0.00765	0.00435	0.03169
Struktur komponen	Bilangan komponen	2957	2351	1361	1279	307	266	144	152	21
	Saiz komponen terbesar	211	208	109	146	52	105	44	11	6
	Purata saiz komponen	4.39	4.88	4.03	4.39	2.76	4.47	3.74	2.84	2.9
Jarak struktur	Panjang purata laluan terpendek*	6.17	12.75	5.76	3.73	6.13	4.43	3.72	1.73	1.07
	Diameter *	19	32	16	13	17	12	10	3	2
Pengelompokan setempat	Transitiviti global (<i>Global transitivity</i>)	0.71	0.67	0.76	0.66	0.67	0.7	0.85	0.76	0.69
Struktur darjah nod	Kesamaan ciri darjah (<i>Degree Assortativity</i>)	0.729	0.410	0.725	0.553	0.663	0.612	0.677	-0.199	-0.400
	Pekali Gini (<i>Gini coefficient</i>)	0.46	0.43	0.45	0.47	0.34	0.46	0.57	0.33	0.33

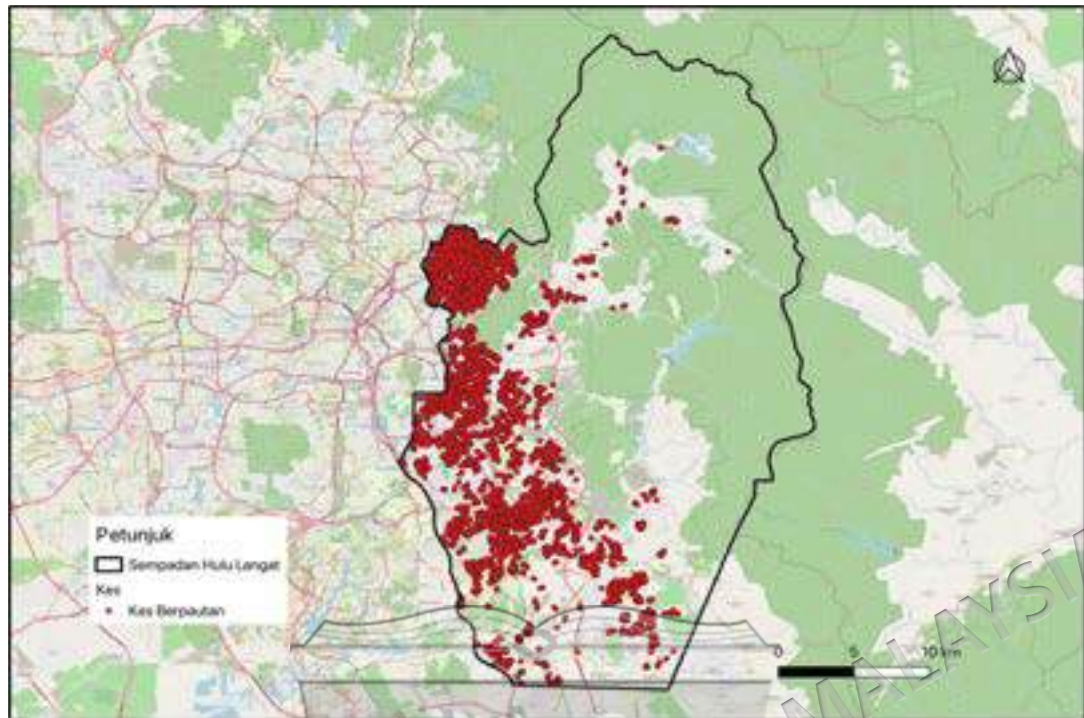
*Panjang purata laluan terpendek, diameter dan kesamaan ciri darjah dikira pada komponen terbesar.

Bagi melengkapkan pemahaman terhadap ciri struktur rangkaian yang dilaporkan dalam Jadual 4.3, pemetaan kes berpautan bagi setiap daerah ditunjukkan di bawah. Setiap rajah memaparkan taburan kes berpautan bagi setiap daerah. Ini bagi membolehkan perbandingan corak taburan dan pengelompokan kes berpautan yang lebih jelas antara daerah.

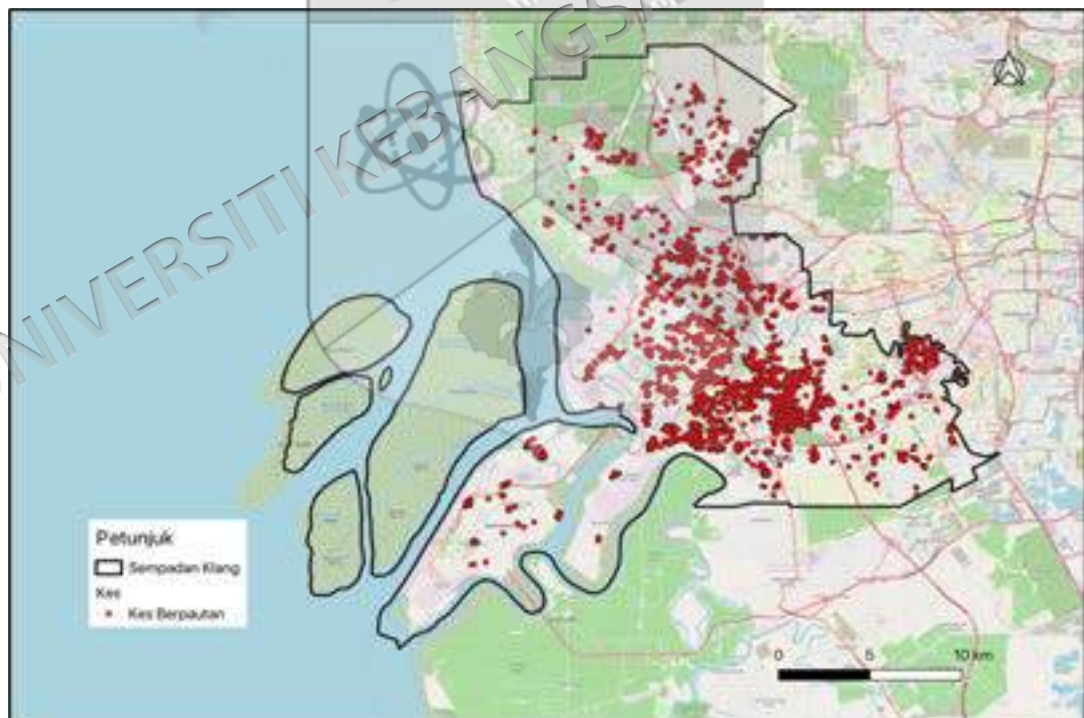
a. Pemetaan Kes Berpautan Mengikut Daerah



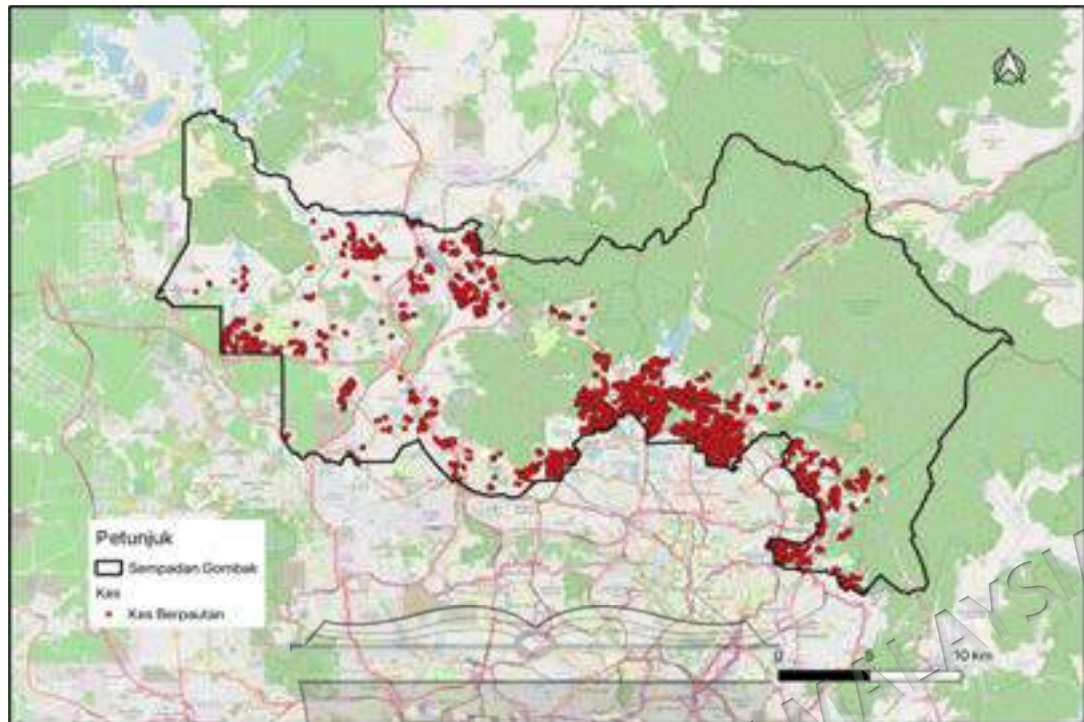
Rajah 4.4 Pemetaan kes berpautan di daerah Petaling



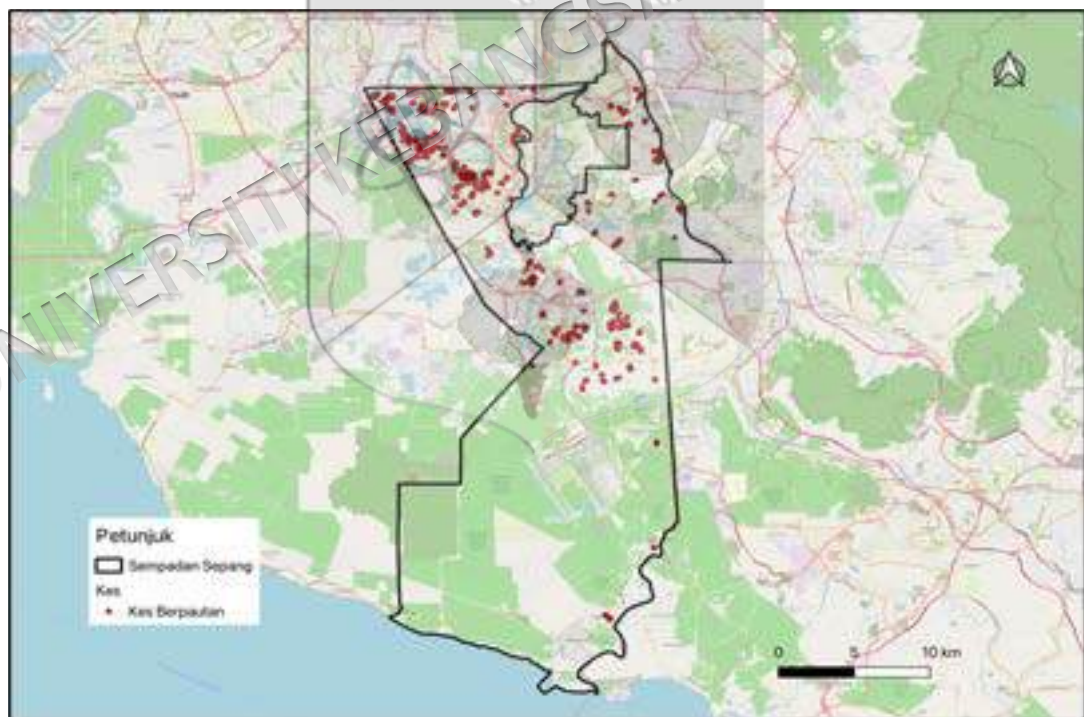
Rajah 4.5 Pemetaan kes berpautan di daerah Hulu Langat



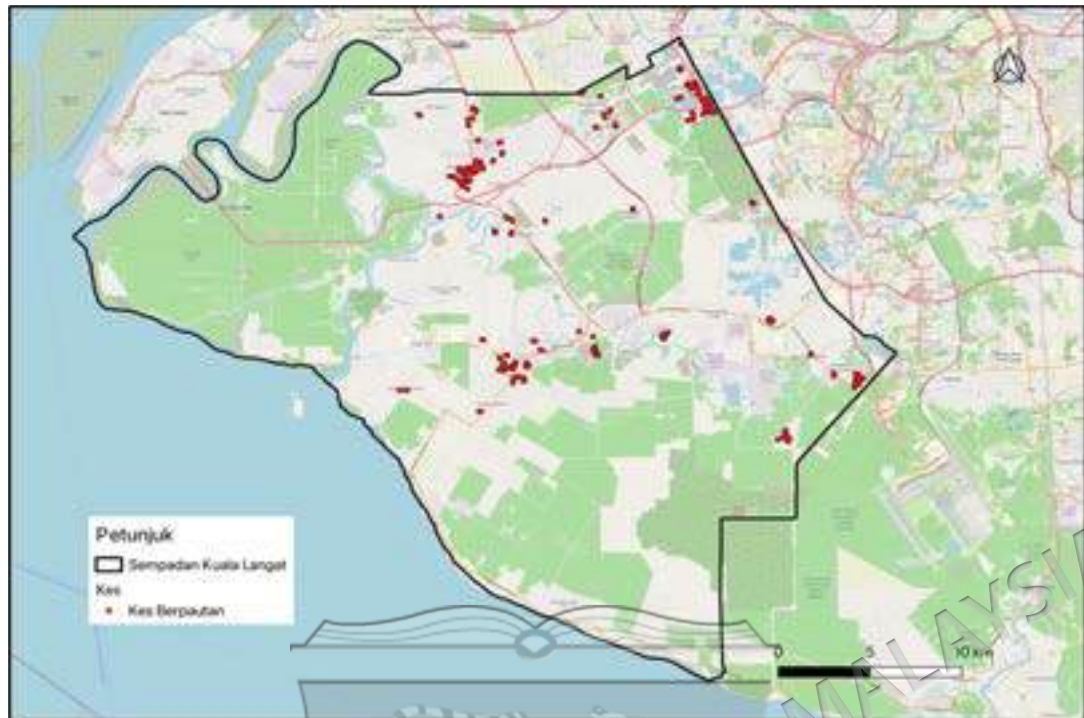
Rajah 4.6 Pemetaan kes berpautan di daerah Klang



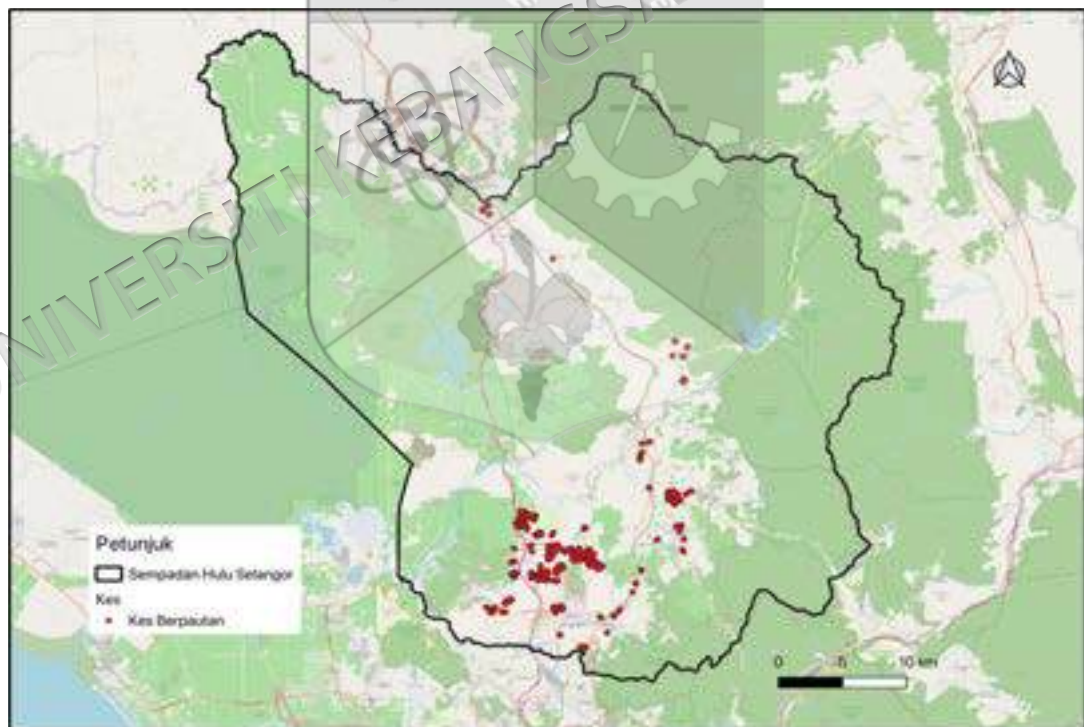
Rajah 4.7 Pemetaan kes berpautan di daerah Gombak



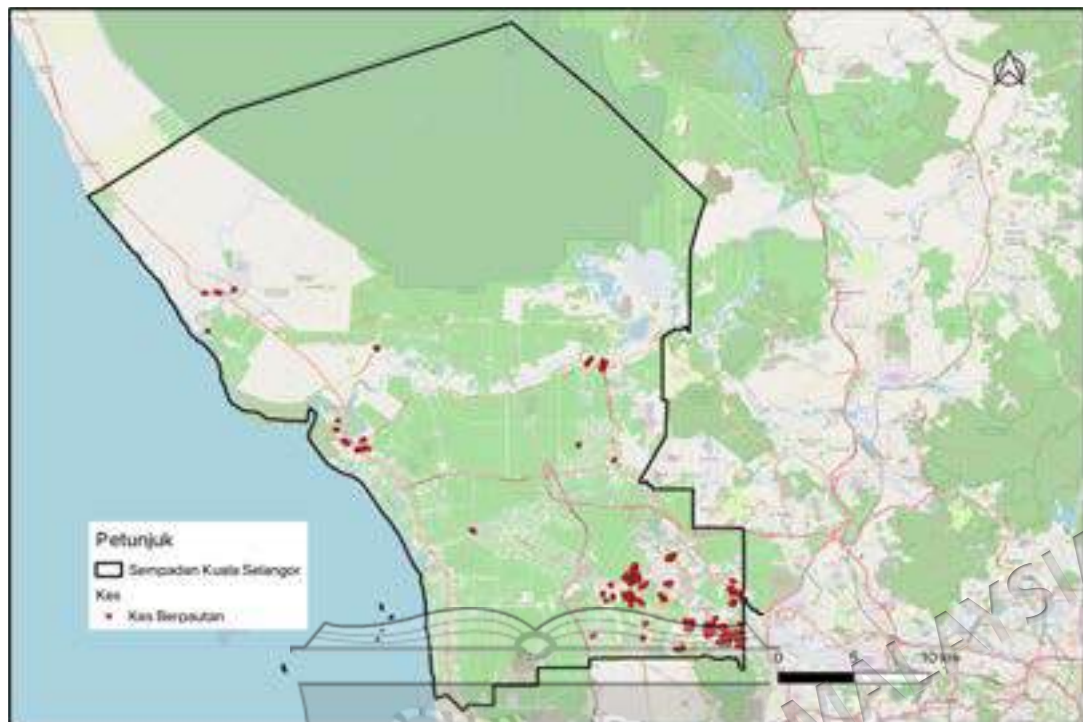
Rajah 4.8 Pemetaan kes berpautan di daerah Sepang



Rajah 4.9 Pemetaan kes berpautan di daerah Kuala Langat



Rajah 4.10 Pemetaan kes berpautan di daerah Hulu Selangor



Rajah 4.11 Pemetaan kes berpautan di daerah Kuala Selangor



Rajah 4.12 Pemetaan kes berpautan di daerah Sabak Bernam

Di DBT, pemetaan bagi Petaling, Hulu Langat, Klang dan Gombak menunjukkan kes berpautan tersebar luas merentasi kawasan yang luas dengan banyak komponen yang berasingan, selari dengan corak menjalar. Pemetaan bagi DBR

menunjukkan corak yang berbeza daripada DBT. Bagi Sepang, Hulu Selangor dan Kuala Langat, corak bertumpu kelihatan dengan beberapa komponen yang lebih berpusat berbanding taburan yang lebih tersebar luas di DBT. Bagi Kuala Selangor dan Sabak Bernam, pemetaan menunjukkan corak modular kecil iaitu beberapa komponen kecil yang berasingan tanpa satu kawasan dominan yang jelas, selaras dengan dapatan ciri struktur rangkaian dalam Jadual 4.3.

4.3.2 Ukuran Pemusatan Nod dan Rangkaian Mengikut Daerah

Dalam kajian ini, ukuran pemusatan merangkumi dua tahap analisis, iaitu ukuran pemusatan nod (*centrality*) yang menilai peranan nod individu dalam rangkaian, diikuti oleh ukuran pemusatan rangkaian (*centralization*) yang menilai sejauh mana keseluruhan rangkaian tertumpu kepada beberapa nod yang penting. Perbandingan ukuran pemusatan rangkaian menunjukkan variasi yang ketara antara daerah di Selangor bagi semua empat jenis ukuran pemusatan yang dikaji, iaitu pemusatan darjah, pemusatan perantaraan, pemusatan kedekatan harmonik dan pemusatan eigenvektor dalam Jadual 4.4.

a. Pemusatan Nod (*Centrality*)

i. Pemusatan Darjah Nod (*Degree Centrality*)

Darjah nod menggambarkan bilangan pautan pada nod. Semakin tinggi bilangan pautan semakin tinggi darjah nod. Dalam kajian ini pemusatan darjah nod yang tinggi boleh dianggap sebagai lokasi kediaman yang berpotensi berperanan sebagai lokaliti tumpuan (*hotspot*) penularan denggi. Pemusatan darjah nod diukur melalui purata darjah nod dan nilai darjah nod tertinggi. Purata darjah nod adalah rendah di semua daerah, sekitar 1.75–4.11 bagi kebanyakan nod. Nilai purata tertinggi adalah di Kuala Langat (4.11) dan Hulu Selangor (3.39), diikuti DBT seperti Petaling, Hulu Langat, Klang dan Gombak (sekitar 3.19–3.3). Daerah DBR seperti Sepang, Kuala Selangor dan Sabak Bernam menunjukkan purata darjah yang lebih rendah (1.75–1.9). Walau bagaimanapun, nilai darjah nod tertinggi adalah berbeza mengikut daerah. Gombak menunjukkan darjah nod paling tinggi (44), diikuti Petaling (33), Klang (30) dan Kuala Langat (27). Ini menunjukkan bahawa di kawasan yang lebih padat, wujud sebilangan kecil nod dengan pautan jauh lebih banyak daripada nod lain.

ii. Pemusatan Perantaraan Nod (*Betweenness Centrality*)

Perantaraan nod mengukur kekerapan sesuatu nod terletak pada laluan terpendek iaitu laluan dengan bilangan pautan minimum antara pasangan nod lain dalam rangkaian, di mana nod dengan perantaraan tinggi berfungsi sebagai jambatan dalam komponen. Pemusatan perantaraan nod dalam kajian ini diukur dengan nilai maksimum perantaraan. Nilai maksimum perantaraan nod adalah tinggi di Hulu Langat (10 977), diikuti Petaling (9943), Gombak (3346) dan Klang (2816). Ini menunjukkan bahawa di DBT, terdapat nod tertentu yang berperanan sebagai jambatan dalam rangkaian. Sebaliknya, di DBR seperti Kuala Selangor dan Sabak Bernam, nilai maksimum perantaraan adalah sangat rendah.

iii. Pemusatan Kedekatan Harmonik Nod (*Harmonic Closeness Centrality*)

Pemusatan kedekatan harmonik nod mengukur sejauh mana sesuatu nod mudah dicapai daripada nod lain dalam rangkaian berdasarkan bilangan pautan yang minimum. Nod yang tidak boleh dicapai tidak menyumbang kepada pengiraan berbanding pemusatan kedekatan biasa. Ini menjadikannya lebih sesuai untuk rangkaian yang berpecah kepada banyak komponen. Pemusatan ini diukur dengan nilai purata, nilai median dan julat antara kuartil (JAK). Memandangkan nod yang tidak boleh dicapai dalam rangkaian berpecah menyumbang nilai sifar kepada pemusatan kedekatan harmonik, taburannya adalah lebih pencong (*skewed*) berbanding ukuran pemusatan lain, justeru median dan julat antara kuartil turut dilaporkan. Purata pemusatan kedekatan harmonik nod menunjukkan perbezaan yang jelas antara DBT dan DBR. Nilai purata yang lebih tinggi di DBT iaitu Hulu Langat (7.27), Petaling (7.09). Sebaliknya di DBR, nilai purata yang lebih rendah di Sabak Bernam (2.22), Kuala Selangor (2.26) dan Sepang (2.68). Median pemusatan kedekatan harmonik menunjukkan corak yang sama dengan nilai tertinggi di Hulu Langat (Median = 4.00, JAK = 7.78), diikuti Hulu Selangor (Median = 3.50, JAK = 6.23) dan Petaling (Median = 3.17, JAK = 6.58). DBR menunjukkan nilai median yang lebih rendah dengan Sabak Bernam (Median = 1.50, JAK = 2.50) dan Kuala Selangor (Median = 1.50, JAK = 2.00).

iv. Pemusatan Eigenvektor Nod (*Eigenvector Centrality*)

Pemusatan eigenvektor nod mengukur pengaruh sesuatu nod berdasarkan bilangan pautannya dan sambungannya dengan nod berpengaruh. Nod berpengaruh merujuk kepada nod yang turut mempunyai banyak pautan dalam rangkaian. Dalam kajian ini, purata skor pemusatan eigenvektor dan peratusan nod berpengaruh dilaporkan bagi setiap daerah. Purata skor pemusatan eigenvektor nod adalah rendah merentasi semua daerah. DBR menunjukkan nilai purata yang lebih tinggi seperti Sabak Bernam (0.0935), Kuala Langat (0.0469), Kuala Selangor (0.019) dan Hulu Selangor (0.0169). Sebaliknya, nilai purata yang lebih rendah di DBT seperti Petaling (0.0025), Hulu Langat (0.0018), Klang (0.0047) dan Gombak (0.0076). Bagi menggambarkan sambungan nod dengan nod berpengaruh dengan lebih jelas, peratusan nod berpengaruh (eigenvektor ≥ 0.01) turut dilaporkan. Sabak Bernam mencatatkan peratusan nod berpengaruh tertinggi (9.84%), Kuala Langat (6.13%), Hulu Selangor (3.70%) dan Kuala Selangor (2.31%). DBT menunjukkan peratusan yang lebih rendah dengan Petaling (0.46%) dan Hulu Langat (0.37%).

b. Pemusatan Rangkaian (*Centralization*)

Dalam bahagian ini, pemusatan rangkaian diukur dengan empat ukuran yang sama seperti pemusatan nod iaitu pemusatan darjah, perantaraan, kedekatan harmonik dan eigenvektor. Ia dikira pada peringkat keseluruhan rangkaian bagi menilai tahap tumpuan struktur secara menyeluruh berbanding pemusatan nod. Nilai pemusatan rangkaian berkisar antara 0 hingga 1 bagi kesemua empat ukuran, di mana nilai menghampiri 1 menunjukkan rangkaian sangat bertumpuan dan nilai menghampiri 0 menunjukkan ciri rangkaian tersebar secara sekata kepada semua nod. Bagi pemusatan darjah rangkaian, tumpuan merujuk kepada bilangan pautan. Bagi pemusatan perantaraan rangkaian, tumpuan merujuk kepada laluan terpendek. Tumpuan pemusatan kedekatan harmonik rangkaian merujuk kepada jarak struktur dan bagi pemusatan eigenvektor rangkaian, tumpuan merujuk kepada pengaruh nod.

i. Pemusatan Darjah Rangkaian (*Degree Centralization*)

Pemusatan darjah rangkaian adalah paling tinggi di Sabak Bernam (0.0516) dan Kuala Langat (0.0426), diikuti Sepang (0.0157) dan Kuala Selangor (0.0142). Ini

menunjukkan bahawa rangkaian di DBR lebih tertumpu kepada sebilangan kecil nod berdarjah tinggi. Sebaliknya, DBT seperti Petaling (0.0023) dan Hulu Langat (0.0015) mempunyai pemusatan darjah rangkaian yang sangat rendah. Walaupun terdapat nod berdarjah tinggi, keseluruhan struktur menunjukkan taburan sambungan yang lebih seimbang, tanpa satu nod yang mendominasi sepenuhnya dari segi bilangan sambungan.

ii. Pemusatan Perantaraan Rangkaian (*Betweenness Centralization*)

Nilai pemusatan perantaraan rangkaian adalah rendah di semua daerah, dengan nilai antara 0.0001 hingga 0.0025. Nilai paling tinggi dicatatkan di Kuala Langat (0.0025), diikuti Hulu Selangor (0.0019), Sepang (0.0018) dan Sabak Bernam (0.0015). Di DBT seperti Petaling, Hulu Langat, Klang dan Gombak, nilai pemusatan perantaraan sangat hampir kepada sifar. Kuala Selangor juga menunjukkan nilai pemusatan yang rendah (0.0002).

iii. Pemusatan Kedekatan Harmonik Rangkaian (*Harmonic Closeness Centralization*)

Nilai pemusatan kedekatan harmonik rangkaian adalah tinggi merentasi semua daerah dengan julat antara 0.5644–0.9171. Gombak menunjukkan nilai tertinggi (0.9171) dan Petaling (0.9118), diikuti Klang (0.8950) dan Sepang (0.8889). Di DBR pula, nilai yang lebih rendah adalah di Sabak Bernam (0.5644) dan Kuala Selangor (0.7511). Kuala Langat (0.8066) dan Sepang (0.8889) mencatatkan nilai yang lebih tinggi berbanding daerah DBR yang lain.

iv. Pemusatan Eigenvektor Rangkaian (*Eigenvector Centralization*)

Semua daerah menunjukkan nilai pemusatan eigenvektor rangkaian yang sangat tinggi melebihi 0.93, dengan julat antara 0.9373–0.9984. Nilai tertinggi bermula dengan Hulu Langat (0.9984), Petaling (0.9976), Klang (0.9956), Gombak (0.9928), Sepang (0.9867), Kuala Selangor (0.9855) dan Hulu Selangor (0.9848). Kuala Langat (0.9567) dan Sabak Bernam (0.9373) mencatatkan nilai yang lebih rendah berbanding daerah lain.

Jadual 4.4 Ukuran pemusatan nod dan pemusatan rangkaian mengikut daerah di Selangor

Pemusatan	Ukuran	Petaling	Hulu Langat	Klang	Gombak	Sepang	Hulu Selangor	Kuala Langat	Kuala Selangor	Sabak Bernam
Darjah (<i>Degree</i>)	Purata darjah nod (<i>Average Degree</i>)	3.30	3.25	3.15	3.19	1.75	3.39	4.11	1.88	1.90
	Darjah nod tertinggi	33	21	30	44	15	20	27	8	5
	Rangkaian (<i>Centralization</i>)	0.0023	0.0015	0.0049	0.0073	0.0157	0.014	0.0426	0.0142	0.0516
Perantaraan (<i>Betweenness</i>)	Maksimum	9943	10 977	2816	3346	638	1393	372	17	3
	Rangkaian (<i>Centralization</i>)	0.0001	0.0002	0.0002	0.0002	0.0018	0.0019	0.0025	0.0002	0.0015
Kedekatan Harmonik (<i>Harmonic closeness</i>)	Purata	7.09	7.27	5.33	6.73	2.68	6.94	5.85	2.26	2.22
	Median**	3.17	4.00	3.00	3.17	1.00	3.50	2.50	1.50	1.50
	JAK***	6.58	7.78	5.50	5.50	1.50	6.23	5.56	2.00	2.50
	Rangkaian (<i>Centralization</i>)	0.9118	0.8242	0.8950	0.9171	0.8889	0.8404	0.8066	0.7511	0.5644
Eigenvektor (<i>Eigenvector</i>)	Purata	0.0025	0.0018	0.0047	0.0076	0.0157	0.0169	0.0469	0.019	0.0935
	% Nod Berpengaruh*	0.46	0.37	0.97	1.89	2.96	3.70	6.13	2.31	9.84
	Rangkaian (<i>Centralization</i>)	0.9976	0.9984	0.9956	0.9928	0.9867	0.9848	0.9567	0.9855	0.9373

*% Nod Berpengaruh = peratusan nod dengan eigenvektor ≥ 0.01 **Median dan ***JAK (julat antara kuartil) dilaporkan bagi pemusatan kedekatan harmonik memandangkan taburan adalah pencong.

4.3.3 Visualisasi Corak Pemusatan dan Atribut Nod dalam Rangkaian

Bahagian ini membentangkan visualisasi menggunakan graf rangkaian bagi menyokong dapatan yang telah diterangkan dalam subseksyen 4.3.1 dan 4.3.2. Ia digunakan untuk menggambarkan corak pemusatan darjah nod mengikut daerah dan menunjukkan bagaimana nod berdarjah tinggi tertumpu dalam kumpulan atribut tertentu. Graf rangkaian ini bersifat deskriptif serta menyediakan asas visual bagi pemodelan ERGM yang akan dibentangkan dalam Bahagian 4.4.

Dalam semua graf rangkaian, saiz nod adalah mengikut darjah (bilangan pautan). Semakin banyak pautan semakin besar saiz nod tersebut. Warna nod digunakan untuk membezakan komponen atau kategori atribut nod bergantung kepada tujuan rajah. Bagi daerah Petaling, Hulu Langat, Klang, Gombak, Sepang dan Hulu Selangor, graf rangkaian disusun dalam satu bulatan di bahagian dalam dan bentuk satu gelung di luar. Bulatan di bahagian dalam mewakili teras rangkaian yang merangkumi hampir 50% daripada jumlah pautan, terdiri daripada komponen bersaiz 20 nod atau lebih bagi Petaling dan Hulu Langat, 10 nod atau lebih bagi Klang dan Gombak, serta 5 nod atau lebih bagi Sepang dan Hulu Selangor. Gelung luar pula mewakili saiz komponen yang kurang dari saiz komponen dalam teras rangkaian. Bagi daerah lain seperti Kuala Langat, Kuala Selangor dan Sabak Bernam, graf rangkaian memaparkan keseluruhan komponen secara serentak tanpa pemisahan teras dan gelung luar kerana saiz rangkaian yang kecil boleh dipaparkan lebih jelas tanpa pemisah.

a. Graf Rangkaian Pemusatan Darjah Nod Mengikut Daerah

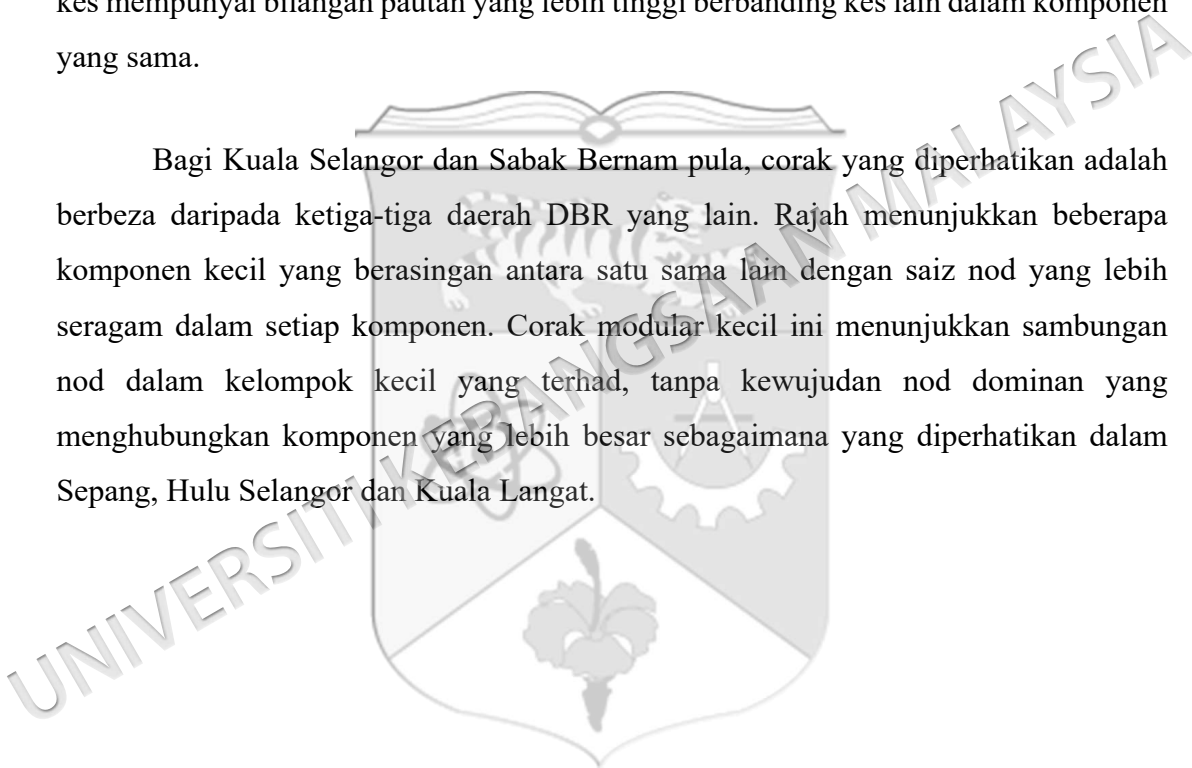
Bahagian ini memaparkan graf rangkaian bagi setiap daerah, dengan saiz nod mewakili darjah dan warna nod mewakili lapan komponen berdarjah tinggi. Visualisasi ini membolehkan pemerhatian terhadap pemusatan darjah nod.

Di DBT seperti Petaling, Hulu Langat, Klang dan Gombak, rangkaian kelihatan padat dengan nod yang membentuk banyak komponen. Dalam rajah, ini digambarkan sebagai banyak kelompok nod berwarna berbeza dengan beberapa saiz nod yang jauh lebih besar berbanding nod lain, menunjukkan kewujudan nod dominan yang

mempunyai bilangan pautan tinggi. Graf rangkaian di DBT menunjukkan lapan komponen yang besar mempunyai sambungan yang memanjang ketara yang konsisten dengan corak menjalar.

DBR menunjukkan corak yang berbeza daripada DBT dalam rajah rangkaian. Bagi Sepang, Hulu Selangor dan Kuala Langat, rajah menunjukkan corak rangkaian bertumpu dengan bilangan komponen yang sedikit, namun setiap komponen mengandungi beberapa nod yang kelihatan lebih besar berbanding nod lain dalam komponen masing-masing. Perbezaan saiz nod ini menggambarkan bahawa sebilangan kes mempunyai bilangan pautan yang lebih tinggi berbanding kes lain dalam komponen yang sama.

Bagi Kuala Selangor dan Sabak Bernam pula, corak yang diperhatikan adalah berbeza daripada ketiga-tiga daerah DBR yang lain. Rajah menunjukkan beberapa komponen kecil yang berasingan antara satu sama lain dengan saiz nod yang lebih seragam dalam setiap komponen. Corak modular kecil ini menunjukkan sambungan nod dalam kelompok kecil yang terhad, tanpa kewujudan nod dominan yang menghubungkan komponen yang lebih besar sebagaimana yang diperhatikan dalam Sepang, Hulu Selangor dan Kuala Langat.



(a) Daerah Petaling

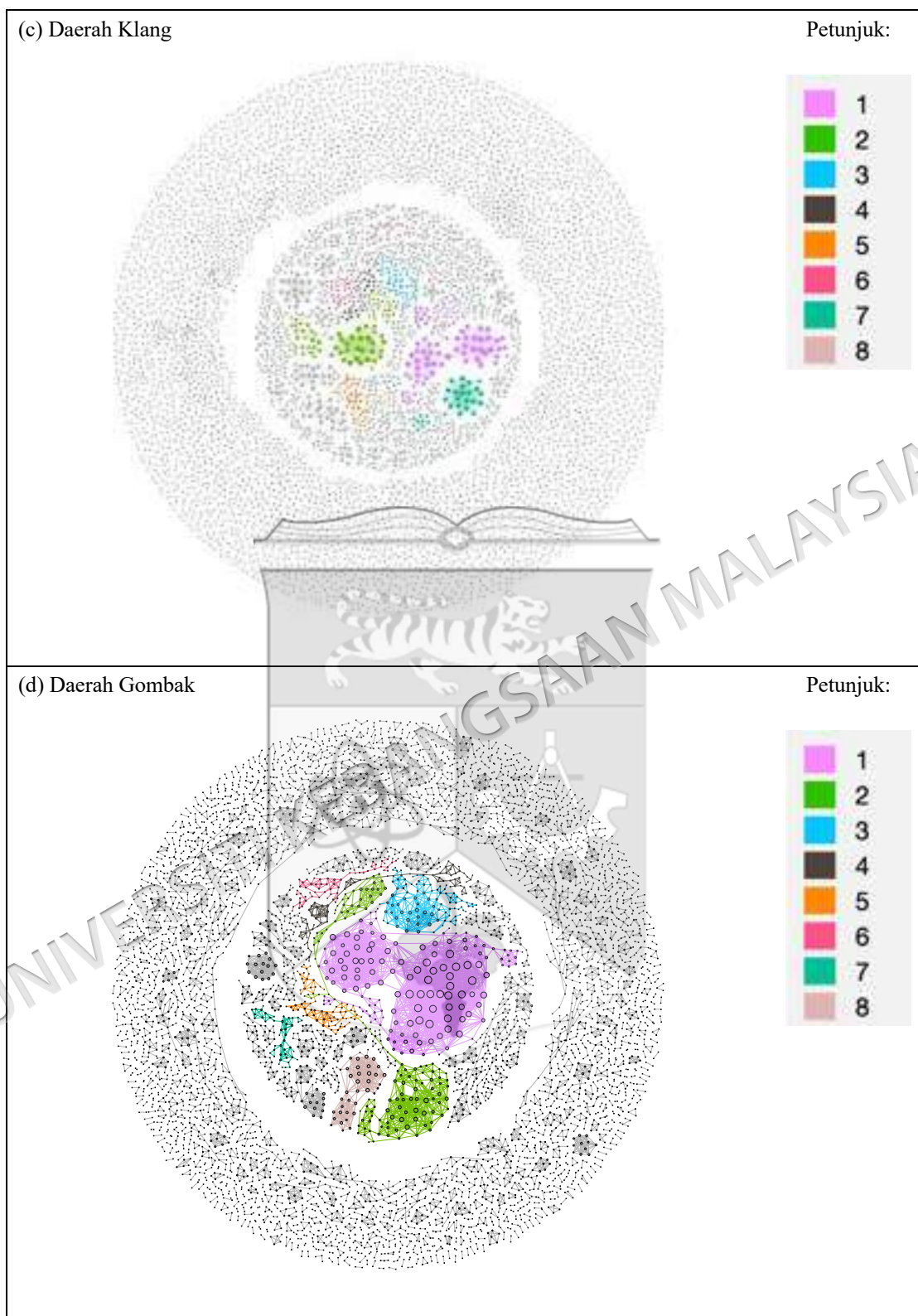
Petunjuk:



(b) Daerah Hulu Langat

Petunjuk:





Rajah 4.13 Graf rangkaian penularan denggi berdasarkan pemusatan darjah nod bagi daerah berkepadatan tinggi (DBT). Warna nod mewakili lapan komponen terbesar dalam rangkaian, manakala komponen lain dipaparkan dalam warna kelabu, saiz nod mewakili darjah nod.

(e) Daerah Sepang

Petunjuk:



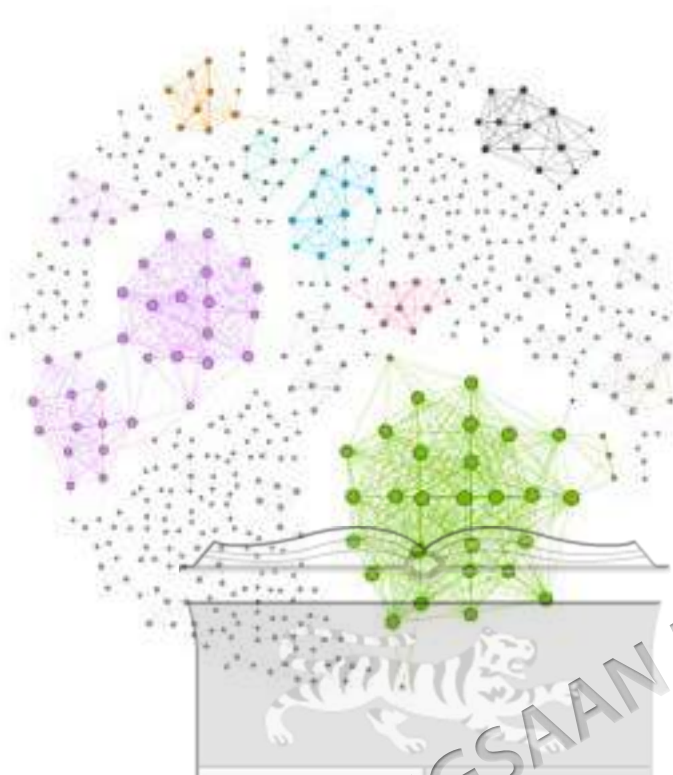
(f) Daerah Hulu Selangor

Petunjuk:



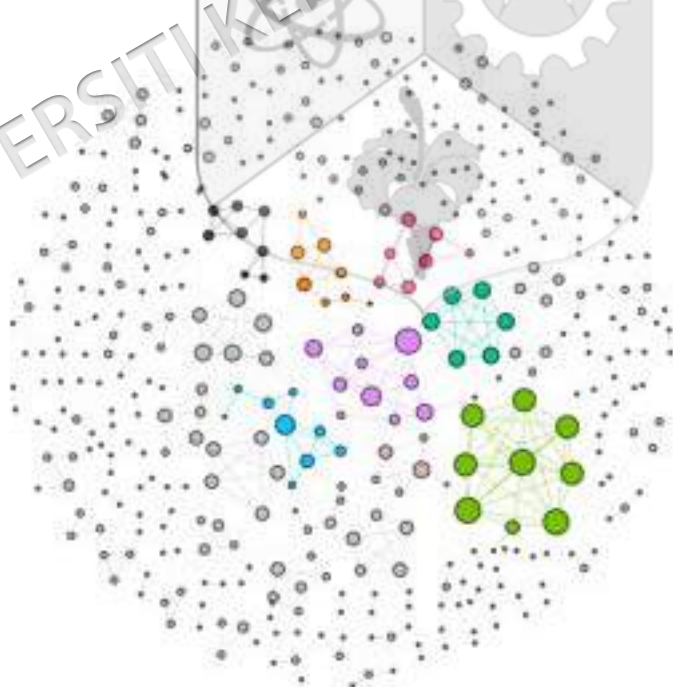
(g) Daerah Kuala Langat

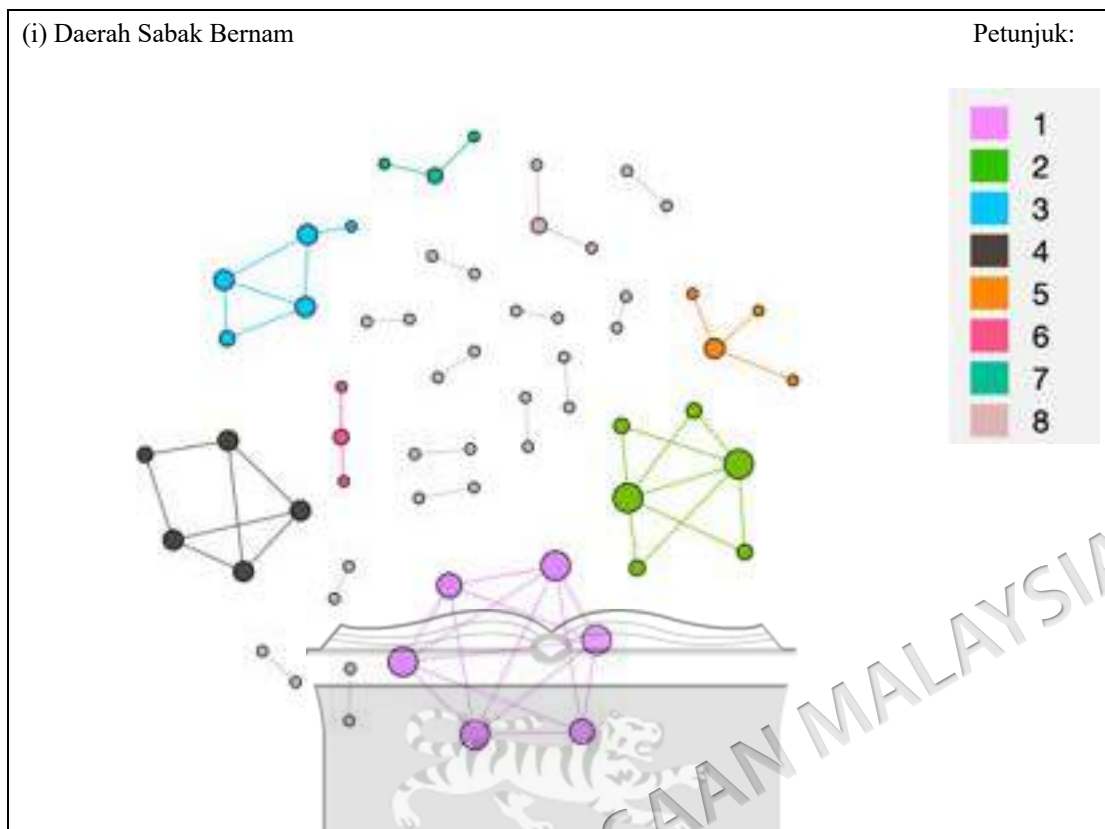
Petunjuk:



(h) Daerah Kuala Selangor

Petunjuk:





Rajah 4.14 Graf rangkaian penularan denggi mengikut pemusatan darjah nod bagi daerah berkepadatan rendah (DBR). Warna nod mewakili lapan komponen terbesar dalam rangkaian, manakala komponen lain dipaparkan dalam warna kelabu. Saiz nod mewakili darjah nod.

b. Visualisasi Pemusatan Darjah Mengikut Atribut Nod

Bahagian ini memfokuskan kepada bagaimana corak nod berdarjah tinggi dalam kumpulan atribut tertentu menggunakan graf rangkaian. Visualisasi ini bersifat deskriptif dan bertujuan mengenal pasti corak pengelompokan atribut nod secara visual bagi melengkapkan analisis struktur rangkaian dalam Bahagian 4.3.1 dan 4.3.2.

Dua daerah wakil digunakan iaitu Klang bagi DBT dan Kuala Langat bagi DBR. Klang dipilih kerana menunjukkan struktur rangkaian yang jelas dalam kalangan DBT serta kesan homofili jenis kediaman dan status kewarganegaraan yang kuat dalam pemodelan ERGM. Kuala Langat pula dipilih sebagai wakil DBR kerana mempunyai struktur rangkaian yang lebih kecil tetapi menunjukkan pemusatan darjah dan kesan homofili jenis kediaman yang jelas. Pemilihan kedua-dua daerah ini bertujuan

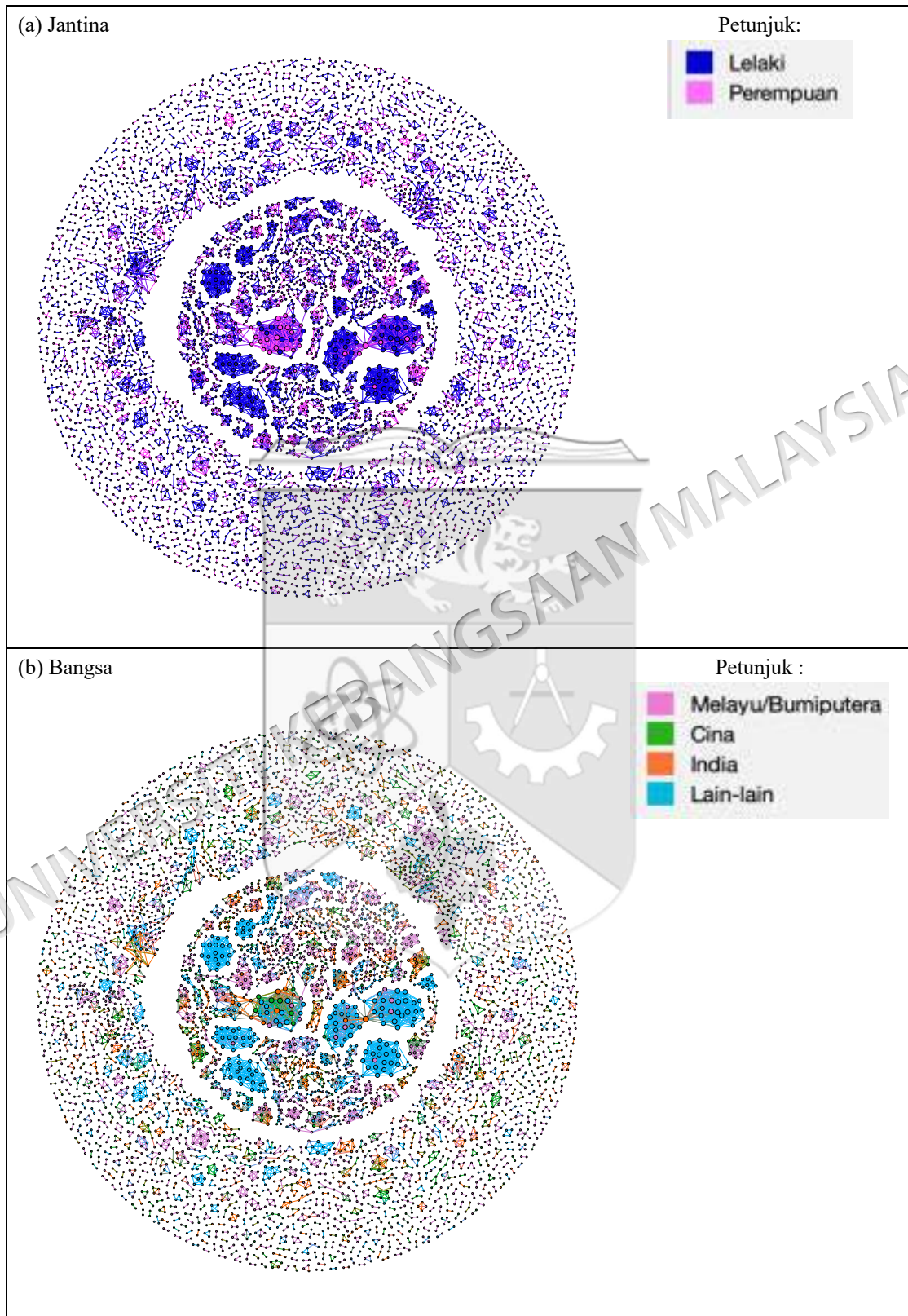
memberikan ilustrasi visual bagi dua konteks rangkaian yang berbeza tanpa mengulangi visualisasi bagi kesemua sembilan daerah. Saiz nod menggambarkan bilangan pautan. Semakin besar saiz nod semakin tinggi bilangan pautan (nod berdarjah tinggi).

Daripada kesemua atribut yang divisualkan, corak homofili paling ketara diperhatikan bagi jenis kediaman dan status kewarganegaraan di kedua-dua daerah wakil. Di Klang, komponen-komponen besar kelihatan didominasi oleh satu jenis kediaman sahaja, di mana nod bangunan tinggi membentuk komponen yang berasingan daripada penghuni bangunan rendah, dan komponen nod bukan warganegara turut kelihatan terasing secara jelas daripada komponen nod warganegara. Corak yang serupa diperhatikan di Kuala Langat walaupun pada skala rangkaian yang lebih kecil, dengan pengelompokan mengikut jenis kediaman dan kewarganegaraan tetap kelihatan dengan jelas dalam komponen rangkaian.

Bagi atribut pekerjaan dan bangsa, corak pengelompokan dapat dikesan di kedua-dua daerah wakil namun kurang ketara berbanding jenis kediaman dan kewarganegaraan. Nod pelajar kelihatan terlibat dalam beberapa komponen yang lebih besar, manakala pengelompokan mengikut bangsa turut dapat diperhatikan walaupun dengan pencampuran yang lebih tinggi antara kategori. Bagi atribut jantina pula, nod lelaki dan perempuan tersebar merentasi komponen tanpa pengelompokan yang ketara di kedua-dua daerah wakil.

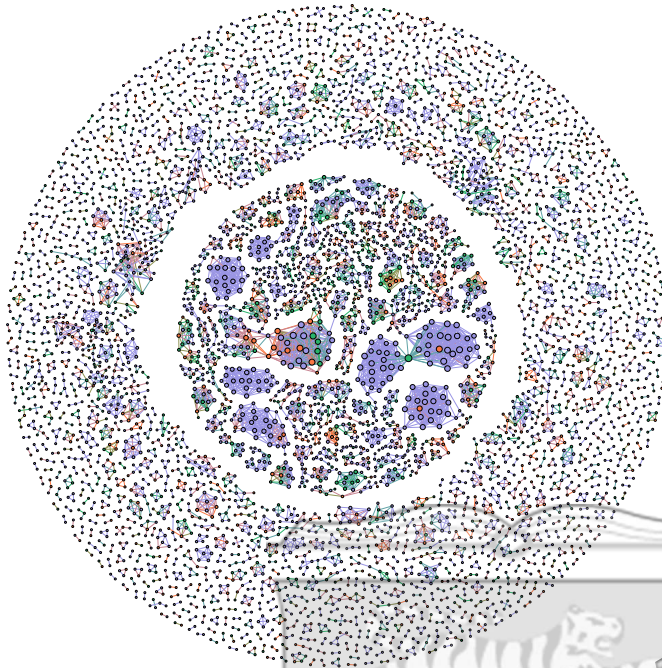
Graf ini menunjukkan bahawa corak homofili wujud dalam rangkaian pautan denggi, dengan jenis kediaman dan kewarganegaraan menunjukkan pengelompokan yang paling ketara secara visual. Corak pengelompokan mengikut kategori dalam atribut ini menyediakan asas visual bagi pemilihan faktor seperti homofili yang diuji secara statistik melalui pemodelan ERGM.

i. Atribut Daerah Klang



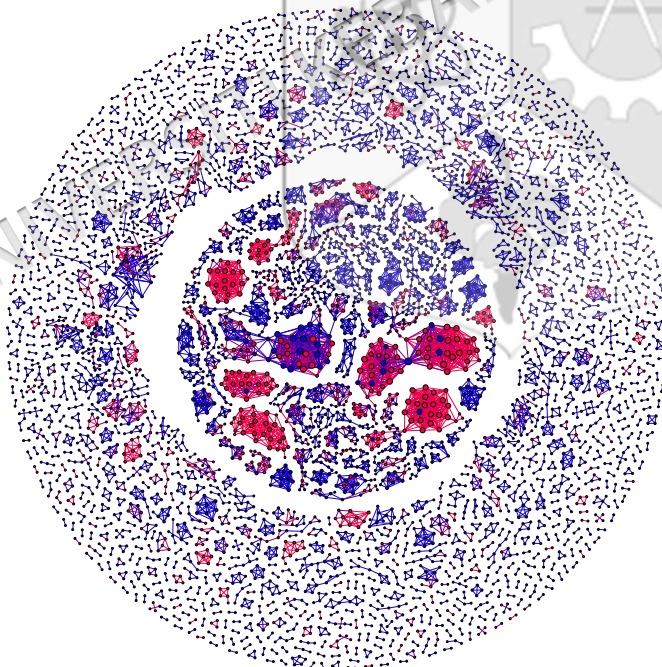
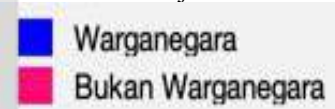
(c) Kategori Pekerjaan

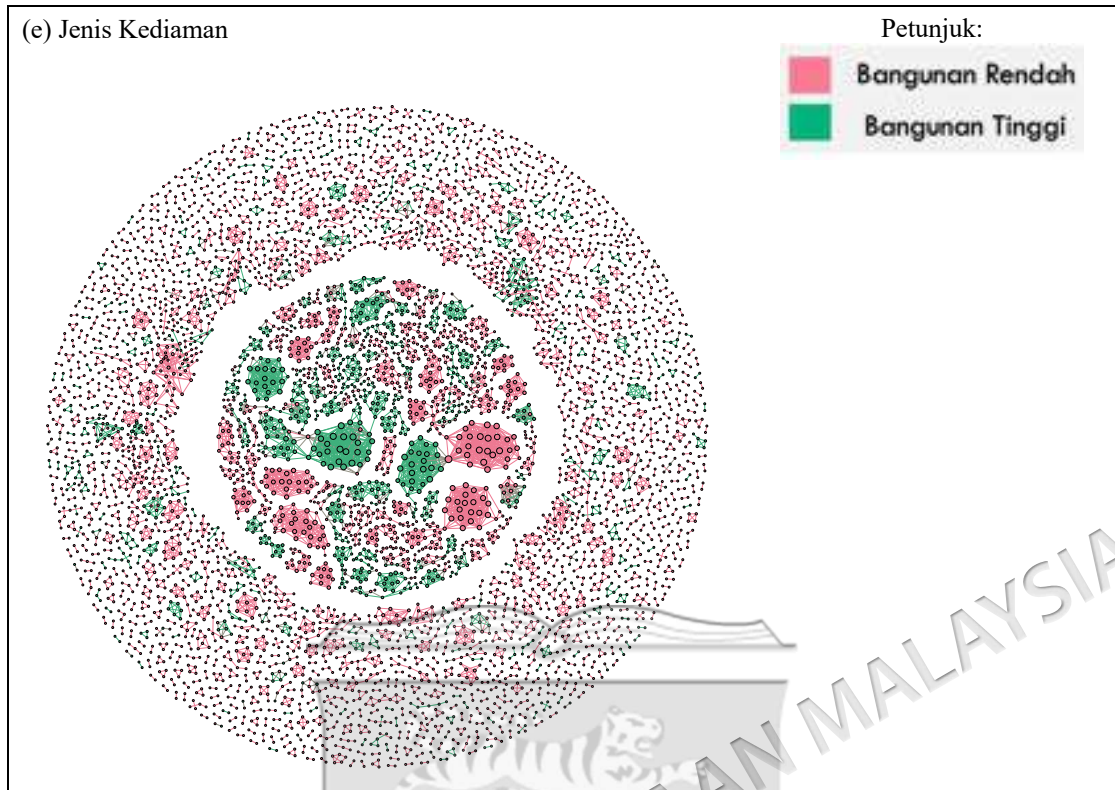
Petunjuk:



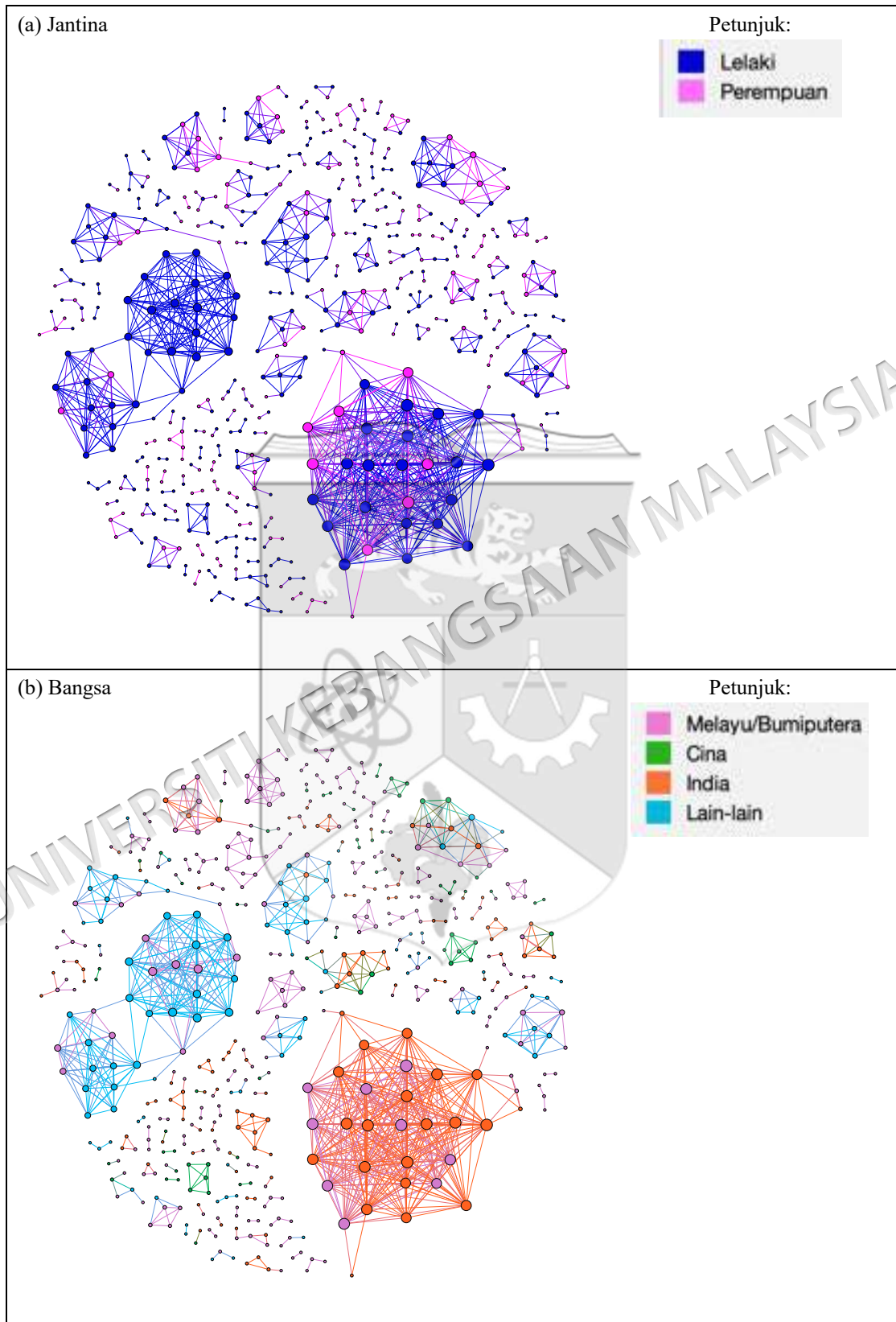
(d) Status Kewarganegaraan

Petunjuk:



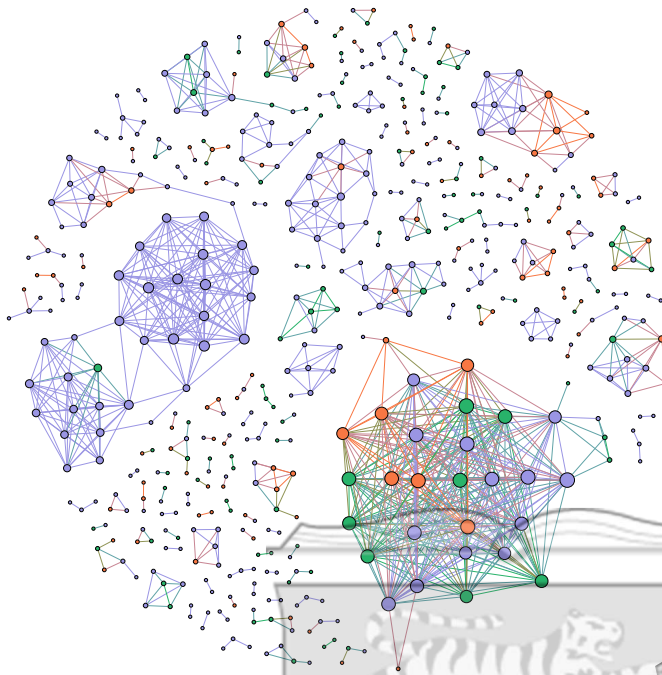


Rajah 4.15 Visualisasi graf rangkaian penularan denggi mengikut atribut nod di daerah Klang sebagai wakil daerah berkepadatan tinggi (DBT): (a) jantina, (b) bangsa, (c) kategori pekerjaan, (d) status kewarganegaraan dan (e) jenis kediaman. Saiz nod mewakili darjah nod, iaitu bilangan pautan bagi setiap kes, manakala warna nod mewakili kategori atribut seperti yang ditunjukkan dalam petunjuk bagi setiap graf

ii. Atribut Daerah Kuala Langat

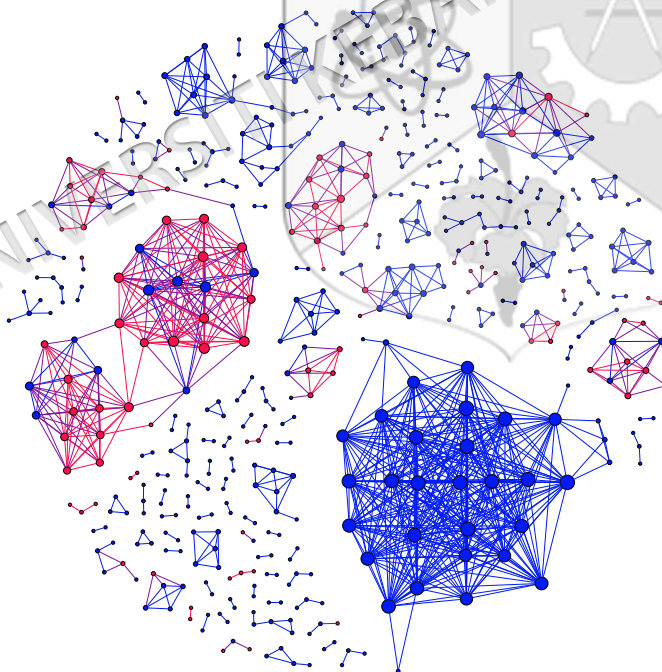
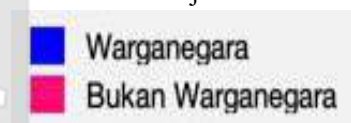
(c) Kategori Pekerjaan

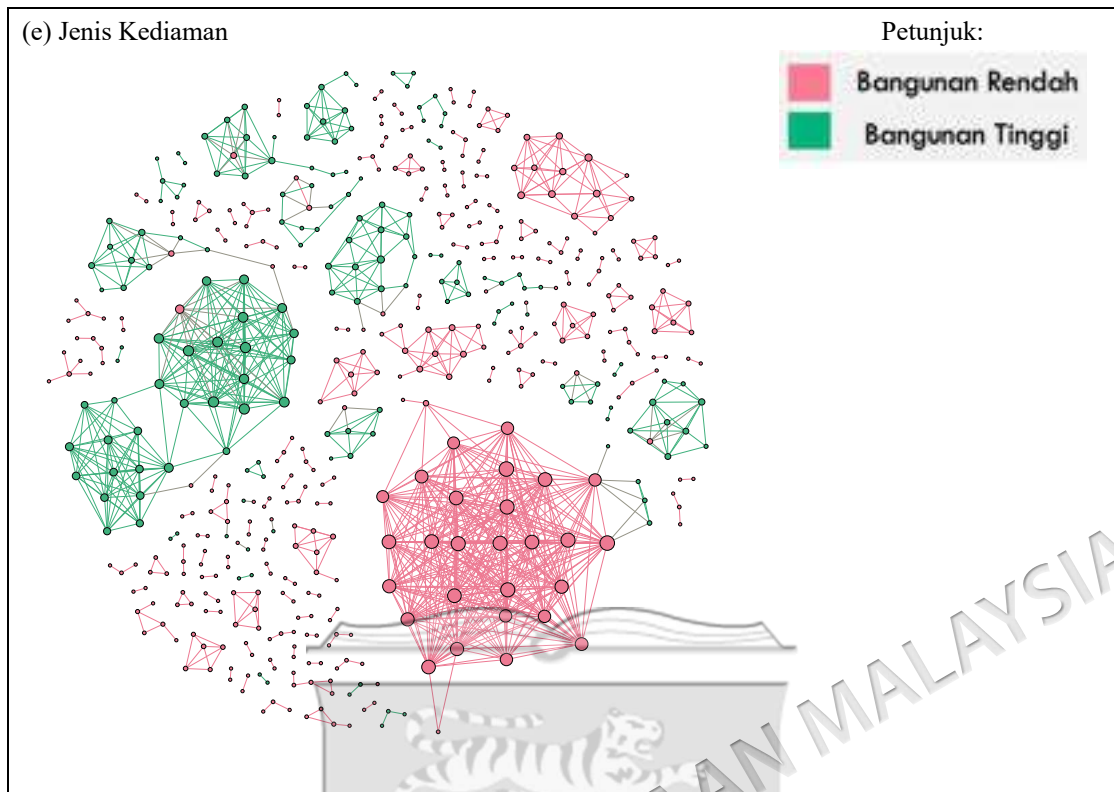
Petunjuk:



(d) Status Kewarganegaraan

Petunjuk:





Rajah 4.16 Visualisasi graf rangkaian penularan denggi mengikut atribut nod di daerah Kuala Langat sebagai wakil daerah berkepadatan rendah (DBR): (a) jantina, (b) bangsa, (c) kategori pekerjaan, (d) status kewarganegaraan dan (e) jenis kediaman. Saiz nod mewakili darjah nod, iaitu bilangan pautan bagi setiap kes, manakala warna nod mewakili kategori atribut seperti yang ditunjukkan dalam petunjuk bagi setiap graf

Dapatan Objektif 2 menunjukkan bahawa struktur rangkaian penularan denggi di Selangor adalah tidak seragam. Kesemua rangkaian menunjukkan kepadatan yang sangat rendah dan berpecah kepada banyak komponen kecil merentasi semua daerah, dengan transitiviti sederhana hingga tinggi. DBT menunjukkan bilangan komponen yang tinggi, saiz komponen terbesar yang tinggi, pemusatan darjah dan perantaraan nod yang rendah serta assortativiti positif. DBR seperti Sepang, Hulu Selangor dan Kuala Langat menunjukkan pemusatan darjah rangkaian dan peratusan nod berpengaruh yang lebih tinggi berbanding DBT. Kuala Selangor dan Sabak Bernam menunjukkan assortativiti negatif dan komponen yang sangat kecil berbanding daerah lain. Perbezaan ciri struktur rangkaian antara daerah ini dibincangkan dengan lebih lanjut dalam Bab 5.

4.3.4 Analisis Sensitiviti Struktur Rangkaian

Analisis sensitiviti ini dilakukan untuk menilai sama ada pencirian struktur rangkaian kekal stabil apabila spesifikasi ambang ruang-masa diubah. Analisis dilakukan dengan kombinasi ambang jarak (100 m, 200 m, 300 m) dan ambang masa (7, 14, 21 hari). Analisis sensitiviti SNA dijalankan bagi kesemua sembilan daerah. Bagi tujuan pelaporan dalam Bab 4, Petaling dan Sepang dipaparkan sebagai wakil DBT dan DBR kerana menunjukkan corak perubahan struktur rangkaian yang konsisten dengan daerah lain. Dapatan tujuh daerah lain disertakan dalam Lampiran E. Jadual 4.5 dan 4.6 menunjukkan dapatan analisis sensitiviti bagi rangkaian di Petaling dan Sepang.

Di daerah Petaling, apabila ambang jarak dan ambang masa ditambah, bilangan nod meningkat daripada 6477 (100 m–7 hari) kepada 12 978 (200 m–14 hari) dan 17 101 (300 m–21 hari). Kepadatan kekal rendah iaitu antara 0.00023 hingga 0.00034. Bilangan komponen meningkat dari 2280 pada ambang 100 m–7 hari kepada 2992 (200 m–7 hari), sebelum menurun kepada 1692 (300 m–21 hari) apabila komponen kecil mula bercantum. Saiz komponen terbesar meningkat ketara daripada 71 nod pada ambang 100 m–7 hari kepada 211 nod (200 m–14 hari) dan seterusnya 1126 nod (300 m–21 hari). Purata darjah meningkat daripada 2.01 kepada 5.80 manakala darjah maksimum meningkat daripada 17 kepada 64. Bagi daerah Sepang, corak yang serupa turut diperhatikan. Bilangan nod meningkat daripada 212 (100 m–7 hari) kepada 846 (200 m–14 hari) dan 1396 (300 m–21 hari). Kepadatan kekal rendah merentasi semua spesifikasi iaitu antara 0.00183 hingga 0.00720. Saiz komponen terbesar meningkat daripada 8 kepada 133 nod. Purata darjah meningkat sedikit daripada 1.52 kepada 2.55.

Sebagai kesimpulan, walaupun berlaku perubahan apabila ambang ruang-masa berbeza namun ciri asas rangkaian kekal sama. Rangkaian masih berkepadatan rendah, berpecah kepada banyak komponen, serta mempunyai purata darjah yang rendah hingga sederhana. Corak ini menyokong bahawa pencirian struktur rangkaian di dalam kajian ini adalah stabil dan tidak bergantung kepada spesifikasi ambang ruang-masa tertentu. Oleh itu, spesifikasi ambang ruang-masa 200 meter dan tempoh 14 hari yang dipilih adalah memadai untuk digunakan sebagai definisi pautan dalam objektif 2 ini.

Jadual 4.5 Analisis sensitiviti bagi struktur rangkaian daerah Petaling

Ukuran	100 m-7 hari	100 m-14 hari	100 m-21 hari	200 m-7 hari	200 m-14 hari	200 m-21 hari	300 m-7 hari	300 m-14 hari	300 m-21 hari
Bilangan nod	6477	8642	10 109	10 131	12 978	14 508	13 177	15 909	17 101
Bilangan pautan	6520	11 052	15 363	12 266	21 424	30 152	19 638	34 954	49 570
Kepadatan	0.00031	0.00030	0.00030	0.00024	0.00025	0.00029	0.00023	0.00028	0.00034
Bilangan komponen	2280	2666	2762	2992	2957	2596	3056	2321	1692
Saiz komponen terbesar	71	114	132	130	211	411	225	916	1126
Purata saiz komponen	2.84	3.24	3.66	3.39	4.4	5.6	4.31	6.85	10.11
Purata darjah	2.01	2.56	3.04	2.42	3.30	4.16	2.98	4.39	5.80
Darjah nod tertinggi	17	25	37	24	33	46	29	43	64

Jadual 4.6 Analisis sensitiviti bagi struktur rangkaian daerah Sepang

Ukuran	100 m-7 hari	100 m-14 hari	100 m-21 hari	200 m-7 hari	200 m-14 hari	200 m-21 hari	300 m-7 hari	300 m-14 hari	300 m-21 hari
Bilangan nod	212	431	618	526	846	1068	786	1162	1396
Bilangan pautan	161	306	442	413	742	1054	687	1242	1778
Kepadatan	0.00720	0.00330	0.00232	0.00299	0.00208	0.00185	0.00223	0.00184	0.00183
Bilangan komponen	90	183	259	216	307	348	292	357	354
Saiz komponen terbesar	8	11	11	19	52	56	26	69	133
Purata saiz komponen	2.36	2.36	2.39	2.44	2.76	3.07	2.69	3.25	3.94
Purata darjah	1.52	1.42	1.43	1.57	1.75	1.97	1.75	2.14	2.55
Darjah nod tertinggi	7	8	9	14	15	17	17	20	22

4.4 OBJEKTIF 3: MENGENAL PASTI FAKTOR ATRIBUT NOD (KATEGORI PEKERJAAN), FAKTOR HOMOFILI NOD (JENIS KEDIAMAN DAN STATUS KEWARGANEGARAAN) DAN FAKTOR STRUKTUR DALAM RANGKAIAN (GWDEGREE, GWESP, GWDSP) YANG MEMPENGARUHI PEMBENTUKAN PAUTAN DALAM RANGKAIAN PENULARAN DENGGI MENGIKUT DAERAH

4.4.1 Pengenalan

Model Graf Rawak Eksponen (*Exponential Random Graph Model*, ERGM) telah dijalankan bagi menjawab objektif khusus ketiga. Pendekatan ini membolehkan penilaian terhadap faktor yang mempengaruhi pembentukan pautan dalam rangkaian penularan denggi mengikut daerah. Bahagian ini merangkumi empat subseksyen utama iaitu: (i) analisis ERGM mengikut daerah (4.4.2); (ii) diagnostik dan kesesuaian model ERGM (4.4.3); (iii) analisis sensitiviti ERGM (4.4.4); dan (iv) pemetaan kes berpautan mengikut daerah (4.4.5).

4.4.2 Analisis ERGM Mengikut Daerah

Model ERGM telah dijalankan secara berasingan bagi setiap daerah di Selangor menggunakan kes berpautan sahaja. Dalam model akhir, faktor atribut nod yang dimasukkan ialah kategori pekerjaan (pelajar dan tidak bekerja, dengan kategori bekerja sebagai rujukan), faktor homofili status kewarganegaraan (padanan warganegara dan padanan bukan warganegara), dan faktor homofili jenis kediaman (padanan bangunan tinggi dan padanan bangunan rendah). Bagi faktor struktur, kebergantungan kepada taburan darjah nod dimodelkan menggunakan terma *geometrically weighted degree* (gwdegree) dengan nilai decay 0.25. Pemboleh ubah lain seperti bangsa tidak dimasukkan dalam model akhir kerana menunjukkan korelasi yang tinggi dengan status kewarganegaraan, manakala jantina dan umur didapati tidak signifikan dan memberi kesan kepada kestabilan model apabila dimasukkan serentak. Justeru, faktor yang dipilih ini mewakili kombinasi faktor atribut, homofili dan struktur dalaman rangkaian yang paling stabil dan boleh ditafsir.

Dapatan Model 3 dipaparkan dalam Jadual 4.7. Mengikut susunan jadual, keputusan bagi parameter sisi (*edges*) dan struktur dalaman rangkaian gwdegree dilaporkan sebagai nilai eksponen pekali, $\exp(\beta)$, berserta selang keyakinan 95% (*confidence interval*, CI). Parameter atribut nod dan homofili dilaporkan sebagai nisbah

odd (*odds ratio*, OR) berserta 95% CI. Kriteria pemilihan model yang dipaparkan merangkumi nilai kebolehjadian log, Kriteria Maklumat Akaike (*Akaike Information Criterion*, AIC) dan Kriteria Maklumat Bayesian (*Bayesian Information Criterion*, BIC). Pemilihan model akhir dibuat berdasarkan kriteria pemilihan model iaitu kebolehjadian log, AIC dan BIC di setiap model berperingkat merentasi sembilan daerah di Selangor. Kesesuaian model akhir pula dinilai melalui diagnostik MCMC dan analisis kesesuaian model (GOF).

Dari segi tafsiran model, nilai OR dan $\exp(\beta)$ melebihi 1 menunjukkan peningkatan kecenderungan pembentukan pautan, manakala nilai kurang daripada 1 menunjukkan penurunan kecenderungan pembentukan pautan. Bagi parameter struktur rangkaian, nilai $\exp(\beta)$ bagi terma sisi menunjukkan kecenderungan asas pembentukan pautan, manakala nilai $\exp(\beta)$ bagi *gwdegree* menunjukkan arah perubahan kecenderungan pembentukan pautan yang berkaitan dengan taburan darjah nod.

Dalam Lampiran F hingga Lampiran M, keputusan setiap parameter model ERGM berperingkat model satu hingga tiga dilaporkan mengikut susunan pekali log-odd atau anggaran β berserta ralat piawai (*standard error*, SE), diikuti nilai eksponen pekali, $\exp(\beta)$, berserta 95% CI dan nilai-*p*. Bagi parameter atribut nod dan homofili, $\exp(\beta)$ ditafsirkan sebagai nisbah odd (*odds ratio*, OR). Untuk daerah Sabak Bernam, dapatan ERGM dilaporkan secara penerokaan sahaja kerana terma atribut nod tidak mencapai penumpuan semasa proses anggaran model disebabkan bilangan nod yang terlalu kecil dalam kategori pekerjaan (pelajar), status kewarganegaraan (bukan warganegara) dan jenis kediaman (bangunan tinggi) (rujuk jadual 4.2). Justeru hanya terma struktur dalaman rangkaian yang berjaya dianggar dan dilaporkan.

a. Parameter Asas Rangkaian iaitu Pautan

Di semua daerah, parameter sisi (*edges*) menunjukkan nilai pekali log-odd (β) yang negatif dan signifikan dengan nilai eksponen pekali, $\exp(\beta)$ yang sangat kecil. Dapatan ini mengukur kecenderungan asas bagi dua kes membentuk pautan dalam rangkaian adalah rendah, sejajar dengan sifat rangkaian yang jarang seperti yang ditunjukkan oleh nilai kepadatan yang rendah dalam analisis struktur rangkaian. Di DBT yang mempunyai rangkaian besar seperti Petaling, Hulu Langat, Klang dan Gombak, $\exp(\beta)$

bagi parameter sisi berada dalam julat sekitar 0.000055 hingga 0.00024. DBR seperti Sepang, Hulu Selangor, Kuala Langat, Kuala Selangor dan Sabak Bernam, nilai $\exp(\beta)$ masih kekal kecil walaupun sedikit lebih tinggi, iaitu antara 0.0001–0.014. Corak ini konsisten dengan dapatan bahawa rangkaian penularan denggi adalah jarang, berkepadatan rendah, berpecah kepada banyak komponen dan mempunyai purata darjah yang rendah di kebanyakan daerah.

b. Atribut Nod bagi Kategori Pekerjaan

Bagi atribut nod kategori pekerjaan, model menunjukkan bahawa status pelajar dikaitkan dengan kecenderungan pembentukan pautan dalam beberapa daerah utama. Di Petaling, Hulu Langat, Klang dan Hulu Selangor, nisbah odd bagi kategori pelajar berbanding bekerja adalah melebihi 1 dan signifikan, iaitu masing-masing 1.07 (95% CI: 1.05–1.10), 1.11 (95% CI: 1.08–1.13), 1.099 (95% CI: 1.05–1.15) dan 1.16 (95% CI: 1.06–1.26). Ini menunjukkan bahawa nod yang mewakili pelajar lebih berkemungkinan terlibat dalam pembentukan pautan berbanding nod bekerja dalam rangkaian penularan denggi di daerah-daerah tersebut. Di Gombak, Sepang dan Kuala Selangor, nilai anggaran bagi pelajar hampir kepada 1 dengan julat keyakinan yang merangkumi 1, contohnya Gombak 1.03 (95% CI: 0.99–1.07), Sepang 1.10 (95% CI: 0.93–1.31) dan Kuala Selangor 1.04 (95% CI: 0.81–1.32), menunjukkan tiada perbezaan yang jelas antara pelajar dan bekerja dari segi kecenderungan pembentukan pautan.

Bagi kategori tidak bekerja, nilai nisbah odd bagi kebanyakan daerah berada hampir kepada 1, mencadangkan tiada perbezaan ketara berbanding kategori bekerja. Sebagai contoh, di Petaling nilai OR ialah 1.01 (95% CI: 0.98–1.04), di Hulu Langat 0.99 (95% CI: 0.97–1.02) dan di Klang 0.99 (95% CI: 0.94–1.03). Di Gombak, kategori tidak bekerja kurang cenderung membentuk pautan dengan nilai OR 0.95 (95% CI: 0.91–0.98), manakala di Sepang nilai OR 0.83 (95% CI: 0.68–1.01) berada hampir kepada nilai neutral. Namun begitu, di Hulu Selangor, kategori tidak bekerja mempamerkan nisbah odd yang lebih tinggi dan signifikan berbanding bekerja, iaitu 1.16 (95% CI: 1.07–1.25), menunjukkan bahawa dalam konteks daerah tersebut, individu yang tidak bekerja mempunyai kecenderungan yang lebih besar untuk terlibat dalam pautan rangkaian berbanding mereka yang bekerja. Kecenderungan kategori

pekerjaan terhadap pembentukan pautan adalah sederhana dan tidak sekata merentas daerah, dengan sumbangan yang lebih menonjol bagi kategori pelajar di beberapa DBT.

c. Homofili Status Kewarganegaraan

Bagi status kewarganegaraan, analisis menunjukkan bahawa padanan dua kes dengan status kewarganegaraan yang sama adalah lebih cenderung membentuk pautan berbanding padanan yang berbeza status, dengan magnitud yang berbeza mengikut kategori dan daerah.

Padanan warganegara menunjukkan kecenderungan yang sederhana di kebanyakan daerah, iaitu Petaling (OR = 1.40; 95% CI: 1.35–1.45), Hulu Langat (OR = 1.25; 95% CI: 1.20–1.31) dan Klang (OR = 1.52; 95% CI: 1.43–1.61). Walau bagaimanapun, di Gombak, padanan warganegara didapati kurang cenderung membentuk pautan (OR = 0.91; 95% CI: 0.85–0.96).

Padanan bukan warganegara didapati lebih cenderung membentuk pautan rangkaian di enam dari tujuh daerah yang dianalisis dan menunjukkan nisbah odd yang tinggi. Daerah Klang menunjukkan nisbah odd yang tinggi (OR = 9.00; 95% CI: 8.39–9.65), diikuti Hulu Selangor (OR = 8.85; 95% CI: 5.99–13.07). Daerah lain juga menunjukkan nisbah odd tinggi seperti Petaling (OR = 3.96; 95% CI: 3.70–4.22), Hulu Langat (OR = 4.28; 95% CI: 3.91–4.70), Gombak (OR = 4.17; 95% CI: 3.55–4.90), dan Kuala Langat (OR = 4.19; 95% CI: 3.38–5.21). Di Sepang, padanan bukan warganegara menunjukkan nisbah odd yang melebihi 1 (OR = 1.67) namun tidak signifikan secara statistik (95% CI: 0.98–2.83).

Padanan bukan warganegara lebih cenderung membentuk pautan rangkaian berbanding padanan warganegara hampir di semua daerah. Analisis ini sepadan dengan graf rangkaian yang menunjukkan kelompok nod bukan warganegara dalam komponen-komponen besar.

d. Homofili Jenis kediaman

Bagi homofili jenis kediaman, dapatan menunjukkan bahawa padanan antara dua kes yang tinggal dalam jenis kediaman yang sama meningkatkan kecenderungan

pembentukan pautan dalam rangkaian penularan dengan ketara di semua daerah yang dianalisis.

Padanan bangunan tinggi mencatatkan nisbah odd yang tinggi dan signifikan merentasi hampir semua daerah. Nilai nisbah odd yang sangat tinggi diperhatikan di Klang sebanyak 24.78 (95% CI: 22.67–27.08), Kuala Langat (OR = 22.05; 95% CI: 17.06–28.51), Hulu Selangor (OR = 22.00; 95% CI: 18.30–26.41), Sepang (OR = 11.26; 95% CI: 8.76–14.48), dan Kuala Selangor (OR = 11.69; 95% CI: 7.70–17.74). Di Petaling, nisbah odd adalah 6.66 (95% CI: 6.40–6.93), di Hulu Langat 6.00 (95% CI: 5.77–6.25), dan di Gombak 7.22 (95% CI: 6.80–7.66). Kes yang tinggal di bangunan tinggi mempunyai kecenderungan yang jauh lebih tinggi untuk membentuk hubungan rangkaian sesama sendiri berbanding padanan jenis kediaman yang berbeza. Corak ini konsisten dengan taburan jenis kediaman dan visualisasi rangkaian yang mencerminkan tumpuan kes berpautan di bangunan tinggi.

Bagi padanan bangunan rendah, nisbah odd juga melebihi 1 di semua daerah, namun pada magnitud yang lebih rendah berbanding bangunan tinggi. Nilai yang tinggi diperhatikan di Kuala Langat (OR = 8.86; 95% CI: 6.93–11.33) dan Hulu Selangor (OR = 7.30; 95% CI: 6.04–8.80). Di daerah lain, nisbah odd adalah seperti berikut, Klang 6.41 (95% CI: 5.89–6.97), Petaling 4.34 (95% CI: 4.15–4.54), Sepang 3.17 (95% CI: 2.43–4.14), Hulu Langat 2.91 (95% CI: 2.78–3.04), dan Gombak 2.71 (95% CI: 2.56–2.87).

e. Struktur Dalaman Rangkaian (gwdegree)

Parameter struktur dalaman rangkaian (gwdegree) mengukur kebergantungan kecenderungan pembentukan pautan terhadap darjah semasa nod setelah faktor lain dalam model dikawal. Berbeza daripada faktor atribut dan homofili yang boleh ditafsir pada peringkat pasangan nod, gwdegree menerangkan corak kebergantungan darjah dalam struktur rangkaian. Bagi nilai *decay* tetap 0.25 yang digunakan dalam kajian ini, nilai $\exp(\beta)$ melebihi 1 menunjukkan pekali positif, iaitu pembentukan pautan secara relatif lebih menyokong nod berdarjah rendah. Sebaliknya, nilai $\exp(\beta)$ kurang daripada 1 menunjukkan pekali negatif, iaitu pembentukan pautan pada nod berdarjah rendah lebih dipenalti dan pautan secara relatif lebih cenderung tertumpu pada nod yang telah

mempunyai darjah lebih tinggi. Nilai $\exp(\beta)$ bagi gwdegree tidak ditafsir sebagai nisbah odd bagi setiap pasangan nod.

Terdapat perbezaan antara daerah dari segi kebergantungan pembentukan pautan terhadap darjah nod. Nilai $\exp(\beta)$ tertinggi diperhatikan di Sepang ($\exp(\beta) = 13.67$; 95% CI: 9.06–20.62), diikuti Kuala Selangor ($\exp(\beta) = 9.31$; 95% CI: 5.36–16.15). Pekali positif dan signifikan turut diperhatikan di Hulu Selangor ($\exp(\beta) = 1.58$; 95% CI: 1.18–2.12), Klang ($\exp(\beta) = 1.34$; 95% CI: 1.18–1.52) dan Hulu Langat ($\exp(\beta) = 1.31$; 95% CI: 1.18–1.43). Hasil ini menunjukkan apabila faktor lain dalam model dikawal, pembentukan pautan di daerah tersebut secara relatif lebih menyokong nod berdarjah rendah serta sambungan pautan yang lebih tersebar.

Di Petaling, parameter gwdegree adalah tidak signifikan ($\exp(\beta) = 0.98$; 95% CI: 0.91–1.06), menunjukkan tiada bukti kebergantungan darjah tambahan yang jelas selepas faktor lain dalam model dikawal. Kuala Langat pula menunjukkan nilai $\exp(\beta)$ yang lebih rendah daripada 1 ($\exp(\beta) = 0.21$; 95% CI: 0.16–0.29), menandakan pekali gwdegree negatif. Nilai ini mencerminkan pautan secara relatif lebih cenderung bertumpu pada nod yang mempunyai darjah lebih tinggi.

Secara keseluruhan, homofili jenis kediaman merupakan faktor yang paling konsisten mempengaruhi pembentukan pautan kerana menunjukkan peningkatan OR yang signifikan di kesemua lapan daerah yang dapat dimodelkan, diikuti oleh homofili status kewarganegaraan di enam daerah. Kategori pelajar pula signifikan di empat daerah, manakala gwdegree menunjukkan arah kesan yang berbeza antara daerah.

Jadual 4.7 ERGM Model 3 bagi faktor pembentukan pautan denggi mengikut daerah

Parameter (Model 3)	Petaling	Hulu Langat	Klang	Gombak	Sepang	Hulu Selangor	Kuala Langat	Kuala Selangor	Sabak Bernam
	Nisbah Odd (95% CI)	Nisbah Odd (95% CI)	Nisbah Odd (95% CI)	Nisbah Odd (95% CI)	Nisbah Odd (95% CI)	Nisbah Odd (95% CI)	Nisbah Odd (95% CI)	Nisbah Odd (95% CI)	Nisbah Odd (95% CI)
Sisi (<i>edges</i>)	^a 0.000055 (0.000052– 0.000057)	^a 0.00008 (0.000075– 0.000084)	^a 0.000058 (0.000053– 0.000064)	^a 0.00024 (0.00023– 0.00026)	^a 0.00016 (0.00011– 0.00023)	^a 0.00024 (0.00019– 0.00032)	^a 0.00096 (0.00074– 0.0012)	^a 0.00031 (0.00013– 0.00072)	^a 0.014 (0.008– 0.027)
Atribut Kategori Pekerjaan									
Pelajar (ruj: Bekerja)	1.07 (1.05–1.10)	1.11 (1.08–1.13)	1.099 (1.05–1.15)	1.03 (0.99–1.07)	1.10 (0.93–1.31)	1.16 (1.06–1.26)	1.05 (0.95–1.17)	1.04 (0.81–1.32)	–
Tidak bekerja (ruj: Bekerja)	1.01 (0.98–1.04)	0.99 (0.97–1.02)	0.99 (0.94–1.03)	0.95 (0.91–0.98)	0.83 (0.68–1.01)	1.16 (1.07–1.25)	0.99 (0.90–1.10)	0.8 (0.6–1.06)	–
Homofili Status Kewarganegaraan									
Padanan Warganegara	1.40 (1.35–1.45)	1.25 (1.20–1.31)	1.52 (1.43–1.61)	0.91 (0.85–0.96)	1.08 (0.85–1.37)	1.34 (1.12–1.59)	1.44 (1.24–1.68)	2.33 (1.07–5.06)	–
Padanan Bukan Warganegara	3.96 (3.70–4.22)	4.28 (3.91–4.70)	9.0 (8.39–9.65)	4.17 (3.55–4.90)	1.67 (0.98–2.83)	8.85 (5.99–13.07)	4.19 (3.38–5.21)	–	–
Homofili Jenis Kediaman									
Padanan Bangunan Tinggi	6.66 (6.40–6.93)	6.00 (5.77–6.25)	24.78 (22.67– 27.08)	7.22 (6.80–7.66)	11.26 (8.76–14.48)	22 (18.30– 26.41)	22.05 (17.06– 28.51)	11.69 (7.70–17.74)	–

bersambung...

...sambungan

Padanan Bangunan Rendah	4.34 (4.15–4.54)	2.91 (2.78–3.04)	6.41 (5.89–6.97)	2.71 (2.56–2.87)	3.17 (2.43–4.14)	7.3 (6.04–8.8)	8.86 (6.93–11.33)	2.96 (2.12–4.14)	–
gwdegree (decay=0.25)	^a 0.98 (0.91–1.06)	^a 1.31 (1.18–1.43)	^a 1.34 (1.18–1.52)	^a 1.00 (0.90–1.14)	^a 13.67 (9.06–20.62)	^a 1.58 (1.18–2.12)	^a 0.21 (0.16–0.29)	^a 9.31 (5.36–16.15)	^a 7.56 (1.86–30.78)
Kriteria pemilihan model									
Kebolehjadian Log	–191 852	–165 796.5	–67 619.5	–73 386.5	–4963.33	–12 688.5	–5850.5	–2479	–252.1
AIC	383 720	331 609	135 255	146 789	9950	25 393	11 716	4974	508.2
BIC	383 850	331 737	135 372	146 905	10 029	25 485	11 795	5040	519.2

* SE (*standard error*, ralat piawai); CI (*confidence interval*, selang keyakinan); AIC (*Akaike Information Criterion*, Kriteria Maklumat Akaike); BIC (*Bayesian Information Criterion*, Kriteria Maklumat Bayesian); ^a exp(β) (nilai eksponen pekali) bagi sisi dan gwdegree; OR (*odds ratio*, nisbah odd) bagi atribut nod dan homofili.

4.4.3 Diagnostik dan Kesesuaian Model ERGM

Diagnostik dan kesesuaian model telah dijalankan ke atas model ERGM yang dibina di semua daerah. Penilaian ini merangkumi diagnostik Markov Chain Monte Carlo (MCMC) bagi mengesahkan kestabilan rangkaian pautan serta analisis kesesuaian model (*goodness-of-fit*, GOF) bagi menilai keupayaan model mereplikasi (*simulated*) statistik rangkaian pemerhatian (*observed*). Penilaian ini adalah penting untuk menyokong interpretasi dapatan Objektif 3, dengan memastikan model ERGM stabil dan mampu mereplikasi rangkaian pemerhatian.

a. Diagnostik Markov Chain Monte Carlo

Diagnostik MCMC menunjukkan model ERGM akhir mencapai penumpuan yang memuaskan bagi kesemua daerah yang dianalisis. Nilai- p bersama bagi ujian Geweke melebihi 0.05 bagi semua daerah, dengan julat antara 0.188 hingga 0.873. Skor- z Geweke berada dalam julat ± 1.96 bagi lapan daripada sembilan daerah. Walau bagaimanapun, satu nilai maksimum sebanyak +2.370 direkodkan bagi model Kuala Selangor, menunjukkan pencampuran yang kurang optimum bagi *gwdegree*. Nilai autokorelasi dilaporkan berjulat antara 0.002 hingga 0.852 dan menunjukkan pergantungan bersiri sederhana hingga tinggi bagi beberapa statistik model, khususnya di Klang, Hulu Selangor dan Kuala Selangor. Namun demikian, pemeriksaan plot jejak (*trace plot*) dan plot ketumpatan (*density plot*) tidak menunjukkan pola hanyutan berterusan atau perubahan sistematik yang jelas dalam rantai. Jadual dan rajah diagnostik MCMC bagi setiap daerah disertakan dalam Lampiran O hingga Lampiran W.

b. Kesesuaian Model (GOF) ERGM

Penilaian GOF dijalankan menggunakan 200 simulasi bagi menghasilkan anggaran nilai- p Monte Carlo yang stabil, melebihi tetapan lalai (*default setting*) pakej ERGM iaitu *nsim* (*number of simulation*) = 100 (Hunter et al. 2008b). Perbandingan antara statistik rangkaian pemerhatian dan purata statistik rangkaian simulasi menunjukkan padanan yang rapat bagi semua parameter seperti faktor atribut nod, homofili dan struktur dalaman rangkaian.

Nilai- p Monte Carlo bagi statistik yang dinilai berada dalam julat 0.10 hingga 1.00 merentasi semua daerah, menunjukkan statistik pemerhatian berada dalam julat taburan simulasi model dan tiada perbezaan yang signifikan antara kedua-duanya. Penilaian kesesuaian luaran menggunakan plot taburan darjah nod (*degree distribution*) bagi rangkaian simulasi menepati pemerhatian secara visual. Jadual GOF bagi setiap daerah disertakan dalam Lampiran O sehingga W untuk rujukan terperinci. Dapatan ini menyokong bahawa model ERGM yang digunakan adalah sesuai untuk menguji faktor tersebut justeru mengukuhkan dapatan Objektif 3.

4.4.4 Analisis Sensitiviti ERGM

Analisis sensitiviti Model 3 bagi daerah Petaling dijalankan menggunakan ambang 100 m–14 hari, 200 m–14 hari dan 300 m–14 hari (Jadual 4.8). Parameter sisi kekal negatif dan signifikan pada semua ambang, dengan nilai $\exp(\beta)$ meningkat daripada 0.000022 kepada 0.000055 dan 0.000091. Petaling dipilih untuk analisis sensitiviti ERGM kerana mempunyai rangkaian terbesar dalam kajian ini, membolehkan kestabilan parameter dinilai merentasi perubahan spesifikasi ambang. Analisis sensitiviti ERGM turut dicuba bagi daerah lain, namun model tidak mencapai penumpuan bagi spesifikasi ambang yang dibandingkan. Oleh itu, analisis sensitiviti ERGM hanya dilaporkan bagi daerah Petaling.

Bagi kategori pekerjaan, pelajar kekal signifikan berbanding individu bekerja dengan OR antara 1.07 hingga 1.14, manakala kategori tidak bekerja tidak signifikan dengan OR sekitar 1.01. Homofili warganegara kekal stabil pada OR = 1.40, manakala padanan bukan warganegara menurun daripada OR = 4.80 kepada 3.96 dan 3.65.

Homofili jenis kediaman turut kekal signifikan. OR bagi padanan bangunan tinggi menurun daripada 14.40 kepada 6.66 dan 4.41, manakala padanan bangunan rendah menurun daripada 9.40 kepada 4.34 dan 3.04.

Parameter $gwdegree$ berubah daripada positif dan signifikan pada 100 m, $\exp(\beta) = 2.40$, kepada tidak signifikan pada 200 m, $\exp(\beta) = 0.98$, dan negatif serta signifikan pada 300 m, $\exp(\beta) = 0.41$. Secara keseluruhan, dapatan atribut nod dan homofili adalah konsisten, manakala $gwdegree$ menunjukkan ketidakstabilan merentasi ambang ruang.

Jadual 4.8 Analisis sensitiviti bagi model 3 ERGM Petaling

Parameter	Model 3: 100 m–14 Hari		Model 3: 200 m–14 Hari		Model 3: 300 m–14 Hari	
	Anggaran (SE)	OR (95% CI)	Anggaran (SE)	OR (95% CI)	Anggaran (SE)	OR (95% CI)
Sisi	–10.7 (0.05)	^a 0.000022 (0.000020–0.000025)	–9.818 (0.026)	^a 0.000055 (0.000052–0.000057)	–9.3 (0.02)	^a 0.000091 (0.000089–0.000095)
Atribut Kategori pekerjaan						
Pelajar (ruj: Bekerja)	0.128 (0.019)	1.14 (1.1–1.2)	0.071 (0.012)	1.07 (1.05–1.10)	0.073 (0.01)	1.08 (1.06–1.1)
Tidak bekerja (ruj: Bekerja)	0.013 (0.02)	1.01 (0.97–1.06)	0.013 (0.014)	1.01 (0.98–1.04)	0.008 (0.0098)	1.01 (0.99–1.03)
Homofili Status Kewarganegaraan						
Padanan Warganegara	0.34 (0.026)	1.40 (1.33–1.48)	0.334 (0.018)	1.40 (1.35–1.45)	0.32 (0.014)	1.40 (1.34–1.42)
Padanan Bukan Warganegara	1.58 (0.04)	4.8 (4.44–5.28)	1.376 (0.033)	3.96 (3.70–4.22)	1.29 (0.026)	3.65 (3.47–3.84)
Homofili Jenis Kediaman						
Padanan Bangunan Tinggi	2.7 (0.04)	14.4 (13.3–15.57)	1.896 (0.020)	6.66 (6.40–6.93)	1.48 (0.014)	4.41 (4.29–4.53)
Padanan Bangunan Rendah	2.2 (0.043)	9.40 (8.6–10.2)	1.467 (0.023)	4.34 (4.15–4.54)	1.11 (0.015)	3.04 (2.95–3.13)
Gwdegree (decay 0.25)	0.86 (0.05)	^a 2.40 (2.14–2.63)	–0.019 (0.041)	^a 0.98 (0.91–1.06)	–0.89 (0.039)	^a 0.41 (0.38–0.44)
Kesesuaian Model						
	Kebolehjadian Log	AIC	Kebolehjadian Log	AIC	Kebolehjadian Log	AIC
	–95 767	191 550	–191 852	383 720	–313 014	626 043

*SE (*standard error*, ralat piawai); CI (*confidence interval*, selang keyakinan); AIC (*Akaike Information Criterion*, Kriteria Maklumat Akaike); ^a exp(β) (nilai eksponen pekali) bagi sisi dan gwdegree; OR (*odds ratio*, nisbah odd) bagi atribut nod dan homofili.

Berdasarkan dapatan Model 3 ERGM mengikut daerah dan analisis sensitiviti yang telah dijalankan, Jadual 4.9 merumuskan keputusan ketiga-tiga hipotesis kajian. Rumusan ini mengambil kira kesignifikanan terma dalam model utama, variasi arah kesan antara daerah serta perubahan parameter apabila ambang ruang-masa diubah dalam analisis sensitiviti

Jadual 4.9 Rumusan hipotesis kajian berdasarkan ERGM

Hipotesis	Keputusan	Asas dapatan
Faktor atribut nod mempengaruhi kecenderungan pembentukan pautan	Hipotesis ditolak	Kategori pelajar signifikan dan meningkatkan OR di 4 daerah; tidak konsisten merentasi semua daerah.
Faktor homofili nod meningkatkan kecenderungan pembentukan pautan	Hipotesis diterima	Homofili jenis kediaman signifikan dan meningkatkan OR di kesemua lapan daerah; homofili kewarganegaraan signifikan dan meningkatkan OR di 6 daerah.
Faktor struktur rangkaian mempengaruhi kecenderungan pembentukan pautan	Hipotesis ditolak	Gwdegree signifikan di tujuh daripada sembilan daerah. Akan tetapi arah kesan tidak konsisten antara daerah serta berubah arah secara berlawanan merentasi analisis sensitiviti ($\exp(\beta)$ 2.40 $\rightarrow$ 0.98 $\rightarrow$ 0.41) apabila struktur rangkaian berubah.

4.4.5 Pemetaan Atribut Berdarjah Tinggi Mengikut Daerah

a. Pengenalan

Pemetaan digunakan untuk menggambarkan taburan spatial nod berdarjah tinggi mengikut dua atribut utama yang menunjukkan homofili paling kuat dalam Model 3 iaitu jenis kediaman dan status kewarganegaraan. Bagi DBT, nod berdarjah tinggi ditetapkan sebagai nod dengan darjah 10 atau lebih bagi tujuan pemetaan ini, manakala bagi DBR, nod berdarjah tinggi ditetapkan sebagai nod dengan darjah 5 atau lebih, selaras dengan perbezaan saiz rangkaian antara kedua-dua kumpulan daerah.

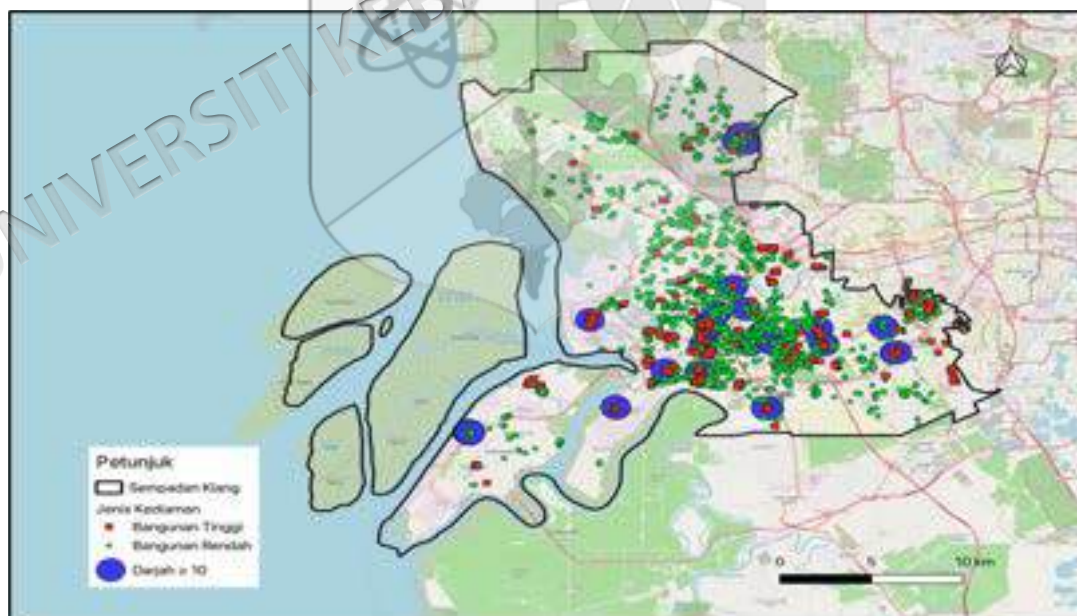
b. Pemetaan Kes Berpautan mengikut Jenis kediaman

Pemetaan jenis kediaman memfokuskan kepada empat daerah yang menunjukkan padanan bangunan tinggi dalam Model 3 ERGM iaitu Klang (OR = 24.78), Kuala Langat (OR = 22.05), Hulu Selangor (OR = 22.00), dan Sepang (OR = 11.26).

Peta memperlihatkan nod berdarjah tinggi cenderung tertumpu di kawasan yang didominasi bangunan tinggi merentasi semua daerah yang dipetakan. Di Klang, nod berdarjah tinggi tertumpu di kawasan didominasi bangunan tinggi, menunjukkan pengelompokan yang sangat ketara antara penghuni bangunan tinggi sesama sendiri. Di Kuala Langat, walaupun bangunan rendah mendominasi keseluruhan daerah, nod berdarjah tinggi tetap cenderung tertumpu di kawasan bangunan tinggi. Di Hulu Selangor, nod berdarjah tinggi tertumpu di bahagian selatan berhampiran kawasan bandar dengan corak pengelompokan yang jelas antara bangunan tinggi dan bangunan rendah. Di Sepang, nod berdarjah tinggi tertumpu di kawasan yang didominasi bangunan tinggi.

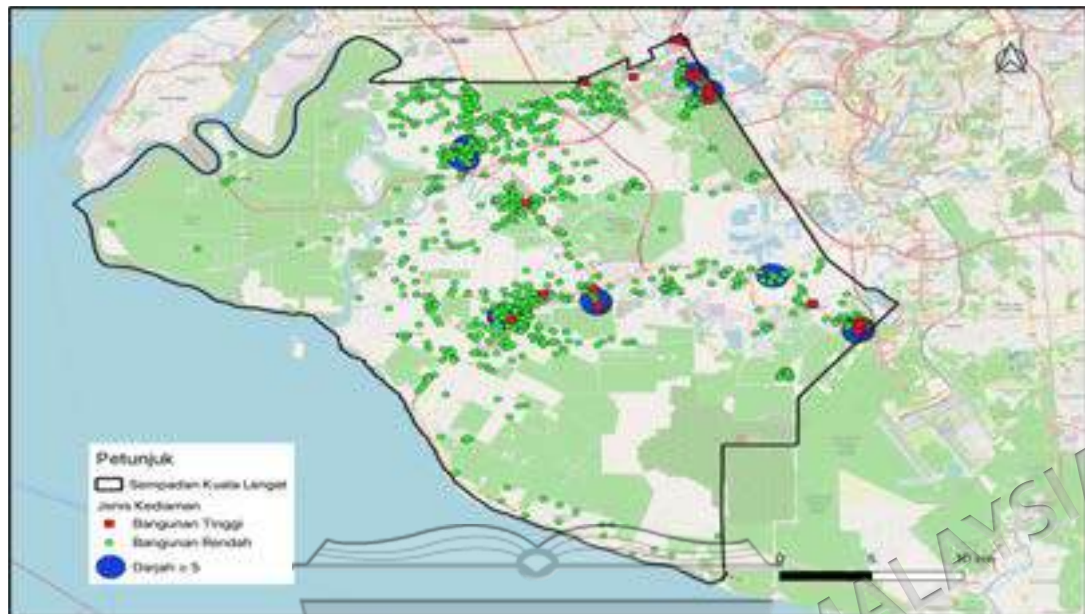
Pemetaan jenis kediaman menunjukkan nod berdarjah tinggi lebih kerap kelihatan di kawasan yang didominasi oleh kes dari bangunan tinggi, khususnya di daerah yang mempunyai nisbah odd homofili bangunan tinggi yang besar dalam model ERGM.

i. Klang



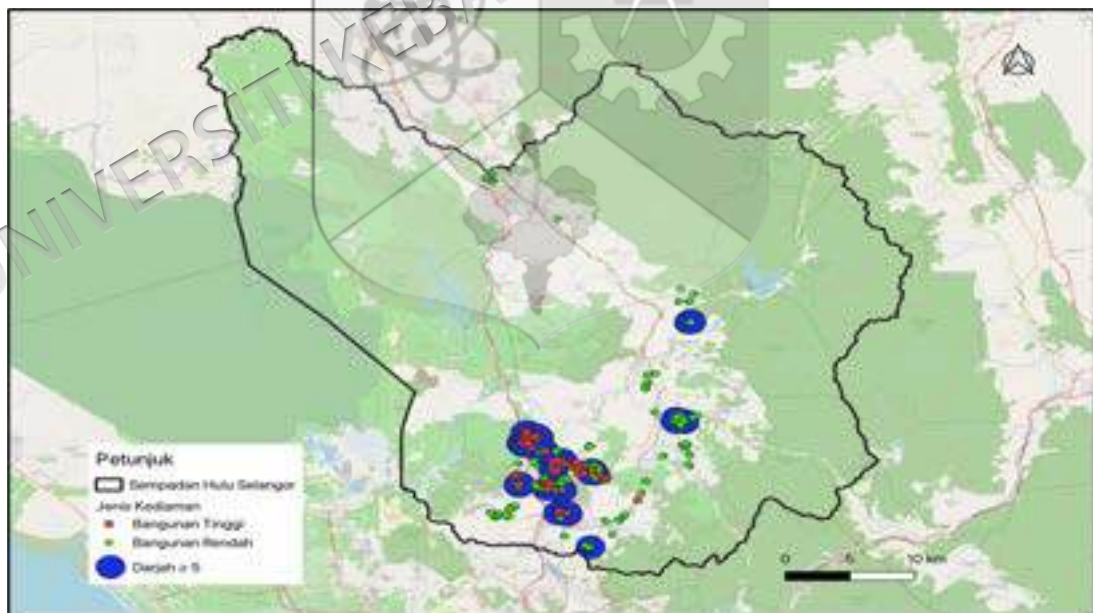
Rajah 4.17 Pemetaan kes berpautan mengikut jenis kediaman dan kawasan berdarjah tinggi di Klang

ii. **Kuala Langat**



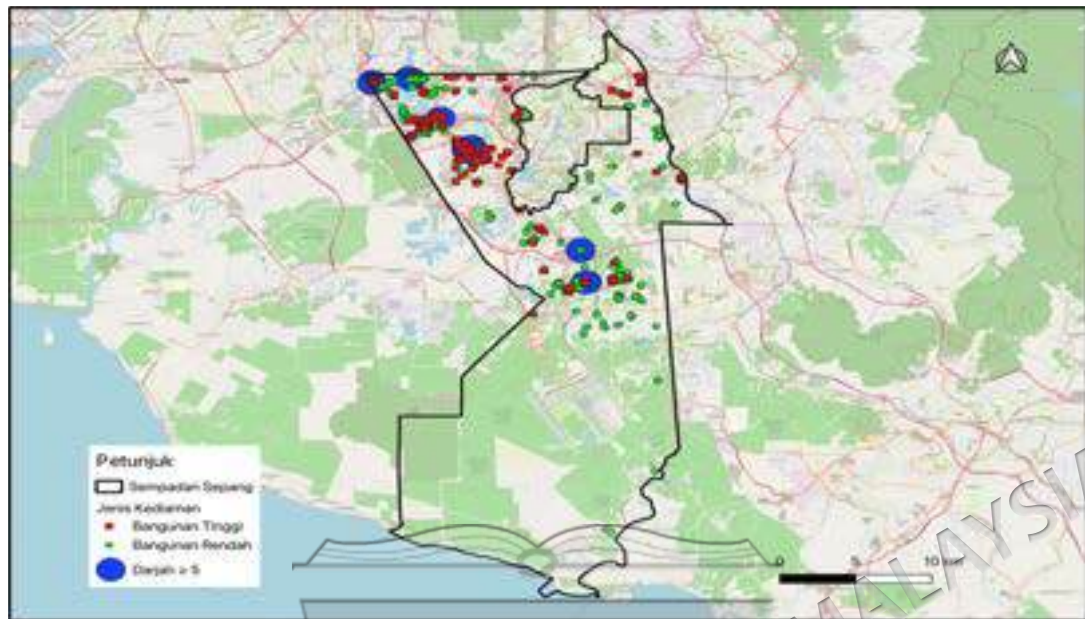
Rajah 4.18 Pemetaan kes berpautan mengikut jenis kediaman dan kawasan berdarjah tinggi di Kuala Langat

iii. **Hulu Selangor**



Rajah 4.19 Pemetaan kes berpautan mengikut jenis kediaman dan kawasan berdarjah tinggi di Hulu Selangor

iv. **Selangor**



Rajah 4.20 Pemetaan kes berpautan mengikut jenis kediaman dan kawasan berdarjah tinggi di Selangor

c. **Pemetaan Kes Berpautan mengikut Status Kewarganegaraan**

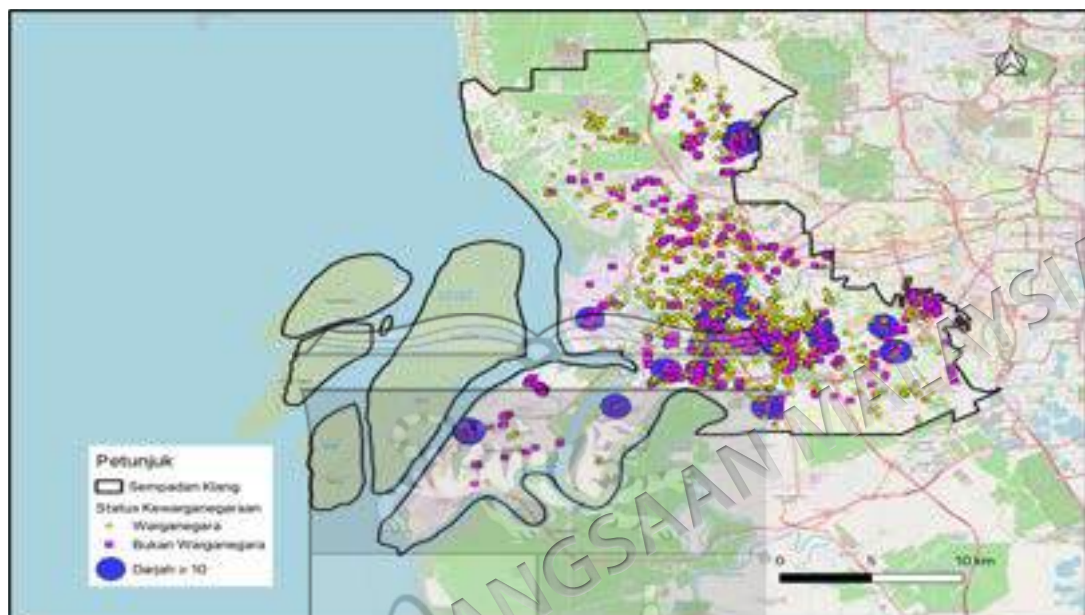
Pemetaan status kewarganegaraan memfokuskan kepada empat daerah yang menunjukkan padanan bukan warganegara yang kuat dalam Model 3 ERGM iaitu Klang (OR = 9.00), Hulu Selangor (OR = 8.85), Hulu Langat (OR = 4.28) dan Gombak (OR = 4.17).

Peta menunjukkan corak pengelompokan spatial nod bukan warganegara berbanding warganegara merentasi keempat-empat daerah. Di Klang, nod bukan warganegara tertumpu di kawasan tertentu, manakala nod warganegara tersebar lebih luas merentasi daerah. Corak yang ketara turut diperhatikan di Hulu Selangor, di mana nod bukan warganegara berdarjah tinggi tertumpu berhampiran kawasan perindustrian. Di Gombak dan Hulu Langat, pengelompokan nod bukan warganegara turut kelihatan di kawasan tertentu walaupun pengelompokan ini kurang ketara berbanding Klang dan Hulu Selangor.

Sebagai kesimpulan, corak pengelompokan yang diperhatikan dalam pemetaan adalah selari dengan dapatan ERGM yang menunjukkan kewujudan homofili status

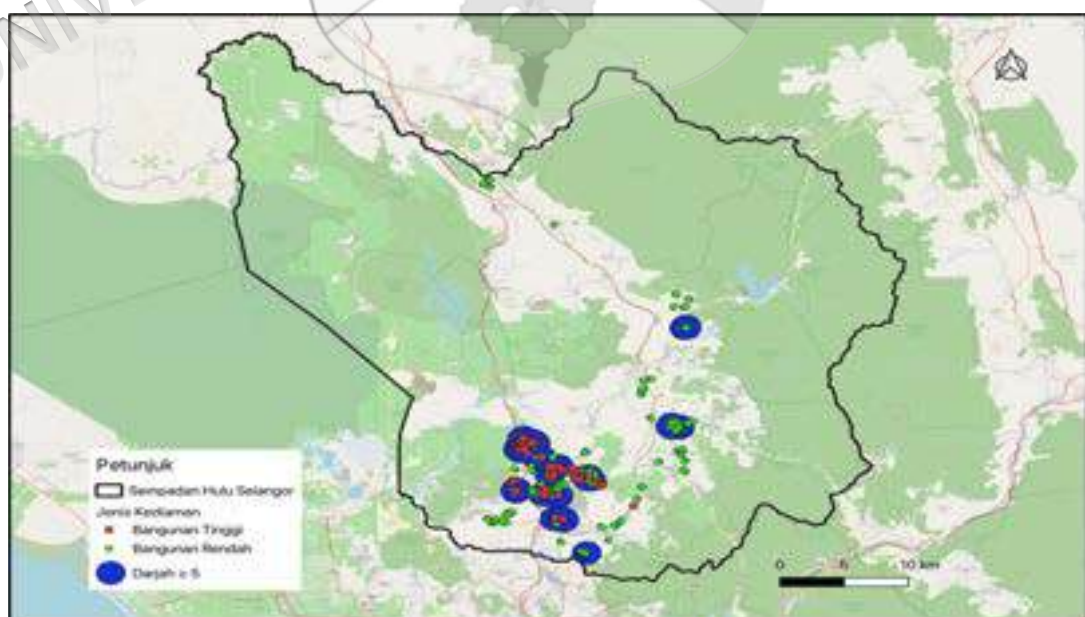
kewarganegaraan yang ketara dalam pembentukan pautan denggi, di mana kes bukan warganegara cenderung membentuk pautan sesama sendiri dalam kawasan kediaman yang berdekatan.

i. Klang



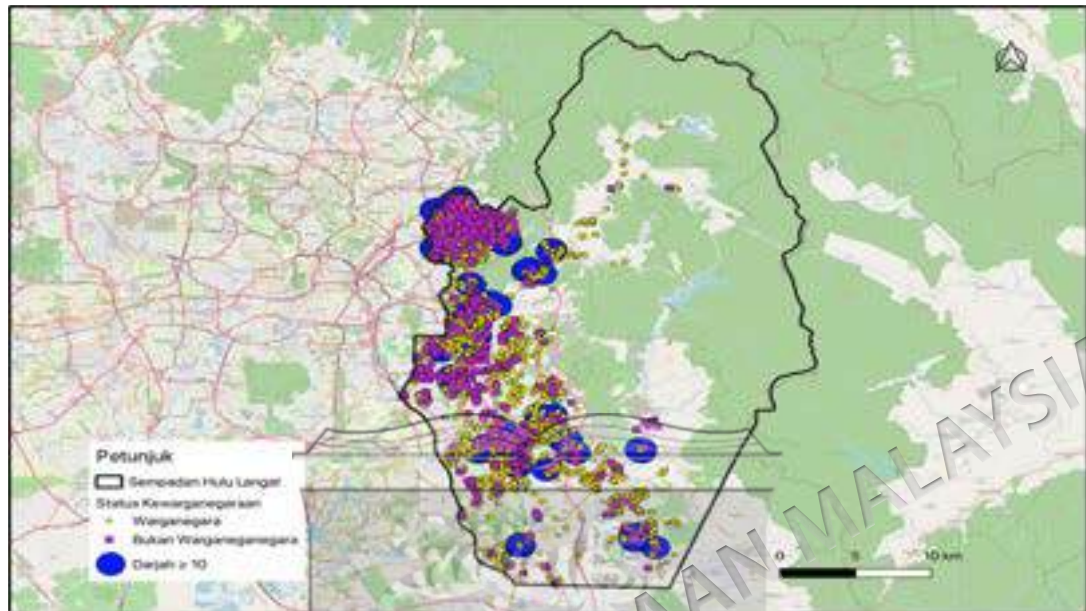
Rajah 4.21 Pemetaan kes berpautan mengikut status kewarganegaraan dan kawasan berdarjah tinggi di Klang

ii. Hulu Selangor



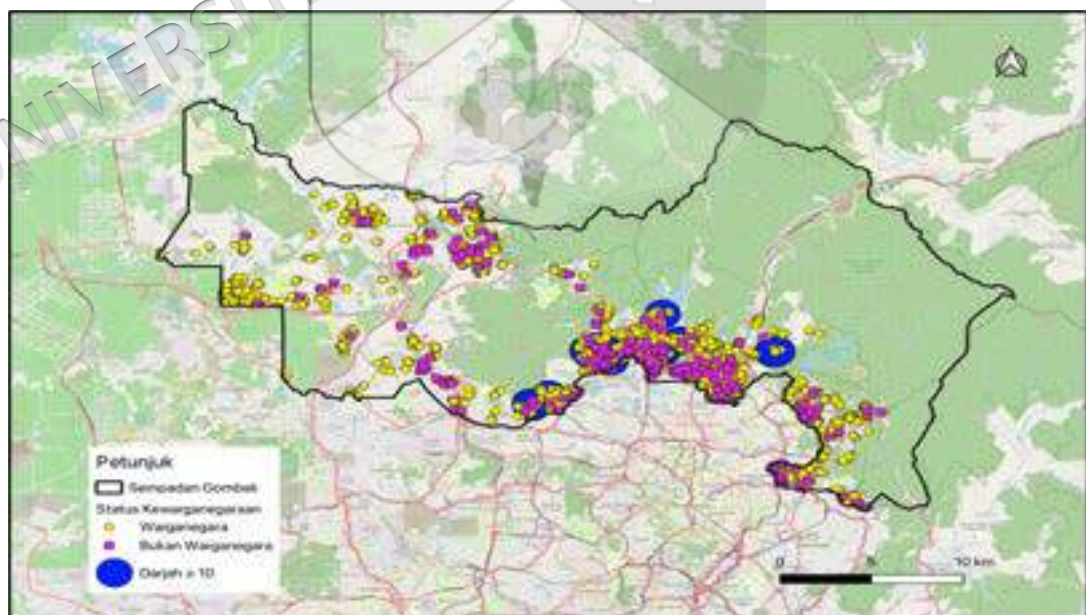
Rajah 4.22 Pemetaan kes berpautan mengikut status kewarganegaraan dan kawasan berdarjah tinggi di Hulu Selangor

iii. **Hulu Langat**



Rajah 4.23 Pemetaan kes berpautan mengikut status kewarganegaraan dan kawasan berdarjah tinggi di Hulu Langat

iv. **Gombak**



Rajah 4.24 Pemetaan kes berpautan mengikut status kewarganegaraan dan kawasan berdarjah tinggi di Gombak

4.5 KESIMPULAN

Kesimpulannya, bab ini melaporkan dapatan mengikut tiga objektif khusus kajian. Bagi objektif pertama, pembinaan rangkaian penularan denggi berasaskan hubungan ruang-masa 200 meter dan 14 hari menunjukkan sebanyak 63.4% kes denggi membentuk pautan, dengan bilangan kes berpautan yang lebih tinggi di DBT seperti Petaling, Hulu Langat, Klang dan Gombak. Analisis deskriptif mendapati peratusan kes berpautan yang tinggal di bangunan tinggi adalah lebih tinggi berbanding kes sporadik. Bagi objektif kedua, analisis SNA menunjukkan bahawa rangkaian di semua daerah adalah jarang dan berpecah kepada banyak komponen kecil. DBT mempunyai bilangan nod dan pautan yang lebih besar, manakala DBR berkepadatan rendah menunjukkan kepadatan rangkaian yang lebih tinggi disebabkan saiz rangkaian yang lebih kecil. Ukuran pemusatan nod dan pemusatan rangkaian menunjukkan variasi antara daerah, dengan sebilangan kecil nod mempunyai darjah atau peranan struktur yang lebih menonjol dalam rangkaian. Bagi objektif ketiga, pemodelan ERGM mengenal pasti homofili jenis kediaman, homofili status kewarganegaraan dan kategori pelajar sebagai faktor yang signifikan dalam kecenderungan pembentukan pautan. Analisis sensitiviti menunjukkan dapatan bagi faktor atribut nod dan homofili kekal konsisten, manakala faktor struktur dalaman rangkaian menunjukkan ketidakstabilan merentasi spesifikasi ambang ruang-masa. Dapatan ini menjadi asas kepada perbincangan dalam Bab 5.

BAB V

PERBINCANGAN

5.1 PENGENALAN

Bab ini membincangkan dapatan utama kajian selaras dengan tiga objektif khusus iaitu membina rangkaian penularan denggi berdasarkan hubungan ruang-masa antara kes, mencirikan struktur rangkaian penularan menggunakan ukuran rangkaian dan pemusatan mengikut daerah, serta mengenal pasti faktor atribut nod, faktor homofili nod dan faktor struktur rangkaian yang mempengaruhi pembentukan pautan dalam rangkaian tersebut mengikut daerah. Perbincangan meliputi (i) Perbincangan Dapatan Objektif 1 dalam Bahagian 5.2, (ii) Perbincangan Dapatan Objektif 2 dalam Bahagian 5.3, dan (iii) Perbincangan Dapatan Objektif 3 dalam Bahagian 5.4. Dapatan ketiga-tiga objektif ini disintesis dalam Bahagian 5.5. Kekuatan dan limitasi kajian pula dibincangkan dalam Bahagian 5.6 dan 5.7.

5.2 PERBINCANGAN DAPATAN OBJEKTIF 1

Objektif pertama kajian ini bertujuan untuk membina rangkaian penularan denggi berdasarkan hubungan ruang-masa antara kes mengikut daerah di Selangor.

5.2.1 Nisbah Kes dan Taburan Kes Berpautan

Sebanyak 63.4% kes denggi dalam kajian ini membentuk kes berpautan berdasarkan kriteria hubungan ruang-masa. Kajian Salje et al. (2017) menunjukkan bahawa pasangan kes yang tinggal dalam jarak kurang 200 meter lebih berkemungkinan berada dalam rantaian penularan yang sama berdasarkan analisis genomik dan serotaip virus. Walaupun peratusan tersebut tidak boleh dibandingkan secara langsung dengan kajian ini kerana perbezaan unit analisis dan kaedah, dapatan tersebut menyokong penggunaan

skala spatial 200 meter sebagai proksi hubungan penularan setempat. Kes yang diklasifikasikan sebagai sporadik pula masih berkemungkinan mempunyai hubungan epidemiologi yang tidak dapat dikenal pasti kerana pendedahan boleh berlaku di luar kediaman, ketepatan alamat atau mobiliti manusia (Jacquez 2012; Masrani et al. 2022; Telle et al. 2016; Yeo et al. 2025). Oleh itu, status kes berpautan dalam kajian ini perlu ditafsir berdasarkan definisi pautan yang digunakan dan bukan sebagai pengesahan rantaian penularan sebenar.

Dari segi taburan, kes berpautan tertumpu di empat DBT iaitu Petaling, Hulu Langat, Klang dan Gombak, yang merangkumi 92.1% daripada jumlah kes berpautan. Penumpuan ini berkemungkinan dipengaruhi oleh kepadatan penempatan yang meningkatkan peluang interaksi antara manusia dan vektor dalam lingkungan pergerakan *Aedes* yang terhad (Arunachalam et al. 2010). Nyamuk *Aedes* betina memerlukan pengambilan darah bagi perkembangan telur dan boleh menggigit lebih daripada seorang perumah dalam satu kitaran gonotropik. Tingkah laku ini berpotensi meningkatkan pendedahan beberapa individu yang tinggal berdekatan dalam persekitaran kediaman yang padat (Harrington et al. 2014; Scott et al. 2000).

Selain tingkah laku vektor, tingkah laku perumah turut mempengaruhi peluang pendedahan kepada gigitan nyamuk. Langkah perlindungan individu seperti penggunaan repelan, pakaian yang mengurangkan pendedahan kulit dan aerosol insektisid dalam kediaman boleh membantu mengurangkan gigitan *Aedes* dan seterusnya mengurangkan peluang penularan dalam persekitaran kediaman (WHO 2024). Kajian di Delhi turut menunjukkan bahawa penularan denggi dalam persekitaran bandar berlaku secara berkelompok dan dipengaruhi oleh kepadatan penduduk, tipologi persekitaran bandar serta pergerakan manusia (Telle et al. 2016). Terdapat kajian yang menunjukkan mobiliti penduduk yang tinggi di kawasan bandar turut menyumbang penularan denggi kerana pergerakan harian untuk bekerja dan aktiviti sosial boleh memperluaskan pendedahan dengan nyamuk *Aedes* (Stoddard et al. 2013). Tumpuan kes berpautan di DBT menunjukkan persekitaran bandar secara strukturnya menyokong penularan denggi yang lebih intensif berbanding kawasan luar bandar. Struktur seperti banyak kawasan longkang terbuka boleh menjadi tempat takungan air bagi habitat nyamuk. Tambahan pula, kesan pulau haba bandar (*Urban Heat Island*) boleh

meningkatkan suhu persekitaran di daerah bandar berkepadatan tinggi, yang mempercepatkan kitaran hidup nyamuk dan memendekkan tempoh inkubasi ekstrinsik virus denggi dalam vektor (Araujo et al. 2015; Chan & Johansson 2012). Tempoh inkubasi ekstrinsik yang lebih pendek bermakna nyamuk berupaya menularkan virus lebih awal, seterusnya meningkatkan penularan virus denggi kepada manusia dan menyumbang kepada peningkatan insiden kes denggi dalam kediaman bangunan tinggi.

5.2.2 Taburan Kes Berpautan Mengikut Ciri Sosiodemografi

Taburan kes berpautan mengikut ciri sosiodemografi iaitu umur, jantina, bangsa, status kewarganegaraan dan kategori pekerjaan menunjukkan corak yang sebahagian besarnya selari dengan komposisi keseluruhan kes denggi di Selangor. Apabila dibandingkan dengan komposisi penduduk Selangor tahun 2023, taburan kes berpautan secara umum hampir selari dengan taburan populasi. Lelaki merangkumi 53.1% populasi Selangor tetapi 59.0% daripada kes berpautan, manakala bukan warganegara merangkumi 8.7% populasi tetapi 11.9% daripada kes berpautan (JPM 2024). Perbezaan ini adalah kecil secara deskriptif dan tidak menunjukkan peningkatan risiko secara langsung.

Purata umur kes dalam rangkaian berada di awal 30-an dengan lelaki membentuk majoriti. Manakala bangsa Melayu/Bumiputera mendominasi komposisi bangsa. Warganegara (dalam status kewarganegaraan) dan golongan bekerja (dalam kategori pekerjaan) merangkumi bahagian terbesar kes berpautan, konsisten dengan taburan kes keseluruhan. Corak ini selari dengan kajian terdahulu di Asia. Kajian mendapati kes denggi majoriti adalah lelaki di beberapa negara Asia menunjukkan perbezaan pendedahan akibat aktiviti sosial dan pekerjaan, berbanding perbezaan biologi semata-mata (Anker & Arima 2011). Kajian di Sabah turut melaporkan insiden tertinggi dalam kumpulan umur 10 hingga 29 tahun, dikaitkan dengan mobiliti dan aktiviti luar kediaman yang kerap (Murphy et al. 2020). Kajian di Singapura pula mendapati bangsa Melayu bersifat protektif terhadap denggi berbanding bangsa Cina, menunjukkan kesan bangsa terhadap risiko denggi boleh berbeza mengikut konteks demografi tempatan (Yung et al. 2016).

Dapatan ini menunjukkan bahawa pada peringkat deskriptif, ciri sosiodemografi tersebut tidak membezakan kes berpautan daripada kes keseluruhan, sebaliknya siapa

yang direkodkan dalam sistem surveilan. Walau bagaimanapun, dua perkara perlu diberi perhatian. Pertama, kehadiran kes bukan warganegara tidak boleh diabaikan memandangkan populasi pekerja asing di Selangor berkemungkinan kurang direkodkan akibat akses yang terhad kepada perkhidmatan kesihatan dan kebimbangan status undang-undang (sebagai pendatang asing tanpa izin) (Chaudhary et al. 2024). Perkara ini boleh mengakibatkan mereka tidak pergi mendapatkan rawatan di pusat kesihatan. Kedua, sisihan piawai umur yang besar menunjukkan kes dalam rangkaian merangkumi julat umur yang luas termasuk remaja, berkemungkinan pendedahan bersama dalam persekitaran rumah (Mammen et al. 2008). Peranan status kewarganegaraan dan kategori pekerjaan dibincangkan dengan lebih mendalam melalui perbincangan dapatan objektif 3 dalam Bahagian 5.4.

5.2.3 Taburan Kes Berpautan mengikut Ciri Persekitaran

Peratusan kes yang tinggal di bangunan tinggi meningkat dalam kes berpautan di Selangor, menunjukkan bahawa penghuni kes berpautan ramai yang tinggal di bangunan tinggi. Dapatan ini konsisten dengan kajian di Malaysia yang menyatakan bahawa bangunan tinggi terdedah kepada pembiakan nyamuk *Aedes* melalui kawasan guna sama yang dikongsi penghuni, sistem saliran yang tersembunyi serta permukaan konkrit yang mewujudkan takungan air (Ab Hamid et al. 2020; S. AbuBakar et al. 2022; Zainon et al. 2016). Walau bagaimanapun, apabila dipecahkan mengikut daerah, dapat dilihat majoriti kes berpautan di kebanyakan daerah masih berlaku dalam kalangan penghuni bangunan rendah. Ini berkemungkinan berkaitan dengan ciri fizikal bangunan rendah seperti rumah teres dan berkembar yang mempunyai akses langsung kepada persekitaran luar termasuk kawasan halaman, longkang terbuka dan bekas air tidak bertutup (Arunachalam et al. 2010; Dom et al. 2016; Herath et al. 2024). Kepadatan bangunan rendah turut memudahkan pertindihan ruang-masa antara penghuni dalam jarak dekat (Stoddard et al. 2013). Di Selangor, bangunan rendah seperti rumah teres mendominasi kawasan perumahan di kebanyakan daerah, menjadikannya jenis kediaman yang paling ramai penduduk dan secara tidak langsung menyumbang kepada bilangan kes berpautan yang lebih tinggi dalam kategori ini (JPM 2020).

Di Petaling, penghuni bangunan tinggi mendominasi kes berpautan (54.1%), berkemungkinan menunjukkan ciri persekitaran bangunan tinggi di daerah ini. Petaling

merupakan daerah dengan bilangan lokaliti hotspot denggi tertinggi di Selangor, iaitu 40.4% daripada keseluruhan hotspot negeri, dengan majoriti kes berasal daripada kediaman strata (Siti Farhana, Mohamad Ikhsan & Mariam 2025). Dalam pangsapuri dan kondominium, kawasan awam seperti tangga, koridor, dan kawasan letak kereta yang tidak diselenggara berpotensi menjadi tapak pembiakan nyamuk *Aedes*, memudahkan penularan berlaku dalam lingkungan bangunan yang sama (Tee et al. 2019; W. Yahya & Che Dom 2020). Corak ini turut disokong oleh rekod wabak denggi berpanjangan di sebuah pangsapuri bangunan tinggi di Petaling Jaya yang melaporkan sepuluh episod wabak dalam tempoh setahun, menunjukkan bahawa persekitaran bangunan tinggi yang dikongsi mampu mengekalkan penularan dalam jangka masa yang panjang (Tee et al. 2019). Corak serupa muncul di Sepang berikutan perkembangan pesat pembinaan bangunan tinggi (Dom et al. 2026). Corak ini konsisten antara Petaling dan Sepang walaupun pembangunannya berbeza. Ini menunjukkan persekitaran bangunan tinggi secara amnya menyokong penularan denggi sama ada dalam kawasan bandar mahupun kawasan yang sedang membangun pesat.

5.3 PERBINCANGAN DAPATAN OBJEKTIF 2

Objektif kedua kajian ini bertujuan untuk mencirikan struktur rangkaian penularan denggi menggunakan ukuran struktur rangkaian dan ukuran pemusatan mengikut daerah.

5.3.1 Kepadatan Rangkaian

Semua rangkaian di sembilan daerah menunjukkan kepadatan yang rendah. Ciri struktur kepadatan rendah ini menunjukkan corak yang jarang (*sparse*). Corak ini selari dengan had biologi nyamuk *Aedes* betina yang hanya terbang dalam lingkungan beberapa ratus meter untuk menjangkiti perumah dan menularkan virus denggi, menjadikan setiap kes hanya berpotensi membentuk pautan dalam kawasan kejiranan yang sangat sempit (Harrington et al. 2005; Stoddard et al. 2013). Ini berbeza daripada penyakit berjangkit yang menular melalui sentuhan langsung atau udara, seperti influenza atau COVID-19. Individu yang dijangkiti melalui sentuhan langsung boleh menjangkiti ramai orang lain merentasi lokasi yang jauh dalam masa yang singkat melalui pendedahan di tempat awam serta menghasilkan kepadatan rangkaian yang jauh lebih tinggi (Bansal, Grenfell

& Meyers 2007; Keeling & Eames 2005). Malahan bagi penularan denggi, pemindahan virus memerlukan nyamuk yang sama menggigit kedua-dua individu dalam tempoh viremia yang singkat. Ditambah dengan jarak terbang nyamuk yang terhad, menjadikan setiap nod hanya berupaya membentuk pautan dengan beberapa nod terdekat sahaja. Oleh itu, ciri jarang ini tidak menunjukkan penularan yang lemah, sebaliknya menunjukkan mekanisme penularan denggi yang secara semula jadinya terhad disebabkan jarak terbang nyamuk *Aedes*.

5.3.2 Struktur Komponen dalam Rangkaian

Struktur komponen terdiri daripada tiga ciri utama iaitu bilangan komponen, saiz komponen terbesar dan purata saiz komponen. Ketiga-tiga ukuran ini menunjukkan sejauh mana kes berpautan tersebar atau bertumpu dalam rangkaian sesebuah daerah. Rangkaian di semua daerah berpecah kepada banyak komponen kecil. Ini bermakna majoriti penularan membentuk komponen yang sangat kecil dan tidak bersambung antara satu sama lain.

Corak ini menunjukkan bahawa kemungkinan hubungan penularan denggi lebih tertumpu dalam banyak kelompok kecil yang terpisah antara satu sama lain. Dari sudut penularan setempat, keadaan ini menunjukkan bahawa hubungan antara kes lebih cenderung berlaku dalam lingkungan lokaliti tertentu dan tidak membentuk satu rangkaian penularan yang saling berhubung secara meluas pada peringkat daerah. Corak ini, konsisten dengan kajian di Thailand yang menunjukkan penularan denggi lazimnya bertumpu dalam kluster kejiranan setempat (Mammen et al. 2008; Salje et al. 2012). Walaupun majoriti saiz komponen adalah kecil, komponen terbesar di DBT tetap mencatatkan saiz yang jauh lebih besar berbanding purata saiz komponen iaitu melebihi 100 nod. Komponen yang lebih besar berkemungkinan terbentuk apabila beberapa kelompok kes kejiranan yang berdekatan bercantum, kemungkinan melalui pergerakan manusia antara kawasan (Masrani et al. 2022; Thiruchelvam et al. 2021), atau melalui nod yang berperanan sebagai penghubung antara dua komponen yang berbeza (Newman 2010). Penggabungan ini lebih cenderung berlaku di DBT kerana jarak antara komponen adalah lebih sempit, berbanding DBR di mana jarak penempatan yang jauh menjadikan rangkaian penularan lebih terhad secara semula jadi (Telle et al. 2016).

5.3.3 Jarak Struktur Rangkaian Mengikut Komponen Terbesar di Daerah

Hulu Langat mencatatkan diameter terpanjang dan panjang purata laluan terpendek tertinggi walaupun ia bukan daerah dengan bilangan nod (kes berpautan) dan pautan yang paling tinggi. Hulu Langat mempunyai bentuk geografi yang memanjang dari utara ke selatan merentasi Cheras-Semenyih, berbeza dengan Petaling yang lebih mampat. Apabila kawasan penempatan tersusun secara memanjang, rangkaian penularan bagi komponen terbesar boleh berkembang secara berturutan mengikut kawasan tersebut, menghasilkan diameter yang panjang (Barthélemy 2011). Ini menunjukkan bahawa dua daerah dengan bilangan kes dan pautan yang hampir sama boleh mempunyai corak komponen terbesar yang sangat berbeza bergantung kepada bentuk penempatan seperti penularan berlaku secara berurutan dalam daerah memanjang berbanding merebak secara radial dalam daerah mampat (Barthélemy 2011). Sebaliknya, daerah dengan diameter pendek seperti Kuala Selangor dan Sabak Bernam menunjukkan saiz komponen terbesar yang sangat terhad dari segi jarak, konsisten dengan penempatan yang lebih jauh di DBR (Salje et al. 2012; Stoddard et al. 2013).

5.3.4 Pengelompokan Setempat Melalui Transitiviti Global

Transitiviti global yang tinggi di semua daerah menunjukkan kes berpautan banyak membentuk pengelompokan segitiga (*triad*) yang rapat. Ini bermaksud apabila dua kes masing-masing berpautan dengan satu kes yang sama, kedua-dua kes tersebut juga berkemungkinan berpautan antara satu sama lain. Corak ini konsisten dengan tingkah laku gigitan nyamuk *Aedes* yang cenderung menggigit ramai penghuni dalam satu rumah atau rumah berjiran dalam satu kitaran lengkap pembiakan nyamuk betina. Kajian di Thailand mendapati 43% hingga 46% nyamuk *Ae. aegypti* yang telah menghisap darah menggigit lebih daripada seorang individu dalam satu kitaran (Harrington et al. 2014; Scott et al. 2000). Tingkah laku gigitan berganda dalam kawasan yang terhad ini secara semula jadi mewujudkan segitiga penularan antara penghuni berdekatan, menjelaskan transitiviti yang tinggi dalam rangkaian kajian ini. Kuala Langat mencatatkan transitiviti tertinggi walaupun merupakan DBR, berkemungkinan menunjukkan gabungan antara pendedahan bersama dalam komuniti

kecil yang rapat (Telle et al. 2016) dan kecenderungan statistik rangkaian kecil untuk menghasilkan transitiviti yang tinggi (Newman 2010).

5.3.5 Ukuran Pemusatan Nod dan Rangkaian

Pemusatan darjah nod (*degree centrality*) yang tinggi bermaksud satu kes denggi mempunyai lebih banyak pautan dengan kes lain. Pemusatan darjah nod menunjukkan heterogeniti yang ketara di DBT, dengan Gombak mencatatkan darjah maksimum tertinggi jauh melebihi purata. Jurang besar antara darjah maksimum dan purata ini konsisten dengan pekali Gini yang tinggi, menyokong bahawa sebilangan kecil kes mendominasi sambungan dalam rangkaian berkepadatan tinggi, sejajar dengan dapatan kajian yang menunjukkan sebilangan kecil individu atau lokasi bertanggungjawab terhadap sebahagian besar penularan dalam rangkaian penyakit berjangkit (Lloyd-Smith et al. 2005; Woolhouse et al. 1997).

Pemusatan darjah rangkaian memperkukuhkan perbezaan struktur antara DBT dan DBR yang dikenal pasti dalam Bahagian 5.3.1. DBR seperti Sabak Bernam dan Kuala Langat menunjukkan pemusatan yang lebih tinggi berbanding DBT seperti Petaling dan Hulu Langat, mencadangkan bahawa struktur sambungan di DBR lebih tertumpu kepada sebilangan kecil nod dominan manakala di DBT sambungan diagihkan secara lebih seimbang. Dapatan ini menunjukkan struktur rangkaian bertumpu di DBR berbanding struktur tersebar di DBT.

Perbezaan ini berkemungkinan dipengaruhi oleh variasi bilangan kes, kepadatan penempatan dan jarak antara kediaman mengikut daerah. Di DBT, bilangan kes yang lebih besar dan kedudukan kediaman yang lebih dekat seperti bangunan tinggi yang rapat menyediakan lebih banyak peluang pembentukan pautan antara kes, selari dengan pautan yang lebih tersebar dalam rangkaian yang besar (Salje et al. 2017; Telle et al. 2016). Sebaliknya, di DBR, bilangan kes yang lebih kecil dan penempatan berkelompok yang lebih jauh antara satu sama lain (kawasan taman dan kampung yang kecil) berkemungkinan mengehadkan peluang kes berada berdekatan dalam ruang dan masa. Justeru, pautan lebih tertumpu kepada beberapa nod atau komponen tertentu (Harrington et al. 2005; Stoddard et al. 2013).

Pemusatan perantaraan rangkaian yang rendah di semua daerah (0.0001–0.0025) mencerminkan rangkaian denggi di Selangor tidak bergantung kepada nod jambatan tunggal. Ini berbeza dengan rangkaian penyakit berjangkit lain seperti tuberkulosis dan HIV di mana nod perantaraan memainkan peranan penting (Bansal, Grenfell & Meyers 2007; Galvani & May 2005), mencadangkan bahawa strategi kawalan berasaskan pengesanan penghubung antara kluster yang berkesan dalam penyakit tersebut mungkin kurang relevan untuk denggi yang penularannya lebih ditentukan oleh faktor persekitaran vektor berbanding hubungan sosial individu.

Pemusatan kedekatan harmonik nod juga menunjukkan perbezaan struktur DBT dan DBR. Nilai median yang lebih tinggi di DBT berbanding DBR, menunjukkan kes berpautan dalam DBT lebih mudah dicapai dalam rangkaian, sejajar dengan kajian Salje et al. (2017) yang mendapati kes dalam kawasan berkepadatan tinggi cenderung berada dalam kedudukan struktur yang lebih berpusat dalam rangkaian. Perbezaan ketara antara purata dan median di DBT menunjukkan taburan yang pencong, iaitu ciri lazim dalam rangkaian yang berpecah kepada banyak komponen (Newman 2010). Kes dalam kedudukan berpusat terdedah kepada lebih banyak sumber jangkitan serentak, menjadikan pengesanan awal di kawasan berkepadatan tinggi lebih penting (Keeling & Eames 2005).

5.3.6 Keteguhan Dapatan Struktur Rangkaian Berdasarkan Analisis Sensitiviti

Analisis sensitiviti menunjukkan ciri penularan berlandaskan had biologi nyamuk *Aedes*. Apabila radius ditingkatkan daripada 100 meter kepada 300 meter dan tempoh masa daripada 7 hari kepada 21 hari, bilangan nod, pautan, purata darjah dan saiz komponen terbesar meningkat dengan ketara bagi kedua-dua daerah wakil. Bagi Petaling, saiz komponen terbesar meningkat kepada 1126 nod apabila ambang dilonggarkan, manakala bagi Sepang, saiz komponen terbesar meningkat kepada 133 nod. Corak peningkatan ini selari dengan konsep peralihan fasa dalam teori rangkaian, di mana apabila kepadatan pautan melepasi ambang kritikal, komponen-komponen kecil bergabung secara mendadak membentuk komponen yang lebih besar (Erdős & Rényi 1960; Newman 2010), dan konsisten antara DBT dan DBR walaupun pada skala yang berbeza.

Walaupun demikian, satu ciri struktur kekal konsisten merentasi semua spesifikasi ambang ruang-masa yang diuji bagi kedua-dua daerah iaitu kepadatan rangkaian kekal sangat rendah. Ini mencadangkan bahawa corak jarang bukan disebabkan pemilihan parameter 200 meter dan 14 hari, tetapi had biologi nyamuk *Aedes* yang menghadkan bilangan pautan terbentuk dalam mana-mana ambang ruang-masa yang berbeza (Maciel-de-Freitas et al. 2007; Stoddard et al. 2013).

Pada radius yang luas seperti 300 meter, peningkatan saiz komponen dan darjah maksimum berisiko memasukkan pautan yang bukan hasil penularan, kerana ia melebihi jarak terbang nyamuk yang dilaporkan dalam kebanyakan kajian lapangan (Harrington et al. 2005; Russell et al. 2005; Vazquez-Prokopec et al. 2010). Oleh itu, ambang 200 meter dan 14 hari mewakili titik imbalan yang munasabah bagi pautan rangkaian dan mengelakkan kemasukan pautan yang tidak munasabah.

Dari segi kawalan denggi, perbezaan struktur rangkaian antara daerah menunjukkan bahawa kemungkinan hubungan penularan tidak berlaku dengan corak yang sama di semua daerah. Rangkaian yang jarang dan terdiri daripada banyak komponen kecil menunjukkan bahawa hubungan penularan lebih tertumpu dalam kelompok kes setempat, manakala perbezaan corak menjalar, bertumpu dan modular kecil menunjukkan keperluan memberi perhatian kepada struktur rangkaian yang berbeza mengikut daerah. Maklumat ini boleh melengkapkan pendekatan kawalan sedia ada dengan membantu mengenal pasti kelompok kes dan lokasi yang perlu diberi keutamaan dalam perancangan strategi kawalan denggi yang lebih bersasar.

5.4 PERBINCANGAN DAPATAN OBJEKTIF 3

Objektif ketiga kajian ini bertujuan untuk mengenal pasti faktor atribut nod (kategori pekerjaan), faktor homofili nod (jenis kediaman dan status kewarganegaraan) dan faktor struktur dalaman rangkaian (gwdegree, gwesp dan gwdsp) yang mempengaruhi pembentukan pautan dalam rangkaian penularan denggi mengikut daerah.

5.4.1 Faktor Homofili Jenis Kediaman

Homofili jenis kediaman merupakan faktor yang paling konsisten dalam model ERGM merentasi lapan daerah yang dapat dimodelkan, dengan padanan bangunan tinggi

menunjukkan kecenderungan lebih tinggi berbanding padanan bangunan rendah. Ini bermakna dua kes yang tinggal di bangunan tinggi lebih cenderung membentuk pautan berbanding padanan bangunan rendah serta padanan yang berbeza jenis kediaman, setelah mengawal faktor lain dalam model.

Bagi bangunan tinggi, kekuatan homofili ini dapat difahami melalui dua mekanisme. Mekanisme pertama adalah penghuni bangunan tinggi bukan sahaja berkongsi ruang fizikal yang sempit, malah berkongsi corak pergerakan harian dalam persekitaran bangunan yang sama. Ini termasuklah kawasan letak kereta, surau, kemudahan rekreasi dan kedai. Kajian di Malaysia menunjukkan *Ae. aegypti* mampu tersebar secara menegak dalam bangunan bertingkat termasuk aras yang tinggi (Ab Hamid et al. 2020; Lau et al. 2013), bermakna keseluruhan penghuni dalam satu bangunan berpotensi berkongsi pendedahan dengan populasi nyamuk yang sama.

Bagi bangunan tinggi, pautan dalam kajian ini boleh merangkumi kes yang tinggal dalam bangunan yang sama serta kes yang tinggal di bangunan atau kediaman berdekatan dalam radius 200 meter. Oleh kerana koordinat kediaman digunakan secara dua dimensi, kes pada aras tingkat yang berbeza dalam bangunan yang sama boleh dikenal pasti sebagai berpautan berdasarkan lokasi bangunan dan kriteria masa, tetapi jarak menegak antara tingkat tidak diukur secara berasingan. Oleh itu, pautan yang dikenal pasti boleh mencerminkan hubungan dalam bangunan yang sama dan hubungan secara mendatar antara kediaman berdekatan. Pertindihan ruang pendedahan ini menjadikan kecenderungan dua penghuni bangunan tinggi terdedah kepada gigitan nyamuk yang sama dalam tempoh 14 hari jauh lebih tinggi berbanding dua individu yang tinggal di jenis kediaman yang berbeza (Telle et al. 2016). Kedua, struktur fizikal bangunan tinggi mempunyai banyak ruang guna sama seperti kawasan landskap, bilik utiliti, sistem saliran dan tempat pembuangan sampah yang berpotensi menjadi tempat pembiakan berulang yang dikongsi oleh semua penghuni (Dom et al. 2013a; W. Yahya & Che Dom 2020). Berbeza dengan bangunan rendah di mana tempat pembiakan nyamuk adalah tanggungjawab penghuni dalam satu rumah, tempat pembiakan dalam bangunan tinggi bersifat berpusat. Ini bermakna semua penghuni terdedah kepada populasi nyamuk yang sama tanpa mengira unit rumah mereka (Ab Hamid et al. 2020; W. Yahya & Che Dom 2020).

Bagi bangunan rendah, kesan faktor homofili juga dapat difahami melalui dua mekanisme. Pertama, kediaman rumah bertanah seperti rumah teres dan berkembar mempunyai akses langsung kepada persekitaran luar tanpa halangan fizikal seperti kawasan halaman, longkang terbuka serta bekas simpanan air yang berpotensi menjadi habitat pembiakan nyamuk *Aedes aegypti* (Arunachalam et al. 2010; Seidahmed et al. 2018). Apabila habitat pembiakan ini wujud dalam beberapa rumah bersebelahan, populasi nyamuk terbang merentasi sempadan rumah meningkat dan berpotensi menggigit penghuni di beberapa kediaman berdekatan. Keadaan ini boleh mewujudkan kawasan pendedahan bersama dalam sesebuah kejiranan (Getis et al. 2003; Harrington, Edman & Scott 2001; Schafrick et al. 2013). Kedua, penghuni bangunan rendah dalam satu kejiranan cenderung berkongsi ruang aktiviti sosial seperti pergi ke surau, kedai runcit, padang sukan dan kemudahan awam berdekatan. Pergerakan sosial yang berulang antara rumah dan lokasi yang sama boleh meningkatkan peluang pendedahan kepada nyamuk dalam kalangan penghuni jenis kediaman yang sama (Stoddard et al. 2013). Oleh itu kecenderungan homofili bangunan rendah mungkin mencerminkan gabungan mekanisme ini iaitu perkongsian habitat nyamuk dan pertindihan ruang aktiviti sosial.

Perbezaan magnitud nisbah odd antara padanan bangunan tinggi dan padanan bangunan rendah menunjukkan perbezaan intensiti perkongsian persekitaran nyamuk antara kedua-dua jenis kediaman. Bangunan tinggi menumpukan penyebaran nyamuk secara menegak dan dalam bangunan yang padat, manakala penyebaran nyamuk di bangunan rendah adalah secara mendatar dalam kawasan kejiranan yang lebih luas, menghasilkan kecenderungan pembentukan pautan dalam kedua-dua kes tetapi melalui mekanisme yang berbeza (Ab Hamid et al. 2020; Seidahmed et al. 2018). Perkara ini berkemungkinan menjawab persoalan mengapa kecenderungan pembentukan pautan lebih kuat pada penghuni bangunan tinggi berbanding bangunan rendah. Walau bagaimanapun, magnitud nisbah odd yang sangat tinggi bagi padanan bangunan tinggi di beberapa daerah seperti Klang dan Kuala Langat memerlukan tafsiran yang berhati-hati. Definisi pautan berasaskan koordinat kediaman dalam radius 200 meter secara semula jadi meningkatkan kecenderungan pautan bagi penghuni bangunan tinggi. Ini kerana unit-unit dalam satu blok kondominium atau pangsapuri lazimnya mempunyai koordinat yang hampir sama atau bertindih dalam sistem e-Dengue. Ini bermakna

sebahagian daripada magnitud nisbah odd yang tinggi berkemungkinan menunjukkan pengelompokan geografi yang wujud dalam definisi pautan itu sendiri berbanding penularan aktif yang tinggi. Isu pertindihan koordinat ini telah dikenal pasti dalam kajian rangkaian denggi yang menggunakan proksi hubungan ruang-masa, di mana kepadatan spatial penghuni jenis kediaman tertentu boleh membentuk pautan dalam rangkaian, dan tidak semestinya menunjukkan penularan sebenar (Salje et al. 2012; Stoddard et al. 2013).

Akan tetapi, terdapat beberapa ciri dapatan kajian ini menyokong bahawa homofili jenis kediaman menunjukkan lebih daripada sekadar pengelompokan geografi. Pertama, analisis sensitiviti menunjukkan penurunan magnitud nisbah odd yang sistematik apabila radius diperluaskan daripada 100 meter kepada 300 meter, sejajar dengan jangkaan bahawa pertindihan koordinat berkurang apabila kriteria jarak dilonggarkan. Dapat diperhatikan walaupun magnitud menurun bagi homofili jenis kediaman, namun perbezaan masih sama, iaitu padanan bangunan tinggi lebih tinggi kesan kecenderungan pembentukan pautan berbanding padanan bangunan rendah. Kedua, kesan homofili jenis kediaman kekal positif dan signifikan merentasi lapan daerah dengan konteks pembangunan yang berbeza, termasuk daerah DBR seperti Sepang dan Hulu Selangor yang mempunyai jenis kediaman berbeza daripada DBT, dan konsistensi merentasi konteks yang pelbagai ini merupakan petanda penting bahawa kesan yang dikenal pasti bukan bergantung kepada spesifikasi tertentu sahaja (Lusher, Koskinen & Robins 2013). Oleh itu, walaupun hubungan antara risiko persekitaran sebenar dan pertindihan koordinat tidak dapat dipisahkan sepenuhnya dalam kajian ini, faktor ini konsisten merentasi pelbagai daerah dapat mengurangkan kemungkinan dapatan ini adalah artifak metodologi semata-mata.

5.4.2 Faktor Homofili Status Kewarganegaraan

Homofili status kewarganegaraan, khususnya bagi padanan bukan warganegara juga menunjukkan kecenderungan yang kuat dan konsisten merentasi DBT dan DBR. Di Selangor, padanan bukan warganegara paling tinggi di Klang dan Hulu Selangor. Dapatan konsisten dengan komposisi komuniti daerah tersebut yang mempunyai peratusan pekerja asing yang tinggi, terutamanya dalam sektor pembuatan, pembinaan dan perladangan (Chaudhary et al. 2024; JPM 2024). Pekerja asing sering mendiami

asrama kilang, kuarters ladang atau kawasan rumah padat yang dikongsi bersama, mewujudkan keadaan di mana kepadatan penghuni yang tinggi dalam kawasan kecil meningkatkan peluang pendedahan dengan nyamuk *Aedes* (Lim et al. 2021).

Kajian di Lembah Klang mendapati pekerja asing sering terdedah dengan jangkitan denggi akibat pendedahan kepada tempat pembiakan nyamuk dan literasi kesihatan yang rendah (Chaudhary et al. 2024). Kajian terhadap pelarian bandar di Lembah Klang menunjukkan bahawa faktor persekitaran kediaman seperti lokasi berhampiran tapak pelupusan sampah dan pengalaman banjir berkait dengan pendedahan denggi (Sahimin et al. 2024). Kajian terhadap komuniti warga asing Myanmar di Thailand turut menunjukkan kepentingan keadaan persekitaran setempat dalam pencegahan denggi (Oo et al. 2025). Dalam kajian ini, kesan homofili bukan warganegara mungkin bukan disebabkan oleh status kewarganegaraan itu sendiri, tetapi mencerminkan perkongsian persekitaran kediaman dan sosial dalam komuniti tertentu. Kediaman secara berkumpulan, kepadatan penghuni serta perkongsian ruang dan kemudahan boleh menyebabkan beberapa individu terdedah kepada populasi *Aedes* dan keadaan persekitaran yang sama, sekali gus berpotensi menyumbang kepada kecenderungan pembentukan pautan sesama bukan warganegara. Kajian di Singapura turut menunjukkan bahawa keadaan penempatan pekerja asing boleh mempengaruhi corak denggi dalam komuniti tersebut (Lim et al. 2021; Seet et al. 2005).

Selain pengelompokan mengikut kediaman, kerentanan imunologi juga boleh menyumbang jangkitan simptomatik. Pekerja asing yang baru tiba lazimnya tidak mempunyai pendedahan imunologi terdahulu terhadap serotaip denggi tempatan yang dominan, menjadikan mereka lebih terdedah kepada jangkitan denggi bergejala (Halstead 2007; Seet et al. 2005). Keadaan ini apabila digabungkan dengan kesedaran kesihatan yang terhad akibat halangan bahasa dan perbezaan budaya, boleh menyebabkan amalan pencegahan dalam kalangan komuniti ini tidak mencukupi (Chaudhary et al. 2024).

Padanan bukan warganegara juga meningkatkan kecenderungan pembentukan pautan di DBR seperti Hulu Selangor walaupun saiz komuniti bukan warganegara adalah kecil. Ini mencadangkan bahawa mekanisme pengelompokan komuniti lebih

bergantung kepada tahap penumpuan komuniti dalam lokaliti berbanding komposisi (McPherson, Smith-Lovin & Cook 2001). Sebaliknya, di beberapa daerah kecil seperti Kuala Selangor dan Sabak Bernam, padanan bukan warganegara tidak dapat dianggarkan, berkemungkinan kerana bilangan kes bukan warganegara yang terlalu kecil. Saiz rangkaian yang kecil boleh menyebabkan model ERGM tidak stabil (Lusher, Koskinen & Robins 2013). Walau bagaimanapun, perlu diambil kira bahawa padanan bukan warganegara berkemungkinan memenuhi kriteria pautan kerana kedekatan koordinat kediaman bukan kerana penularan denggi yang aktif.

5.4.3 Faktor Atribut Nod: Kategori Pelajar

Kategori pelajar menunjukkan kesan kecenderungan yang sederhana dan tidak konsisten merentasi daerah. Nilai kecenderungan yang signifikan hanya di Petaling, Hulu Langat, Klang dan Hulu Selangor. Berbeza dengan faktor homofili yang mengukur kecenderungan dua kes berkongsi atribut serupa untuk membentuk pautan, kategori pelajar adalah faktor atribut nod yang mengukur sama ada menjadi pelajar secara individu meningkatkan kecenderungan mempunyai pautan. Perbezaan konsep ini penting kerana ia menunjukkan rutin individu itu sendiri boleh mempengaruhi pembentukan pautan. Kecenderungan pelajar untuk membentuk pautan boleh dikaitkan dengan rutin harian yang berulang dalam lokasi tertentu seperti sekolah, institusi pendidikan, pusat tuisyen dan pengangkutan awam, yang meningkatkan peluang gigitan nyamuk *Aedes* dalam persekitaran yang dikongsi secara berterusan (Ratanawong et al. 2016). Berbeza dengan golongan bekerja yang mungkin tersebar ke pelbagai lokasi kerja, pelajar cenderung berkumpul dalam lokasi yang sama pada waktu yang sama setiap hari, mewujudkan pertindihan ruang aktiviti yang tinggi dalam kalangan individu dalam kumpulan yang sama. Kajian di Thailand menunjukkan sekolah boleh menjadi persekitaran berisiko penularan denggi apabila terdapat tempat pembiakan nyamuk *Aedes* dalam kawasan sekolah, dan pergerakan pelajar antara rumah dan sekolah boleh menghubungkan kluster kediaman dengan kluster institusi, menjadikan pelajar sebagai kumpulan yang berperanan dalam pemindahan penularan antara dua pendedahan yang berbeza (Ratanawong et al. 2016). Dapatan ini selari dengan bukti bahawa golongan yang mempunyai pergerakan rutin yang tinggi dan bertumpu lebih cenderung terlibat dalam rangkaian penularan denggi berbanding golongan dengan corak pergerakan yang lebih tersebar (Reiner, Stoddard & Scott 2014).

Kesan yang tidak sama merentasi daerah mencadangkan bahawa faktor pelajar bergantung kepada konteks persekitaran seperti kepadatan institusi pendidikan, jenis kediaman pelajar dan struktur rangkaian daerah tersebut. Di daerah yang mempunyai bilangan kes pelajar yang lebih kecil seperti Kuala Langat dan Sabak Bernam, model tidak dapat menganggar parameter ini dengan stabil, menunjukkan kekangan saiz sampel dan bukannya ketiadaan kecenderungan (Lusher, Koskinen & Robins 2013).

Selain kekangan saiz sampel, kesan ini juga perlu ditafsir dengan mengambil kira bahawa kategori pelajar dalam kajian tidak membezakan antara pelajar sekolah rendah, menengah dan institusi pengajian tinggi. Perbezaan jenis institusi ini mempunyai corak pergerakan dan pendedahan yang berbeza. Selain itu, alamat kediaman yang direkodkan bagi pelajar boleh merangkumi rumah keluarga, asrama atau kolej kediaman yang terletak dalam atau berhampiran kawasan institusi pendidikan. Oleh itu, pembentukan pautan dalam kalangan pelajar boleh berkaitan dengan pendedahan di persekitaran kediaman, asrama atau institusi pendidikan, namun lokasi sebenar pendedahan tidak dapat dibezakan secara khusus berdasarkan data kajian ini.

5.4.4 Faktor Struktur Dalam Rangkaian

Secara praktikal, pekali $gwdegree$ yang positif iaitu $\exp(\beta)$ melebihi 1 menunjukkan bahawa pembentukan pautan secara relatif lebih menyokong nod berdarjah rendah dan menunjukkan sambungan pautan yang lebih tersebar. Sebaliknya, pekali negatif $\exp(\beta)$ kurang daripada 1, menunjukkan bahawa kurang pembentukan pautan pada nod berdarjah rendah dan lebih cenderung tertumpu pada nod yang mempunyai darjah lebih tinggi (Hunter 2007; Levy 2016).

Dapatan menunjukkan bahawa peranan struktur darjah berbeza antara daerah. Di Petaling dan Gombak, parameter $gwdegree$ tidak signifikan dan pemusatan darjah rangkaian juga sangat rendah. Keputusan ini menunjukkan bahawa, selepas faktor atribut dan homofili dikawal, tiada bukti kebergantungan darjah tambahan yang jelas. Oleh itu, pembentukan pautan di kedua-dua daerah tersebut lebih banyak diterangkan oleh faktor seperti jenis kediaman dan status kewarganegaraan berbanding struktur dalaman rangkaian.

Kuala Langat menunjukkan corak yang berbeza. Nilai $\exp(\beta)$ bagi gwdegree yang kurang daripada 1 menunjukkan pekali negatif, iaitu pautan secara relatif lebih cenderung tertumpu pada nod yang telah mempunyai darjah lebih tinggi. Tafsiran ini searah dengan pekali Gini dan pemusatan darjah rangkaian Kuala Langat yang relatif tinggi. Pada masa yang sama, padanan bangunan tinggi dan bangunan rendah turut menunjukkan hubungan yang kuat dengan pembentukan pautan. Oleh itu, perbezaan struktur Kuala Langat berkait dengan kedua-dua homofili jenis kediaman dan kebergantungan struktur darjah, dan bukan disebabkan oleh satu faktor sahaja.

Bagi Sepang, Kuala Selangor dan Sabak Bernam, pekali gwdegree yang positif dengan nilai $\exp(\beta)$ yang besar menunjukkan bahawa pembentukan pautan secara relatif lebih menyokong nod berdarjah rendah dan menunjukkan pengagihan pautan yang lebih tersebar, bukannya pembentukan nod hab. Walau bagaimanapun, magnitud parameter yang besar perlu ditafsir secara berhati-hati kerana rangkaian daerah tersebut lebih kecil, khususnya di Sabak Bernam (Lusher, Koskinen & Robins 2013). Dapatan mencerminkan kebergantungan struktur darjah adalah heterogen antara daerah dan tidak boleh dirumuskan sebagai satu corak tunggal bagi seluruh Selangor.

Dari sudut corak penularan denggi, faktor struktur dalaman rangkaian menunjukkan bahawa pembentukan pautan tidak berlaku dengan corak yang sama di semua daerah. Di sesetengah daerah, pautan lebih tersebar antara kes, manakala di Kuala Langat pautan lebih tertumpu kepada kes yang telah mempunyai lebih banyak pautan. Ini menunjukkan bahawa corak hubungan penularan setempat berbeza mengikut struktur rangkaian setiap daerah.

5.4.5 Keteguhan Dapatan melalui Analisis Sensitiviti ERGM

Analisis sensitiviti ERGM yang dijalankan bagi daerah Petaling menggunakan tiga spesifikasi ambang ruang-masa berbeza mendapati faktor atribut nod dan homofili kekal stabil dari segi arah dan magnitud anggaran, manakala faktor struktur gwdegree didapati lebih sensitif terhadap perubahan spesifikasi ambang ruang-masa. Kestabilan parameter homofili jenis kediaman dan kewarganegaraan mengikut spesifikasi ambang ruang-masa yang berbeza mencadangkan bahawa kecenderungan tidak bergantung kepada satu spesifikasi ambang semata-mata. Sebaliknya, dapatan ini menunjukkan

corak pembentukan pautan yang konsisten dalam rangkaian penularan denggi di Selangor (Lusher, Koskinen & Robins 2013; Robins et al. 2007).

Penurunan magnitud OR bagi homofili jenis kediaman apabila jarak diperluaskan daripada 100 meter kepada 300 meter mempunyai penerangan yang jelas. Apabila radius dibesarkan, lebih banyak pasangan kes daripada jenis kediaman yang berbeza turut memenuhi kriteria pembentukan pautan, menjadikan kekuatan padanan jenis kediaman berkurang. Kesan homofili jenis kediaman adalah paling kuat dalam persekitaran perumahan yang rapat selari dengan had penerbangan nyamuk *Aedes* (Harrington et al. 2005; Russell et al. 2005; Stoddard et al. 2013).

Sebaliknya, ketidakstabilan parameter *gwdegree* merentasi spesifikasi yang berbeza menunjukkan bahawa faktor struktur rangkaian lebih peka terhadap perubahan saiz rangkaian dan susunan pautan antara kes. Hal ini menunjukkan parameter *gwdegree* perlu ditafsir dengan lebih berhati-hati berbanding faktor atribut nod (Hunter et al. 2008b; Snijders et al. 2006). Oleh itu, dapatan analisis sensitiviti ini menguatkan bahawa faktor atribut nod dan homofili adalah lebih teguh merentasi spesifikasi ambang ruang-masa yang berbeza, manakala faktor struktur dalaman rangkaian lebih bersifat bergantung kepada spesifikasi ambang ruang-masa yang digunakan.

5.5 SINTESIS DAPATAN SEMUA OBJEKTIF

Apabila dapatan ketiga-tiga objektif dinilai bersama, satu corak yang sama didapati antara daerah berkepadatan tinggi (DBT) dan daerah berkepadatan rendah (DBR). Walaupun analisis utama dalam kajian ini dijalankan mengikut daerah, perbandingan merentas daerah menunjukkan perbezaan berdasarkan kepadatan penduduk memberikan nilai tambahan dalam mentafsir corak penularan denggi di Selangor.

Kepentingan sintesis ini jelas apabila ketiga-tiga objektif dibaca bersama. Objektif 1 menunjukkan majoriti kes berpautan tertumpu di DBT, tetapi tidak menjelaskan mengapa. Objektif 2 menunjukkan bahawa struktur rangkaian tidak seragam antara daerah dan membentuk tiga corak utama. DBT iaitu Petaling, Hulu Langat, Klang dan Gombak menunjukkan corak menjalar dengan banyak komponen

kecil yang tersebar, Sepang, Hulu Selangor dan Kuala Langat menunjukkan corak lebih bertumpu kepada nod tertentu, manakala Kuala Selangor dan Sabak Bernam menunjukkan corak modular kecil dengan hubungan yang lebih terhad. Walau bagaimanapun, dapatan ini masih tidak menjelaskan faktor yang mempengaruhi perbezaan struktur tersebut. Apabila dapatan ERGM dalam Objektif 3 digabungkan, perbezaan corak rangkaian ini didapati turut berkait dengan jenis kediaman dan komposisi komuniti yang mempengaruhi kecenderungan pembentukan pautan antara kes. Homofili jenis kediaman yang kekal konsisten merentasi lapan daerah mencadangkan bahawa persekitaran perumahan yang dikongsi memainkan peranan yang lebih penting berbanding ciri sosiodemografi individu dalam membentuk rangkaian penularan denggi (Ab Hamid et al. 2020; Seidahmed et al. 2018).

Corak ini dapat difahami melalui Pendekatan Eko-Bio-Sosial (Arunachalam et al. 2010; Sommerfeld & Kroeger 2012), yang menyatakan bahawa penularan denggi dipengaruhi oleh interaksi antara persekitaran, biologi vektor dan konteks sosial komuniti di kediaman. Di DBT, kepadatan penempatan dan kedudukan kediaman yang lebih berdekatan berkemungkinan meningkatkan peluang pertindihan ruang-masa antara kes, selari dengan pembentukan rangkaian yang lebih besar dan menjalar. Sebaliknya, di DBR, penempatan yang lebih berselerak dan lebih jauh antara satu sama lain berkemungkinan menghadkan pertindihan ruang-masa antara kes, selari dengan pembentukan rangkaian yang lebih kecil dan lebih setempat.

Secara keseluruhan, beberapa dapatan struktur rangkaian bagi Objektif 2 dan homofili jenis kediaman dalam Objektif 3 adalah selari dengan kajian terdahulu yang menunjukkan bahawa hubungan antara kes denggi berlaku secara setempat dan dipengaruhi oleh kedekatan geografi serta pendedahan nyamuk (Reiner, Stoddard & Scott 2014; Salje et al. 2012). Walau bagaimanapun, kajian ini memperluaskan dapatan terdahulu dengan mencirikan struktur dan pemusatan rangkaian hubungan ruang-masa antara kes mengikut daerah serta mengenal pasti faktor yang mempengaruhi pembentukan pautan. Dapatan menunjukkan bahawa pembentukan pautan bukan sahaja berkaitan dengan kedekatan geografi, tetapi turut dipengaruhi oleh faktor atribut nod seperti kategori pelajar, faktor homofili khususnya bukan warganegara, serta faktor struktur dalaman rangkaian $gwdegree$ yang menunjukkan kesan berbeza mengikut

daerah. Perbezaan dapatan berbanding kajian terdahulu mungkin berkaitan dengan perbezaan lokasi kajian, komposisi komuniti, kriteria hubungan ruang-masa serta kaedah analisis yang digunakan. Sintesis ketiga-tiga objektif ini menunjukkan bahawa kawalan denggi perlu mengambil kira bukan sahaja lokasi pengelompokan kes, tetapi juga bentuk struktur hubungan antara kes dan faktor yang berkaitan dengan pembentukan pautan dalam sesuatu daerah.

5.6 KEKUATAN KAJIAN

5.6.1 Kekuatan Data dan Liputan Geografi

Kajian ini membina rangkaian penularan denggi berasaskan hubungan ruang-masa menggunakan data kes dari sistem surveilan, membolehkan kluster dinilai sebagai corak pengelompokan dalam ruang dan masa dan bukan sekadar bilangan kes mengikut daerah. Penggunaan data surveilan yang sistematik ini memberikan kelebihan berbanding kajian berasaskan laporan tambahan atau data hospital semata-mata, kerana ia menunjukkan gambaran epidemiologi yang lebih menyeluruh terhadap beban sebenar penyakit di peringkat komuniti. Rekod kes yang diperolehi daripada sistem surveilan rasmi turut membolehkan pengesanan temporal yang lebih tepat, memandangkan tarikh bermula gejala, tarikh notifikasi dan lokasi kes dapat dikenal pasti secara konsisten. Liputan kajian yang merangkumi sembilan daerah di Selangor dengan faktor sosiodemografi dan persekitaran yang berbeza membolehkan perbandingan yang lebih bermakna antara DBT dan DBR, serta mengelakkan rumusan yang terlalu bertumpu kepada satu lokaliti kluster sahaja. Kepelbagaian geografi ini yang merangkumi kawasan bandar padat, pinggir bandar dan luar bandar, turut meningkatkan kesahan luaran kajian kepada populasi yang lebih luas di negeri-negeri lain dengan profil epidemiologi yang serupa.

5.6.2 Penggunaan Kes Denggi yang Disahkan Makmal

Satu kekuatan penting kajian ini ialah penggunaan kes denggi yang disahkan melalui ujian makmal piawai, iaitu menggunakan ujian RT-PCR/NAAT, antigen NS1 dan serologi IgM/IgG mengikut fasa jangkitan. Ujian ini selaras dengan garis panduan klinikal semasa (KKM 2017). Pendekatan ini mengurangkan risiko salah klasifikasi diagnosis (*misclassification bias*) antara denggi dan jangkitan lain yang mempunyai

simptom klinikal yang serupa. Penggunaan kriteria pengesahan yang seragam di seluruh daerah kajian juga memastikan kesetaraan definisi kes, sekali gus mengurangkan variasi sistematik yang boleh menjejaskan perbandingan antara kumpulan. Oleh itu, kesahan dalaman dapatan menjadi kukuh, khususnya bagi pembinaan rangkaian penularan dan pemodelan ERGM yang bergantung kepada ketepatan status jangkitan.

5.6.3 Integrasi Kaedah Rangkaian dan Pemodelan Statistik

Integrasi SNA dengan pemodelan ERGM merupakan kelebihan metodologi yang penting. Pendekatan ini melangkaui kaedah epidemiologi sedia ada yang menilai faktor risiko secara bebas tanpa mengambil kira kebergantungan antara kes. SNA membolehkan struktur rangkaian dihuraikan melalui ciri seperti kepadatan, struktur komponen dan ukuran pemusatan (Bansal, Grenfell & Meyers 2007; Newman 2010), manakala ERGM membolehkan faktor pembentukan pautan diuji secara serentak sambil mempertimbangkan sifat tidak bebas antara pemerhatian dalam rangkaian, berbeza dengan regresi logistik yang mengandaikan kebebasan antara pemerhatian (Lusher, Koskinen & Robins 2013; Snijders et al. 2006). Dengan menggunakan data surveilan yang dikumpul oleh KKM, kajian ini mencadangkan pendekatan rangkaian berpotensi diaplikasikan dalam kesihatan awam Malaysia tanpa memerlukan pengumpulan data primer tambahan.

5.7 LIMITASI KAJIAN

5.7.1 Kes Asimptomatik

Antara limitasi kajian ini adalah bergantung sepenuhnya kepada kes denggi yang disahkan makmal melalui data surveilan. Oleh itu, kes asimptomatik dan kes bergejala ringan yang tidak mendapatkan rawatan di fasiliti kesihatan berkemungkinan besar tidak direkodkan dalam data tersebut (Bhatt et al. 2013; De Santis, Bouscaren & Flahault 2023). Keadaan ini boleh menyebabkan kes gagal dikesan dan menjadikan beban jangkitan sebenar di peringkat komuniti lebih tinggi berbanding yang digambarkan oleh kajian (Bhatt et al. 2013). Seterusnya rangkaian yang dibina cenderung menunjukkan penularan dalam kalangan kes klinikal yang dikenal pasti dan dinotifikasi, bukannya keseluruhan spektrum jangkitan denggi (termasuk kes subklinikal) (WHO 2025). Kekangan ini juga menjadikan sesetengah kluster kelihatan

lebih kecil atau menjadi kes sporadik. Walau bagaimanapun, intervensi kesihatan awam di lapangan lazimnya juga berasaskan kes yang dikesan melalui surveilan, rangkaian yang dibina masih relevan untuk memahami corak penularan dalam kalangan kes yang menjadi fokus tindakan kawalan.

5.7.2 Limitasi Ketepatan Data Survelan

Kajian ini bergantung kepada kualiti data surveilan seperti ketepatan alamat rumah, tarikh bermula gejala denggi dan data atribut nod seperti kategori pekerjaan, status kewarganegaraan dan jenis kediaman. Memandangkan data ini dikumpulkan untuk tujuan pencegahan dan kawalan denggi melalui kesihatan awam dan bukan khusus untuk analisis rangkaian, terdapat kemungkinan berlaku ralat input data, maklumat tidak lengkap atau koordinat alamat kediaman yang salah. Limitasi ini boleh mempengaruhi struktur rangkaian yang terhasil mengikut daerah (Salje et al. 2012). Walaupun proses pembersihan dan semakan data telah dijalankan, kemungkinan ralat sedia ada tidak dapat dihapuskan sepenuhnya.

Selain itu, jenis kediaman dan bilangan tingkat bangunan tidak direkodkan secara khusus dalam sistem e-Dengue. Pengelasan dilakukan melalui semakan manual maklumat lokaliti dan alamat kediaman menggunakan Google Maps serta paparan imej bangunan dalam Google Street View. Bagi alamat yang tidak mempunyai paparan bangunan yang jelas atau maklumat bilangan tingkat yang mencukupi, pengelasan bergantung pada maklumat jenis bangunan yang tersedia dalam medan lokaliti dan alamat kediaman. Oleh itu, kemungkinan salah klasifikasi antara bangunan tinggi dan bangunan rendah boleh berlaku.

5.7.3 Potensi Bias daripada Definisi Pautan

Definisi pautan yang digunakan berpotensi memperkenalkan bias daripada dua sudut. Pertama, dari sudut jarak, penempatan bangunan tinggi yang rapat di DBT menjadikan lebih banyak kes memenuhi kriteria 200 meter berbanding bangunan rendah yang jarang. Oleh itu, sebahagian perbezaan dalam corak homofili mungkin dipengaruhi oleh kepadatan penempatan dan bukan semata-mata oleh mekanisme penularan sebenar. Selain itu, penggunaan alamat kediaman sebagai lokasi rujukan tidak mengambil kira

kemungkinan pendedahan denggi yang berlaku di lokasi lain seperti tempat kerja, sekolah, institusi pendidikan atau kawasan awam. Oleh itu, hubungan ruang-masa berdasarkan alamat kediaman mungkin tidak menggambarkan semua lokasi pendedahan sebenar bagi setiap kes. Kedua, dari sudut virologi, kajian ini tidak mempunyai akses kepada data serotaip atau genomik virus denggi. Dua kes yang berdekatan dalam ruang dan masa mungkin dijangkiti oleh serotaip yang berbeza, bermakna mereka bukan sebahagian daripada rantai penularan yang sama walaupun memenuhi kriteria pautan.

Dua perkara mengurangkan impak limitasi ini. Pertama, analisis sensitiviti menggunakan tiga spesifikasi ambang ruang-masa yang berbeza mendapati dapatan utama termasuk kesan homofili jenis kediaman dan kewarganegaraan kekal konsisten merentasi semua spesifikasi ambang. Kedua, model ERGM mengawal kesan struktur dalaman rangkaian melalui parameter $gwdegree$, yang memastikan kesan faktor atribut nod dan homofili dianggarkan setelah mengambil kira kebergantungan struktur rangkaian. Limitasi pengesanan virologi juga berlaku pada kajian rangkaian denggi berasaskan surveilans yang lain (Reiner, Stoddard & Scott 2014; Salje et al. 2012; Stoddard et al. 2013). Kajian masa depan yang mengintegrasikan data serotaip atau genomik dengan pendekatan rangkaian ruang-masa diharapkan dapat mengesahkan sejauh mana pautan yang dibina menunjukkan penularan sebenar.

5.7.4 Had Kesahan Luaran

Dapatan kajian ini adalah khusus kepada konteks Selangor, iaitu sebuah negeri yang pesat membangun, mempunyai pelbagai jenis kediaman serta komposisi komuniti, termasuk populasi pekerja asing yang tinggi (Abdullah et al. 2025; Cheong, Leita & Lakes 2014). Ciri-ciri ini mungkin tidak sepenuhnya menggambarkan keadaan di negeri lain di Malaysia atau negara endemik denggi. Oleh itu, corak rangkaian dan faktor pembentukan pautan, khususnya homofili jenis kediaman yang kuat, mungkin berbeza dalam konteks kawasan yang kurang padat. Perbezaan ini adalah munasabah memandangkan variasi risiko dan pendedahan denggi antara kawasan bandar dan luar bandar di Malaysia telah dilaporkan dalam kajian lalu. Oleh itu, dapatan kajian ini perlu disahkan melalui perbandingan di negeri lain di Malaysia atau negara endemik denggi yang lain sebelum ia boleh dianggap mewakili corak penularan denggi secara umum.

5.8 KESIMPULAN

Perbincangan dalam bab ini menunjukkan tiga dapatan utama kajian. Pertama, rangkaian penularan denggi di Selangor bertumpu di DBT. Kedua, ciri struktur rangkaian berbeza antara DBT dan DBR. DBT menunjukkan rangkaian menjalar dengan banyak kluster kecil. Sebahagian DBR menunjukkan corak bertumpu, manakala Kuala Selangor dan Sabak Bernam menunjukkan struktur modular kecil. Ketiga, homofili jenis kediaman merupakan faktor paling konsisten dalam mempengaruhi pembentukan pautan merentasi lapan daerah, mencadangkan bahawa persekitaran perumahan yang dikongsi memainkan peranan yang lebih penting berbanding ciri sosiodemografi individu. Homofili status kewarganegaraan dan kategori pelajar menyokong peranan komposisi komuniti dan rutin individu dalam penularan. Dapatan ini perlu ditafsir dengan mengambil kira limitasi, khususnya definisi pautan berasaskan hubungan ruang-masa yang tidak mengesahkan penularan secara virologi. Magnitud homofili jenis kediaman berkemungkinan turut dipengaruhi oleh artifak metodologi. Walaupun demikian, kestabilan dapatan utama merentasi analisis sensitiviti mengukuhkan keyakinan bahawa corak yang diperhatikan adalah ciri asas penularan denggi di Selangor. Dapatan ini membentuk asas kepada cadangan pencegahan dan kawalan denggi yang lebih bersasar.

BAB VI

RUMUSAN DAN CADANGAN

6.1 PENGENALAN

Bab ini merumuskan dapatan dan perbincangan kajian mengikut tiga objektif khusus dan mengemukakan cadangan pencegahan dan kawalan denggi. Cadangan ini bagi menangani tiga permasalahan utama yang dikenal pasti dalam Bab 1 iaitu beban kes denggi yang tinggi dan berulang di Selangor, penularan yang berterusan di lokaliti dan daerah yang sama serta keperluan pendekatan pencegahan dan kawalan denggi yang lebih bersasar.

6.2 RUMUSAN KAJIAN

Kajian ini telah membina rangkaian penularan denggi bagi kesemua sembilan daerah di Selangor menggunakan hubungan ruang-masa antara kes sebagai proksi penularan, seterusnya mencirikan struktur dan pemusatan rangkaian serta mengenal pasti faktor yang mempengaruhi pembentukan pautan. Ketiga-tiga objektif kajian saling melengkapi dalam menerangkan bagaimana hubungan antara kes terbentuk, bagaimana struktur rangkaian berbeza mengikut daerah dan faktor yang berkaitan dengan pembentukan pautan dalam rangkaian tersebut.

Dapatan menunjukkan bahawa majoriti kes denggi membentuk kes berpautan dan sebahagian besar kes berpautan tertumpu di DBT, iaitu Petaling, Hulu Langat, Klang dan Gombak. Walaupun beberapa faktor sosiodemografi dan persekitaran menunjukkan perbezaan antara kes berpautan dan kes sporadik, jenis kediaman menunjukkan perbezaan yang paling bermakna. Dapatan ini menunjukkan bahawa hubungan ruang-masa antara kes bukan sahaja berkaitan dengan ciri individu, tetapi turut berkaitan dengan persekitaran kediaman yang dikongsi.

Dari segi struktur rangkaian, semua daerah menunjukkan rangkaian yang jarang dan terdiri daripada banyak komponen kecil, namun struktur rangkaian tidak seragam antara daerah. Tiga corak utama dikenal pasti, iaitu corak menjalar di Petaling, Hulu Langat, Klang dan Gombak, corak lebih bertumpu di Sepang, Hulu Selangor dan Kuala Langat, serta corak modular kecil di Kuala Selangor dan Sabak Bernam. Perbezaan ini menunjukkan bahawa kemungkinan hubungan penularan setempat mempunyai struktur yang berbeza mengikut konteks daerah. Walaupun pengelasan DBT dan DBR berdasarkan kepadatan penduduk telah ditetapkan sebagai rujukan perbandingan pada peringkat awal kajian, perbezaan struktur rangkaian yang diperhatikan antara kedua-dua kumpulan merupakan dapatan yang muncul daripada analisis dan bukan andaian awal.

Dapatan ERGM seterusnya menunjukkan bahawa pembentukan pautan dipengaruhi oleh faktor atribut nod, faktor homofili dan faktor struktur dalaman rangkaian. Homofili jenis kediaman merupakan faktor yang paling konsisten mempengaruhi pembentukan pautan merentas lapan daerah yang dapat dimodelkan, diikuti oleh homofili status kewarganegaraan yang signifikan di enam daerah. Faktor atribut nod kategori pelajar pula signifikan di empat daerah, manakala faktor struktur dalaman rangkaian $gwdegree$ menunjukkan kesan signifikan di beberapa daerah tetapi dengan arah yang berbeza dan kurang konsisten dalam analisis sensitiviti. Secara keseluruhan, dapatan ini menunjukkan bahawa persekitaran kediaman yang dikongsi dan komposisi komuniti mempunyai pengaruh yang lebih konsisten terhadap pembentukan pautan berbanding faktor atribut nod dan faktor struktur dalaman rangkaian.

Secara keseluruhan, gabungan ketiga-tiga objektif menunjukkan bahawa kemungkinan hubungan penularan denggi bukan sahaja berkaitan dengan lokasi dan kedekatan ruang-masa antara kes, tetapi turut melibatkan struktur hubungan antara kes, persekitaran kediaman, komposisi komuniti dan faktor struktur dalaman rangkaian yang berbeza mengikut daerah. Dapatan ini memberikan maklumat tambahan untuk memahami variasi corak penularan denggi di Selangor dan menjadi asas kepada cadangan pencegahan dan kawalan denggi yang lebih bersasar dalam bahagian seterusnya.

6.3 SUMBANGAN KAJIAN

Kajian ini memberikan sumbangan kepada ilmu pengetahuan serta pendekatan konseptual dan metodologi dalam analisis penularan denggi. Dapatan kajian turut mempunyai implikasi kepada pencegahan dan kawalan denggi dengan menyediakan maklumat tambahan mengenai struktur hubungan antara kes dan faktor yang mempengaruhi pembentukan pautan dalam rangkaian penularan mengikut daerah.

6.3.1 Sumbangan kepada Ilmu Pengetahuan

Kajian ini menambah kefahaman mengenai penularan denggi dengan menunjukkan bahawa hubungan ruang-masa antara kes membentuk struktur rangkaian yang berbeza mengikut daerah. Analisis SNA menunjukkan tiga corak utama, iaitu corak menjalar di Petaling, Hulu Langat, Klang dan Gombak, corak lebih bertumpu di Sepang, Hulu Selangor dan Kuala Langat serta corak modular kecil di Kuala Selangor dan Sabak Bernam. Dapatan ini menunjukkan bahawa hubungan antara kes tidak berlaku dalam struktur yang seragam di seluruh Selangor, tetapi berbeza mengikut konteks daerah.

Kajian ini juga menambah pengetahuan mengenai faktor yang mempengaruhi pembentukan pautan dalam rangkaian penularan denggi. Dapatan ERGM menunjukkan bahawa homofili jenis kediaman merupakan faktor yang paling konsisten mempengaruhi pembentukan pautan merentas daerah, diikuti oleh homofili status kewarganegaraan. Faktor atribut nod kategori pelajar pula menunjukkan kesan di beberapa daerah, manakala faktor struktur dalaman rangkaian (gwdegree) menunjukkan kesan yang berbeza mengikut daerah. Dapatan ini menunjukkan bahawa persekitaran kediaman yang dikongsi dan komposisi komuniti mempunyai pengaruh yang lebih konsisten terhadap pembentukan pautan berbanding faktor atribut nod dan faktor struktur dalaman rangkaian yang dikaji.

Selain itu, kajian ini menyediakan maklumat yang tidak diperoleh secara langsung melalui pendekatan pengelompokan ruang-masa atau analisis *hotspot*. Pendekatan tersebut dapat menunjukkan lokasi dan masa pengelompokan kes, manakala kajian ini membentuk hubungan ruang-masa antara kes individu dan seterusnya mencirikan struktur rangkaian serta faktor yang mempengaruhi

pembentukan pautan. Oleh itu, kajian ini menambah kefahaman mengenai heterogeniti corak hubungan penularan denggi antara daerah di Selangor.

6.3.2 Sumbangan Teori dan Metodologi

Kajian ini mengintegrasikan Pendekatan Eko-Bio-Sosial dengan Teori Rangkaian Sosial. Pendekatan Eko-Bio-Sosial menyediakan asas untuk memahami peranan faktor biologi, ekologi dan sosial dalam membentuk konteks pendedahan denggi, manakala Teori Rangkaian Sosial menyediakan asas untuk mewakili dan menganalisis hubungan antara kes. Integrasi ini menghubungkan pemahaman substantif penyakit bawaan vektor dengan analisis hubungan dan pemodelan statistik rangkaian.

Dari sudut metodologi, kajian ini mengaplikasikan SNA dan ERGM secara bersepadu untuk membina, mencirikan dan memodelkan rangkaian denggi berdasarkan hubungan ruang-masa antara kes. Kajian ini turut menggabungkan diagnostik model dan analisis sensitiviti bagi menilai keteguhan dapatan terhadap perubahan definisi pautan. Penggunaan data surveilan rutin mencadangkan analisis rangkaian denggi boleh dilaksanakan tanpa pengumpulan data primer tambahan, tertakluk kepada kelengkapan dan ketepatan data alamat kediaman, tarikh bermula gejala dan atribut kes. Pendekatan ini menyediakan asas metodologi yang boleh diuji dan disesuaikan dalam kajian denggi di lokasi lain.

6.3.3 Sumbangan Implikasi kepada Pencegahan dan Kawalan Denggi

Dapatan kajian menunjukkan bahawa pencegahan dan kawalan denggi boleh dilengkapi dengan maklumat mengenai struktur hubungan antara kes dan faktor yang mempengaruhi pembentukan pautan, selain maklumat lokasi dan bilangan kes. Perbezaan corak rangkaian antara daerah menunjukkan bahawa kemungkinan hubungan penularan setempat tidak mempunyai struktur yang sama di semua daerah. Oleh itu, pendekatan kawalan perlu mengambil kira variasi struktur rangkaian dan konteks setempat dalam menentukan keutamaan tindakan.

Homofili jenis kediaman yang konsisten merentas daerah menunjukkan bahawa persekitaran kediaman merupakan konteks penting dalam pembentukan pautan. Dapatan berkaitan status kewarganegaraan pula menunjukkan kepentingan komposisi

komuniti, manakala kategori pelajar yang signifikan di beberapa daerah menunjukkan bahawa ciri populasi tertentu juga perlu dipertimbangkan dalam perancangan pencegahan. Faktor struktur dalaman rangkaian yang berbeza mengikut daerah turut menunjukkan bahawa struktur hubungan antara kes tidak seragam dan tidak sesuai ditafsir menggunakan pendekatan yang sama bagi semua daerah.

Secara keseluruhan, sumbangan implikasi kajian ini ialah maklumat struktur rangkaian dan faktor pembentukan pautan boleh digunakan sebagai maklumat tambahan untuk mengenal pasti konteks, kelompok kes dan kawasan yang memerlukan perhatian yang berbeza mengikut daerah. Dapatan ini menyediakan asas kepada cadangan pencegahan dan kawalan yang lebih bersasar yang diuraikan dalam bahagian seterusnya.

6.4 CADANGAN PENCEGAHAN DAN KAWALAN DENGGI

Cadangan pencegahan dan kawalan denggi disusun mengikut tiga aras yang saling melengkapi iaitu aras dasar dan polisi di peringkat Kementerian Kesihatan Malaysia (KKM), aras program dan pengurusan di peringkat Jabatan Kesihatan Negeri (JKN), dan aras komuniti dan operasi di peringkat Pejabat Kesihatan Daerah (PKD). Cadangan ini dibentuk berdasarkan dapatan utama kajian berkaitan perbezaan struktur rangkaian antara daerah serta faktor yang mempengaruhi pembentukan pautan, khususnya jenis kediaman, status kewarganegaraan dan kategori pelajar.

6.4.1 Aras Dasar dan Polisi

a. Cadangan Semakan Semula Garis Panduan Kawalan Denggi

Garis panduan kawalan denggi sedia ada menetapkan kawalan persekitaran dalam radius 200 meter bagi kes baru dan wabak terkawal (WT), dan diperluaskan kepada 400 meter bagi wabak tidak terkawal (WTK) dan kawasan hotspot (KKM 2002, 2022). Pendekatan berasaskan radius mendatar ini mungkin tidak menggambarkan sepenuhnya konteks persekitaran bangunan bertingkat yang mempunyai ruang guna sama merentasi beberapa tingkat dan unit kediaman. Kajian ini mendapati homofili jenis kediaman, termasuk bangunan tinggi, menunjukkan peningkatan kecenderungan pembentukan pautan yang konsisten merentasi daerah. Dapatan ini menunjukkan bahawa persekitaran

kediaman yang dikongsi perlu dipertimbangkan dalam pelaksanaan kawalan denggi di bangunan tinggi dan bukan hanya unit kediaman kes yang dilaporkan.

Berdasarkan dapatan ini, garis panduan kawalan denggi bagi bangunan tinggi yang padat boleh dipertimbangkan untuk diperkemas dengan memasukkan penilaian dan kawalan persekitaran di kawasan guna sama serta bahagian bangunan yang berpotensi menjadi tempat pembiakan *Aedes*, di samping pendekatan radius sedia ada. Pelaksanaan ini wajar melibatkan Pihak Berkuasa Tempatan (PBT) melalui Akta Pengurusan Strata 2013 dan Badan Pengurusan Bersama (*Joint Management Body*, JMB) atau Perbadanan Pengurusan (MC) sebagai rakan pelaksana dalam audit persekitaran berkala yang merangkumi ruang guna sama, koridor, ruang utiliti, kawasan landskap dan lokasi takungan air yang berpotensi dalam blok yang terlibat (Malaysia 2013). Pendekatan ini dapat membantu mengurangkan risiko pembiakan *Aedes* yang berulang dalam persekitaran kediaman bangunan tinggi.

b. Cadangan Penambahan Faktor Jenis Kediaman dalam Data Survelan

Penambahan faktor jenis kediaman sebagai faktor dalam data surveilan e-Dengue wajar dilaksanakan memandangkan jenis kediaman merupakan faktor konsisten meningkatkan kecenderungan pembentukan pautan. Namun data jenis kediaman tidak dikumpul secara sistematik dalam sistem e-Dengue sedia ada.

Dalam kajian ini maklumat jenis kediaman memerlukan proses pengelasan tambahan sebelum dapat digunakan dalam analisis.

Penambahan medan jenis kediaman yang standard dalam sistem e-Dengue dapat meningkatkan kebolegunaan data surveilan bagi analisis epidemiologi dan rangkaian pada masa hadapan. Pengelasan seperti bangunan tinggi dan bangunan rendah juga boleh membantu JKN dan PKD mengenal pasti sama ada peningkatan kes tertumpu dalam konteks persekitaran kediaman tertentu. Maklumat ini boleh digunakan bersama data kes sedia ada bagi menyokong penentuan keutamaan pencegahan dan kawalan denggi.

6.4.2 Aras Program dan Pengurusan

a. Cadangan Pendekatan Kawalan Mengikut Struktur Rangkaian Daerah

Kajian ini menunjukkan bahawa struktur rangkaian tidak seragam antara daerah dan membentuk tiga corak utama, iaitu corak menjalar di Petaling, Hulu Langat, Klang dan Gombak, corak lebih bertumpu di Sepang, Hulu Selangor dan Kuala Langat serta corak modular kecil di Kuala Selangor dan Sabak Bernam. Oleh itu, JKN Selangor boleh mempertimbangkan maklumat struktur rangkaian sebagai maklumat tambahan dalam menyesuaikan keutamaan program kawalan mengikut konteks daerah, dan bukan menggunakan kepadatan penduduk semata-mata sebagai asas tindakan.

Bagi DBT yang menunjukkan corak menjalar dengan banyak komponen kecil, maklumat rangkaian menunjukkan keperluan memberi perhatian kepada beberapa kelompok kes setempat yang wujud secara serentak dan tidak hanya menumpukan satu lokaliti sahaja. Bagi Sepang, Hulu Selangor dan Kuala Langat yang menunjukkan corak lebih bertumpu, pemantauan boleh memberi perhatian kepada komponen atau kelompok kes yang menunjukkan keterhubungan yang lebih tinggi. Bagi Kuala Selangor dan Sabak Bernam yang menunjukkan corak modular kecil, tindakan boleh lebih tertumpu kepada komponen kecil dan lokaliti yang berkaitan berdasarkan penilaian epidemiologi setempat. Contohnya seperti kawalan pemeriksaan berkala dan pemusnahan tempat pembiakan di halaman rumah kampung, kebun atau ladang ternakan yang dikesan menjadi tempat pembiakan nyamuk *Aedes*.

Pendekatan ini tidak menggantikan klasifikasi wabak, penilaian risiko atau prosedur kawalan sedia ada, tetapi menyediakan lapisan maklumat tambahan mengenai bagaimana kes saling berpaut dan membentuk komponen dalam sesuatu daerah.

b. Cadangan Pengukuhan Survelan berdasarkan Analisis Rangkaian

Pengukuhan survelan boleh dilakukan melalui penggunaan data e-Dengue sedia ada untuk menghasilkan ringkasan struktur rangkaian secara berkala. Kajian ini menunjukkan bahawa hubungan ruang-masa antara kes boleh dibentuk secara sistematik daripada maklumat alamat kediaman dan tarikh bermula gejala. Berdasarkan dapatan ini, JKN Selangor melalui unit survelan boleh mempertimbangkan analisis

rangkaian secara berkala atau sebagai analisis tambahan kepada laporan epidemiologi daerah bagi membandingkan perubahan struktur rangkaian antara tempoh dan antara daerah. Maklumat ini seterusnya boleh disalurkan kepada PKD bagi menyokong program pencegahan dan kawalan bersasar.

Dapatan ERGM turut menunjukkan bahawa pemantauan tidak seharusnya bergantung kepada bilangan kes sahaja. Jenis kediaman, status kewarganegaraan dan kategori pelajar boleh digunakan sebagai maklumat tambahan untuk mengenal pasti konteks komuniti yang berkaitan dengan pembentukan pautan mengikut daerah. Bagi daerah seperti Petaling, Hulu Langat, Klang dan Hulu Selangor, pemantauan ini boleh mengambil kira keterlibatan kategori pelajar apabila peningkatan kes berlaku, manakala jenis kediaman boleh digunakan secara lebih meluas kerana kesannya yang konsisten merentas daerah. Pendekatan ini membolehkan JKN mengenal pasti lebih awal sama ada peningkatan kes berlaku bersama pengelompokan dalam konteks persekitaran atau populasi tertentu dan menyalurkan maklumat tersebut kepada PKD untuk tindakan selanjutnya.

6.4.3 Aras Komuniti dan Operasi di Daerah

a. Cadangan Penggunaan Maklumat Rangkaian dalam Penentuan Kawasan Keutamaan

Maklumat struktur rangkaian boleh digunakan oleh PKD sebagai maklumat tambahan kepada klasifikasi kes sporadik, wabak terkawal (WT), wabak tidak terkawal (WTK) dan *hotspot* yang digunakan dalam sistem kawalan sedia ada. Analisis rangkaian tidak bertujuan menggantikan definisi tersebut, tetapi dapat menambah maklumat mengenai bagaimana kes dalam sesuatu lokaliti saling berpaut berdasarkan hubungan ruang-masa.

Bagi membolehkan dapatan kajian dimanfaatkan di peringkat operasi, PKD dicadangkan menerima ringkasan analisis struktur rangkaian daerah masing-masing daripada JKN sebagai maklumat sokongan dalam mesyuarat epidemiologi berkala. Ringkasan ini boleh merangkumi bilangan dan saiz komponen, saiz komponen terbesar, keterhubungan antara kes serta ukuran pemusatan yang berkaitan.

PKD boleh menggunakan maklumat tersebut bersama bilangan kes, tempoh wabak dan maklumat lapangan untuk mengenal pasti kelompok kes yang memerlukan perhatian. Sebagai contoh, komponen yang melibatkan bilangan kes yang lebih besar, menunjukkan peningkatan keterhubungan atau berkembang dalam tempoh pemantauan boleh diberikan keutamaan untuk penilaian epidemiologi dan tindakan kawalan. Dengan cara ini, maklumat rangkaian berfungsi sebagai lapisan tambahan dalam penentuan keutamaan dan bukan sebagai kriteria tunggal untuk menentukan sesuatu lokaliti berisiko.

b. Cadangan Program Pencegahan Bersasar untuk Jangka Masa Panjang

Program pencegahan denggi boleh disesuaikan berdasarkan faktor pembentukan pautan yang dikenal pasti mengikut daerah. Dapatan menunjukkan bahawa homofili status kewarganegaraan mempunyai kesan yang lebih tinggi di beberapa daerah seperti Klang dan Hulu Selangor, kategori pelajar signifikan di beberapa daerah, manakala homofili jenis kediaman menunjukkan kesan yang paling konsisten merentas daerah.

Lokaliti yang mempunyai komuniti bukan warganegara yang lebih besar dan menunjukkan pembentukan pautan yang berkaitan dengan status kewarganegaraan, PKD boleh memperkukuh komunikasi risiko dalam bahasa yang sesuai serta melibatkan majikan, wakil komuniti atau pengurusan kediaman dalam aktiviti pencegahan dan kawalan vektor. Pendekatan ini perlu berasaskan konteks komuniti dan tidak menjadikan kewarganegaraan sebagai penanda risiko pada peringkat individu.

Bagi daerah yang menunjukkan kesan signifikan bagi kategori pelajar, PKD boleh memperkukuh kerjasama dengan sekolah, kolej, universiti dan asrama melalui pemantauan persekitaran, pendidikan kesihatan dan pelaporan kes pelajar oleh pendidik atau warden bagi membantu mengesan pengelompokan kes dalam kalangan pelajar. Walau bagaimanapun, status pelajar tidak dapat menentukan secara khusus sama ada jangkitan berlaku di institusi pendidikan, di asrama atau di lokasi lain kerana alamat kediaman yang direkodkan bagi pelajar boleh merangkumi rumah keluarga, asrama atau kolej kediaman.

Untuk jenis kediaman seperti bangunan tinggi, PKD boleh memperkukuh kerjasama dengan JMB, MC dan PBT untuk menjalankan pemeriksaan serta pemusnahan tempat pembiakan *Aedes* di kawasan guna sama. Pemeriksaan boleh merangkumi lokasi seperti ruang utiliti, kawasan landskap, saliran, tangki air dan kawasan lain yang berpotensi menakung air. Dapatan jenis kediaman yang konsisten dalam pembentukan pautan memberikan asas untuk memberi perhatian yang lebih sistematik kepada persekitaran kediaman bersama dan bukan hanya kepada unit kediaman kes.

Secara keseluruhan, cadangan pada aras PKD menekankan penggunaan maklumat struktur rangkaian bersama faktor jenis kediaman, status kewarganegaraan dan kategori pelajar untuk membantu menentukan kelompok kes, kawasan dan komuniti yang memerlukan tindakan pencegahan dan kawalan yang lebih bersasar.

6.5 CADANGAN PENYELIDIKAN MASA HADAPAN

Cadangan penyelidikan masa hadapan dalam kajian ini dibina daripada limitasi kajian, dengan setiap cadangan menangani had kajian yang berbeza supaya penyelidik masa hadapan dapat memahami dengan jelas penambahbaikan tersebut.

6.5.1 Penggunaan Data Masa Nyata (*Real-Time Data*) dan Model Rangkaian Temporal

Kajian ini membina rangkaian secara retrospektif menggunakan data surveilan tahun 2023, justeru dapatan yang dihasilkan menggambarkan corak yang telah berlaku dan bukan corak yang sedang berkembang. Penyelidikan masa hadapan wajar meneroka penggunaan data masa nyata atau hampir masa nyata dalam pembinaan rangkaian supaya pengesanan kluster aktif yang sedang berkembang dapat dilakukan lebih awal (Rotejanaprasert, Areechokchai & Maude 2024). Penggunaan model rangkaian temporal seperti Model Graf Rawak Eksponen Temporal (*Temporal Exponential Random Graph Model*, TERGM) atau Model Graf Rawak Eksponen Temporal Boleh Pisah (*Separable Temporal Exponential Random Graph Model*, STERGM) turut wajar diterokai bagi menilai bagaimana pautan muncul, kekal atau terputus mengikut masa, memberikan gambaran dinamik tentang perkembangan kluster berbanding ERGM yang menilai faktor pembentukan pautan secara statik (Hanneke, Fu & Xing 2010; Krivitsky

& Handcock 2014). Model dinamik ini boleh menjadi model ramalan (*predictor*) bagi pencegahan denggi dan memutuskan rangkaian penularan dari awal.

6.5.2 Penambahan Faktor yang Boleh Mempengaruhi Penularan Denggi

Dalam kajian ini, pautan dibina berasaskan hubungan ruang-masa di kediaman kes sedangkan pendedahan sebenar mungkin turut berlaku di lokasi lain yang berkait dengan rutin harian kes. Penyelidikan pada masa hadapan dicadangkan memasukkan maklumat tambahan yang berkait dengan konteks mobiliti seperti sekolah yang sama, tempat kerja, asrama atau lokasi aktiviti harian lain yang berpotensi mewujudkan pendedahan bersama. Penambahan maklumat ini boleh diperoleh melalui temu bual ringkas terhadap kes berpautan atau penggabungan data dengan sumber data mobiliti lain seperti data pergerakan dari aplikasi Waze. Ini boleh membantu membezakan lebih jelas antara hubungan ruang-masa yang bersifat umum dengan rangkaian penularan yang lebih bermakna dari sudut epidemiologi. Pengintegrasian data serotaip atau data genomik virus denggi turut wajar dipertimbangkan bagi mengesahkan sejauh mana pautan ruang-masa yang dibina adalah sama dengan rantaian penularan sebenar, memandangkan kajian terdahulu menunjukkan kes yang berdekatan dalam ruang dan masa lebih cenderung berkongsi serotaip yang sama (Salje et al. 2012, 2017).

6.5.3 Replikasi Kajian di Negeri atau Negara Endemik Denggi Lain

Kajian ini dijalankan di Selangor yang merupakan antara negeri berkepadatan tinggi di Malaysia, dengan kepelbagaian jenis perumahan dan komposisi komuniti yang mungkin tiada di negeri lain. Kesahan luaran dapatan kajian ini perlu disahkan sebelum ia boleh dianggap mewakili corak penularan denggi secara umum. Penyelidikan masa hadapan dicadangkan untuk mereplikasi pendekatan analisis rangkaian yang sama di negeri lain di Malaysia yang mempunyai profil epidemiologi dan komposisi komuniti yang berbeza. Ini bagi menilai sama ada corak homofili jenis kediaman dan kewarganegaraan yang dikenal pasti dalam kajian ini bersifat sejagat di Malaysia atau hanya khusus kepada Selangor sahaja. Replikasi di negara endemik denggi lain di Asia Tenggara turut wajar dipertimbangkan bagi membolehkan perbandingan yang berbeza dari segi kepadatan penduduk, jenis perumahan dominan dan komposisi komuniti.

6.6 KESIMPULAN

Analisis rangkaian berasaskan hubungan ruang-masa mampu mendedahkan corak penularan denggi yang tidak dikenal pasti melalui kaedah epidemiologi sedia ada. Terdapat tiga rumusan utama: penularan denggi di Selangor membentuk hubungan ruang-masa yang berstruktur dan bukan rawak; struktur rangkaian berbeza secara sistematik antara DBT dan DBR menunjukkan tiga corak rangkaian penularan yang berlainan; homofili jenis kediaman dan status kewarganegaraan merupakan faktor kuat meningkatkan kecenderungan pembentukan pautan. Kajian ini mencadangkan bahawa persekitaran kediaman yang dikongsi dan pengelompokan komuniti lebih penting berbanding ciri sosiodemografi individu dalam membentuk rangkaian penularan. Walaupun dapatan perlu ditafsir sebagai proksi berdasarkan hubungan ruang-masa dan bukan pengesahan virologi, kestabilan dapatan merentasi analisis sensitiviti mengukuhkan keyakinan bahawa corak yang diperhatikan berkemungkinan menepati ciri asas penularan denggi di Selangor. Pendekatan rangkaian ini berpotensi diaplikasikan dalam sistem kesihatan awam menggunakan data surveilan sedia ada. Pendekatan ini sekali gus menyokong agenda pengukuhan kesihatan awam negara selaras dengan RMK13 dan SDG 3.

RUJUKAN

- Ab Hamid, N., Mohd Noor, S.N., Isa, N.R., Md Rodzay, R., Bachtiar Effendi, A.M., Hafisool, A.A., Azman, F.A., Abdullah, S.F., Kamarul Zaman, M.K., Mohd Norsham, M.I., Amanzuri, N.H., Abd Khalil, N., Zambari, I.F., Mat Rani, A.N., Ariffin, F.D., Omar, T., Wasi Ahmad, N. & Lee, H.L. 2020. Vertical infestation profile of Aedes in selected urban high-rise residences in Malaysia. *Tropical Medicine and Infectious Disease* 5(3): 114. doi:10.3390/tropicalmed5030114.
- Abbasi, E. 2025. Global expansion of Aedes mosquitoes and their role in the transboundary spread of emerging arboviral diseases: a comprehensive review. *IJID One Health* 6: 100058. doi:10.1016/j.ijidoh.2025.100058.
- Abd Naeem, N.S. & Abdul Rahman, N. 2022. Spatio-temporal clustering analysis using two different scanning windows: a case study of dengue fever in Peninsular Malaysia. *Spatial and Spatio-Temporal Epidemiology* 41: 100496. doi:10.1016/j.sste.2022.100496.
- Abdullah, N.A., Dom, N.C., Salleh, S.A., Salim, H., Precha, N. & Dapari, R. 2025. Spatiotemporal dynamics of dengue hotspots in an urbanizing landscape: a five-year analysis in Selangor, Malaysia. *Clinical Epidemiology and Global Health* 32: 101966. doi:10.1016/j.cegh.2025.101966.
- AbuBakar, N., Behnke, J.M., Sahimin, N., Kang, X., Mohd Shahar, S.N., Lim, Y.A.L. & Mohd Zain, S.N. 2025. The dengue disquisition: a low-cost public housing conundrum in Klang Valley, Malaysia. *PLOS ONE* 20(1): e0317349. doi:10.1371/journal.pone.0317349.
- AbuBakar, S., Puteh, S.E.W., Kastner, R., Oliver, L., Lim, S.H., Hanley, R. & Gallagher, E. 2022. Epidemiology (2012-2019) and costs (2009-2019) of dengue in Malaysia: a systematic literature review. *International Journal of Infectious Diseases* 124: 240-247. doi:10.1016/j.ijid.2022.09.006.
- Alldstadt, J., Yoon, I., Tannitisupawong, D., Jarman, R.G., Thomas, S.J., Gibbons, R.V., Uppapong, A., Iamsirithaworn, S., Rothman, A.L., Scott, T.W. & Endy, T. 2012. Space-time analysis of hospitalised dengue patients in rural Thailand reveals important temporal intervals in the pattern of dengue virus transmission. *Tropical Medicine & International Health* 17(9): 1076–1085. doi:10.1111/j.1365-3156.2012.03040.x.
- Anker, M. & Arima, Y. 2011. Male-female differences in the number of reported incident dengue fever cases in six Asian countries. *Western Pacific Surveillance and Response* 2(2): 17–23. doi:10.5365/wpsar.2011.2.1.002.
- Araujo, R.V., Albertini, M.R., Costa-da-Silva, A.L., Suesdek, L., Franceschi, N.C.S., Bastos, N.M., Katz, G., Cardoso, V.A., Castro, B.C., Capurro, M.L. & Allegro, V.L.A.C. 2015. São Paulo urban heat islands have a higher incidence of dengue than other urban areas. *The Brazilian Journal of Infectious Diseases* 19(2): 146–155. doi:10.1016/j.bjid.2014.10.004.

- Arunachalam, N., Tana, S., Espino, F., Kittayapong, P., Abeyewickreme, W., Wai, K.T., Tyagi, B.K., Kroeger, A., Sommerfeld, J. & Petzold, M. 2010. Eco-bio-social determinants of dengue vector breeding: a multicountry study in urban and periurban Asia. *Bulletin of the World Health Organization* 88(3): 173–184. doi:10.2471/BLT.09.067892.
- Bansal, S., Grenfell, B.T. & Meyers, L.A. 2007. When individual behaviour matters: homogeneous and network models in epidemiology. *Journal of The Royal Society Interface* 4(16): 879–891. doi:10.1098/rsif.2007.1100.
- Barranco, O., Lozares, C. & Muntanyola-Saura, D. 2019. Heterophily in social groups formation: a social network analysis. *Quality & Quantity* 53(2): 599–619. doi:10.1007/s11135-018-0777-7.
- Barthélemy, M. 2011. Spatial networks. *Physics Reports* 499(1-3): 1–101. doi:10.1016/j.physrep.2010.11.002.
- Bastian, M., Heymann, S. & Jacomy, M. 2009. Gephi: An open source software for exploring and manipulating networks. *Proceedings of the International AAAI Conference on Web and Social Media* 3(1): 361–362. doi:10.1609/icwsm.v3i1.13937.
- Bhatt, S., Gething, P.W., Brady, O.J., Messina, J.P., Farlow, A.W., Moyes, C.L., Drake, J.M., Brownstein, J.S., Hoen, A.G., Sankoh, O., Myers, M.F., George, D.B., Jaenisch, T., Wint, G.R.W., Simmons, C.P., Scott, T.W., Farrar, J.J. & Hay, S.I. 2013. The global distribution and burden of dengue. *Nature* 496(7446): 504–507. doi:10.1038/nature12060.
- Bonacich, P. 1972. Factoring and weighting approaches to status scores and clique identification. *The Journal of Mathematical Sociology* 2(1): 113–120. doi:10.1080/0022250X.1972.9989806.
- Bonacich, P. 1987. Power and centrality: a family of measures. *American Journal of Sociology* 92(5): 1170–1182. doi:10.1086/228631.
- Cauchemez, S., Bhattarai, A., Marchbanks, T.L., Fagan, R.P., Ostroff, S., Ferguson, N.M., Swerdlow, D., Sodha, S.V., Moll, M.E., Angulo, F.J., Palekar, R., Archer, W.R. & Finelli, L. 2011. Role of social networks in shaping disease transmission during a community outbreak of 2009 H1N1 pandemic influenza. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 108(7): 2825–2830. doi:10.1073/pnas.1008895108.
- Chan, M. & Johansson, M.A. 2012. The incubation periods of dengue viruses. *PLoS ONE* 7(11): e50972. doi:10.1371/journal.pone.0050972.
- Chaudhary, M.N., Lim, V.-C., Faller, E.M., Regmi, P., Aryal, N., Mohd Zain, S.N., Azman, A.S. & Sahimin, N. 2024. Assessing the basic knowledge and awareness of dengue fever prevention among migrant workers in Klang Valley, Malaysia. *PLOS ONE* 19(2): e0297527. doi:10.1371/journal.pone.0297527.

- Chem, Y.K., Yenamandra, S.P., Chong, C.K., Mudin, R.N., Wan, M.K., Tajudin, N., Abu Bakar, R.S., Yamin, M.A., Yahya, R., Chang, C.-C., Koo, C., Ng, L.C. & Hapuarachchi, H.C. 2024. Molecular epidemiology of dengue in Malaysia: 2015-2021. *Frontiers in Genetics* 15: 1368843. doi:10.3389/fgene.2024.1368843.
- Cheong, Y.L., Leitao, P.J. & Lakes, T. 2014. Assessment of land use factors associated with dengue cases in Malaysia using Boosted Regression Trees. *Spatial and Spatio-Temporal Epidemiology* 10: 75–84. doi:10.1016/j.sste.2014.05.002.
- Chew, C.H., Woon, Y.L., Amin, F., Adnan, T.H., Abdul Wahab, A.H., Ahmad, Z.E., Bujang, M.A., Abdul Hamid, A.M., Jamal, R., Chen, W.S., Hor, C.P., Yeap, L., Hoo, L.P., Goh, P.P. & Lim, T.O. 2016. Rural-urban comparisons of dengue seroprevalence in Malaysia. *BMC Public Health* 16(1): 824. doi:10.1186/s12889-016-3496-9.
- Chouin-Carneiro, T. & dos Santos, F.B. 2017. Transmission of major arboviruses in Brazil: The role of *Aedes aegypti* and *Aedes albopictus* vectors. Dlm. Shields, V.D.C. (pnyt.). *Biological Control of Pest and Vector Insects*, hlm. 231–254. Rijeka, Croatia: InTech. doi:10.5772/66946.
- Christley, R.M., Pinchbeck, G.L., Bowers, R.G., Clancy, D., French, N.P., Bennett, R. & Turner, J. 2005. Infection in social networks: using network analysis to identify high-risk individuals. *American Journal of Epidemiology* 162(10): 1024–1031. doi:10.1093/aje/kwi308.
- Clipman, S.J., Mehta, S.H., Mohapatra, S., Srikrishnan, A.K., Zook, K.J.C., Duggal, P., Saravanan, S., Nandagopal, P., Kumar, M.S., Lucas, G.M., Latkin, C.A. & Solomon, S.S. 2022. Deep learning and social network analysis elucidate drivers of HIV transmission in a high-incidence cohort of people who inject drugs. *Science Advances* 8(42): eabf0158. doi:10.1126/sciadv.abf0158.
- Csardi, G. & Nepusz, T. 2006. The igraph software package for complex network research. *InterJournal, Complex Systems* 1695. <https://igraph.org> [16 Jun 2024].
- Dalpadado, R., Amarasinghe, D., Gunathilaka, N. & Ariyaratna, N. 2022. Bionomic aspects of dengue vectors *Aedes aegypti* and *Aedes albopictus* at domestic settings in urban, suburban and rural areas in Gampaha District, Western Province of Sri Lanka. *Parasites & Vectors* 15(1): 148. doi:10.1186/s13071-022-05261-3.
- De Santis, O., Bouscaren, N. & Flahault, A. 2023. Asymptomatic dengue infection rate: A systematic literature review. *Heliyon* 9(9): e20069. doi:10.1016/j.heliyon.2023.e20069.
- Dom, N.C., Ahmad, A.H., Latif, Z.A., Ismail, R. & Pradhan, B. 2013a. Coupling of remote sensing data and environmental-related parameters for dengue transmission risk assessment in Subang Jaya, Malaysia. *Geocarto International* 28(3): 258–272. doi:10.1080/10106049.2012.696726.
- Dom, N.C., Faiz Madzlan, M., Nadira Yusoff, S.N., Hassan Ahmad, A., Ismail, R. & Nazrina Camalxaman, S. 2016. Profile distribution of juvenile *Aedes* species in an

- urban area of Malaysia. *Transactions of The Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene* 110(4): 237–245. doi:10.1093/trstmh/trw015.
- Dom, N.C., Hassan, A.A., Latif, Z.A. & Ismail, R. 2013b. Generating temporal model using climate variables for the prediction of dengue cases in Subang Jaya, Malaysia. *Asian Pacific Journal of Tropical Disease* 3(5): 352–361. doi:10.1016/S2222-1808(13)60084-5.
- Dom, N.C., Hisyam, A.N.S., Saeman, M.N., Latib, N.A.A., Ramli, M.I., Fisal, Z.A.M., Yusoff, N.M., Osman, M.A., Dapari, R. & Salleh, S.A. 2026. Housing structure shapes dengue transmission dynamics in a rapidly urbanizing Malaysian district. *Scientific Reports* 16(1): 6840. doi:10.1038/s41598-026-35904-9.
- Dufault, S.M., Tanamas, S.K., Indriani, C., Utarini, A., Ahmad, R.A., Jewell, N.P., Simmons, C.P. & Anders, K.L. 2022. Disruption of spatiotemporal clustering in dengue cases by wMel Wolbachia in Yogyakarta, Indonesia. *Scientific Reports* 12(1): 9890. doi:10.1038/s41598-022-13749-2.
- Edenborough, K., Supriyati, E., Dufault, S., Arguni, E., Indriani, C., Denton, J., Sasmono, R.T., Ahmad, R.A., Anders, K.L. & Simmons, C.P. 2024. Dengue virus genomic surveillance in the applying Wolbachia to eliminate dengue trial reveals genotypic efficacy and disruption of focal transmission. *Scientific Reports* 14: 28004. doi:10.1038/s41598-024-78008-y.
- Erdős, P. & Rényi, A. 1960. On the evolution of random graphs. *Publications of the Mathematical Institute of the Hungarian Academy of Sciences* 5: 17–61.
- Ferreira-De-Lima, V.H. & Lima-Camara, T.N. 2018. Natural vertical transmission of dengue virus in *Aedes aegypti* and *Aedes albopictus*: a systematic review. *Parasites and Vectors* 11(1): 77. doi:10.1186/s13071-018-2643-9.
- Freeman, L.C. 1977. A set of measures of centrality based on betweenness. *Sociometry* 40(1): 35–41. doi:10.2307/3033543.
- Freeman, L.C. 2004. *The Development of Social Network Analysis: A Study in the Sociology of Science*. Vancouver: Empirical Press.
- GADM. 2025. *GADM maps and data: Database of Global Administrative Areas (Version 4.1)*. <https://gadm.org/data.html> [16 Disember 2025].
- Galvani, A.P. & May, R.M. 2005. Dimensions of superspreading. *Nature* 438(7066): 293–295. doi:10.1038/438293a.
- Getis, A., Morrison, A.C., Gray, K. & Scott, T.W. 2003. Characteristics of the spatial pattern of the dengue vector, *Aedes aegypti*, in Iquitos, Peru. *The American Journal of Tropical Medicine and Hygiene* 69(5): 494–505. doi:10.4269/ajtmh.2003.69.494.
- Goodreau, S.M., Kitts, J.A. & Morris, M. 2009. Birds of a feather, or friend of a friend? Using exponential random graph models to investigate adolescent social networks. *Demography* 46(1): 103–125. doi:10.1353/dem.0.0045.

- Halstead, S.B. 2007. Dengue. *The Lancet* 370(9599): 1644–1652. doi:10.1016/S0140-6736(07)61687-0.
- Hanneke, S., Fu, W. & Xing, E.P. 2010. Discrete temporal models of social networks. *Electronic Journal of Statistics* 4: 585–605. doi:10.1214/09-EJS548.
- Harrington, L.C., Edman, J.D. & Scott, T.W. 2001. Why do female *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) feed preferentially and frequently on human blood? *Journal of Medical Entomology* 38(3): 411–422. doi:10.1603/0022-2585-38.3.411.
- Harrington, L.C., Fleisher, A., Ruiz-Moreno, D., Vermeylen, F., Wa, C.V., Poulson, R.L., Edman, J.D., Clark, J.M., Jones, J.W., Kitthawee, S. & Scott, T.W. 2014. Heterogeneous feeding patterns of the dengue vector, *Aedes aegypti*, on individual human hosts in rural Thailand. *PLoS Neglected Tropical Diseases* 8(8): e3048. doi:10.1371/journal.pntd.0003048.
- Harrington, L.C., Scott, T.W., Lerdthusnee, K., Coleman, R.C., Costero, A., Clark, G.G., Jones, J.J., Kitthawee, S., Kittayapong, P., Sithiprasasna, R. & Edman, J.D. 2005. Dispersal of the dengue vector *Aedes aegypti* within and between rural communities. *The American Journal of Tropical Medicine and Hygiene* 72(2): 209–220. doi:10.4269/ajtmh.2005.72.209.
- Hassan, H., Shohaimi, S. & Hashim, N.R. 2012. Risk mapping of dengue in Selangor and Kuala Lumpur, Malaysia. *Geospatial Health* 7(1): 21–25. doi:10.4081/gh.2012.10.
- Hemme, R.R., Thomas, C.L., Chadee, D.D. & Severson, D.W. 2010. Influence of urban landscapes on population dynamics in a short-distance migrant mosquito: evidence for the dengue vector *Aedes aegypti*. *PLoS Neglected Tropical Diseases* 4(3): e634. doi:10.1371/journal.pntd.0000634.
- Herath, J.M.M.K., De Silva, W.A.P.P., Weeraratne, T.C. & Karunaratne, S.H.P.P. 2024. Breeding habitat preference of the dengue vector mosquitoes *Aedes aegypti* and *Aedes albopictus* from urban, semiurban, and rural areas in Kurunegala district, Sri Lanka. *Journal of Tropical Medicine* 2024: 4123543. doi:10.1155/2024/4123543.
- Hii, Y.L., Zaki, R.A., Aghamohammadi, N. & Rocklov, J. 2016. Research on climate and dengue in Malaysia: a systematic review. *Current Environmental Health Reports* 3(1): 81–90. doi:10.1007/s40572-016-0078-z.
- Hunter, D.R. & Handcock, M.S. 2006. Inference in curved exponential family models for networks. *Journal of Computational and Graphical Statistics* 15(3): 565–583. doi:10.1198/106186006X133069.
- Hunter, D.R. 2007. Curved exponential family models for social networks. *Social Networks* 29(2): 216–230. doi:10.1016/j.socnet.2006.08.005.
- Hunter, D.R., Goodreau, S.M. & Handcock, M.S. 2008a. Goodness of fit of social network models. *Journal of the American Statistical Association* 103(481): 248–258. doi:10.1198/016214507000000446.

- Hunter, D.R., Handcock, M.S., Butts, C.T., Goodreau, S.M. & Morris, M. 2008b. *ergm*: A package to fit, simulate and diagnose exponential-family models for networks. *Journal of Statistical Software* 24(3): 1–29. doi:10.18637/jss.v024.i03.
- Idengue. 2026. *Definisi Kawasan Wabak Aktif dan Hotspot*. Portal iDengue, Agensi Angkasa Malaysia (MYSA) dan Bahagian Kawalan Penyakit, Kementerian Kesihatan Malaysia. https://idengue.mysa.gov.my/denggi_d.html#page=6 [1 Mei 2026].
- Jacquez, G.M. 2012. A research agenda: does geocoding positional error matter in health GIS studies? *Spatial and Spatio-Temporal Epidemiology* 3(1): 7–16. doi:10.1016/j.sste.2012.02.002.
- JKNS. 2023. *Laporan Mingguan Demam Denggi Negeri Selangor*. Jabatan Kesihatan Negeri Selangor. https://jknselangor.moh.gov.my/images/2023/denggi/ME50_23.pdf [20 Disember 2025].
- JKNS. 2025a. *Situasi Semasa Kes Demam Denggi Negeri Selangor: Minggu Epidemiologi 1/2025*. Jabatan Kesihatan Negeri Selangor. https://jknselangor.moh.gov.my/images/2025/Denggi%20ME/Minggu_Epid_1.2_025_Situasi_Semasa_Kes_Demam_Denggi_Negeri_Selangor_Sehingga_4_Jan_2025_1.pdf [15 Februari 2026].
- JKNS. 2025b. *Situasi Semasa Kes Demam Denggi Negeri Selangor: Minggu Epidemiologi 52/2025*. Jabatan Kesihatan Negeri Selangor. https://jknselangor.moh.gov.my/images/2025/Denggi%20ME/ME52_25.pdf [13 Mac 2026].
- Joshi, V., Mourya, D.T. & Sharma, R.C. 2002. Persistence of dengue-3 virus through transovarial transmission passage in successive generations of *Aedes aegypti* mosquitoes. *The American Journal of Tropical Medicine and Hygiene* 67(2): 158–161. doi:10.4269/ajtmh.2002.67.158.
- JPM. 2020. *Banci Penduduk dan Perumahan Malaysia 2020*. Putrajaya: Jabatan Perangkaan Malaysia. <https://www.dosm.gov.my/uploads/publications/20221020150523.pdf> [20 Mei 2026].
- JPM. 2024. *Anggaran Penduduk Semasa Malaysia 2024*. Jabatan Perangkaan Malaysia. <https://open.dosm.gov.my/dashboard/population> [16 Februari 2025].
- Katzelnick, L.C., Gresh, L., Halloran, M.E., Mercado, J.C., Kuan, G., Gordon, A., Balmaseda, A. & Harris, E. 2017. Antibody-dependent enhancement of severe dengue disease in humans. *Science* 358(6365): 929–932. doi:10.1126/science.aan6836.
- KE. 2025. *Rancangan Malaysia Ke-13 2026-2030*. Putrajaya: Kementerian Ekonomi Malaysia. <https://rmk13.ekonomi.gov.my/> [16 Februari 2026].

- Keeling, M.J. & Eames, K.T.D. 2005. Networks and epidemic models. *Journal of The Royal Society Interface* 2(4): 295–307. doi:10.1098/rsif.2005.0051.
- Khan, M.B., Yang, Z.-S., Lin, C.-Y., Hsu, M.-C., Urbina, A.N., Assavalapsakul, W., Wang, W.-H., Chen, Y.-H. & Wang, S.-F. 2023. Dengue overview: an updated systemic review. *Journal of Infection and Public Health* 16(10): 1625–1642. doi:10.1016/j.jiph.2023.08.001.
- KKM. 2002. *Program Quality Assurance Kawalan Penyakit Bawaan Vektor Pindaan 2002*. Cawangan Penyakit Bawaan Vektor, Bahagian Kawalan Penyakit, Kementerian Kesihatan Malaysia.
- KKM. 2017. *Case Definition of Infectious Disease*. Ed. ke-3. Putrajaya: Kementerian Kesihatan Malaysia. <https://jknjohor.moh.gov.my/jknj/wp-content/uploads/2024/06/Case-Definition-Of-Infectious-Disease-3rd-Edition-2017.pdf> [16 Februari 2025].
- KKM. 2022. *Pelan Strategik Pencegahan Dan Kawalan Denggi Kebangsaan*. Sektor Penyakit Bawaan Vektor, Bahagian Kawalan Penyakit, Kementerian Kesihatan Malaysia. https://www.moh.gov.my/moh/resources/Penerbitan/Pelan%20Strategik%20Buku_Pelan_Strategik_Pencegahan_dan_Kawalan_Denggi_Kebangsaan_Final.pdf [16 Februari 2025].
- KKM. 2025. *Situasi Semasa Demam Denggi di Malaysia Tahun 2024*. Putrajaya: Kementerian Kesihatan Malaysia. https://www.moh.gov.my/images/kenyataan-media/2025/KENYATAAN_MEDIA_KKM_-_SITUASI_SEMASA_DEMAM_DENGGI_DI_MALAYSIA.pdf [18 Februari 2025].
- Knox, E.G. 1964. The detection of space-time interactions. *Applied Statistics* 13(1): 25. doi:10.2307/2985220.
- Koskinen, J. & Snijders, T.A.B. 2013. Simulation, estimation, and goodness of fit. Dlm. Lusher, D., Koskinen, J. & Robins, G. (pnyt.). *Exponential Random Graph Models for Social Networks: Theory, Methods, and Applications*, hlm. 141–166. New York: Cambridge University Press. doi:10.1017/CBO9780511894701.014.
- Krivitsky, P.N. & Handcock, M.S. 2014. A separable model for dynamic networks. *Journal of the Royal Statistical Society Series B: Statistical Methodology* 76(1): 29–46. doi:10.1111/rssb.12014.
- Krivitsky, P.N., Hunter, D.R., Morris, M. & Klumb, C. 2023. ergm 4: new features for analyzing exponential-family random graph models. *Journal of Statistical Software* 105(6): 1–44. doi:10.18637/jss.v105.i06.
- Lau, K.W., Chen, C.D., Lee, H.L., Izzul, A.A., Asri-Isa, M., Zulfadli, M. & Sofian-Azirun, M. 2013. Vertical distribution of Aedes mosquitoes in multiple storey buildings in Selangor and Kuala Lumpur, Malaysia. *Tropical Biomedicine* 30(1): 36–45.

- Levy, M.A. 2016. gwdegree: improving interpretation of geometrically-weighted degree estimates in exponential random graph models. *The Journal of Open Source Software* 1(3): 36. doi:10.21105/joss.00036.
- Light, R. & Moody, J. (pnyt.). 2021. *The Oxford Handbook of Social Networks*. New York: Oxford University Press.
- Lim, J.T., Dickens, B.L., Ong, J., Aik, J., Lee, V.J., Cook, A.R. & Ng, L.C. 2021. Decreased dengue transmission in migrant worker populations in Singapore attributable to SARS-CoV-2 quarantine measures. *Journal of Travel Medicine* 28(2): taaa228. doi:10.1093/jtm/taaa228.
- Liu, Y., Wang, X., Tang, S. & Cheke, R.A. 2023. The relative importance of key meteorological factors affecting numbers of mosquito vectors of dengue fever. *PLOS Neglected Tropical Diseases* 17(4): e0011247. doi:10.1371/journal.pntd.0011247.
- Lloyd-Smith, J.O., Schreiber, S.J., Kopp, P.E. & Getz, W.M. 2005. Superspreading and the effect of individual variation on disease emergence. *Nature* 438(7066): 355–359. doi:10.1038/nature04153.
- Loganathan, T., Rui, D., Ng, C.-W. & Pocock, N.S. 2019. Breaking down the barriers: understanding migrant workers' access to healthcare in Malaysia. *PLOS ONE* 14(7): e0218669. doi:10.1371/journal.pone.0218669.
- Luke, D. 2015. *A User's Guide to Network Analysis in R*. Cham: Springer International Publishing.
- Lusher, D., Koskinen, J. & Robins, G. 2013. *Exponential Random Graph Models for Social Networks: Theory, Methods, and Applications*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Ma, T. & Zuharah, W.F. 2026. The susceptibility status of *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) mosquitoes in Malaysia on pyrethroid and organophosphate insecticides with first detection of T1520I mutation. *Scientific Reports* 16(1): 10375. doi:10.1038/s41598-026-41000-9.
- Maciel-de-Freitas, R., Codeco, C.T. & Lourenco-De-Oliveira, R. 2007. Body size-associated survival and dispersal rates of *Aedes aegypti* in Rio de Janeiro. *Medical and Veterinary Entomology* 21(3): 284–292. doi:10.1111/j.1365-2915.2007.00694.x.
- Malaysia. 2013. *Akta Pengurusan Strata 2013 (Akta 757)*. Kuala Lumpur: Percetakan Nasional Malaysia Berhad.
- Mammen, M.P., Pimgate, C., Koenraadt, C.J.M., Rothman, A.L., Aldstadt, J., Nisalak, A., Jarman, R.G., Jones, J.W., Srikiatkachorn, A., Ypil-Butac, C.A., Getis, A., Thammaphalo, S., Morrison, A.C., Libraty, D.H., Green, S. & Scott, T.W. 2008. Spatial and temporal clustering of dengue virus transmission in Thai villages. *PLoS Medicine* 5(11): e205. doi:10.1371/journal.pmed.0050205.

- Mansor, J., Safian, N., Abdul Razak, F., Ismail, H., Ghazali, M.H. & Ismail, N. 2024. Understanding the progress of COVID-19 transmission in a rural district: a social network approach. *PeerJ* 12: e18571. doi:10.7717/peerj.18571.
- Marcantonio, M., Reyes, T. & Barker, C.M. 2019. Quantifying *Aedes aegypti* dispersal in space and time: a modeling approach. *Ecosphere* 10(12). doi:10.1002/ecs2.2977.
- Marchiori, M. & Latora, V. 2000. Harmony in the small-world. *Physica A: Statistical Mechanics and Its Applications* 285(3-4): 539–546. doi:10.1016/S0378-4371(00)00311-3.
- Marini, F., Caputo, B., Pombi, M., Tarsitani, G. & Della Torre, A. 2010. Study of *Aedes albopictus* dispersal in Rome, Italy, using sticky traps in mark-release-recapture experiments. *Medical and Veterinary Entomology* 24(4): 361–368. doi:10.1111/j.1365-2915.2010.00898.x.
- Marquez, C., Chen, Y., Atukunda, M., Chamie, G., Balzer, L.B., Kironde, J., Ssemmondo, E., Mwangwa, F., Kabami, J., Owaraganise, A., Kakande, E., Abbott, R., Ssekyanzi, B., Koss, C., Kanya, M.R., Charlebois, E.D., Havlir, D.V. & Petersen, M.L. 2023. The association between social network characteristics and tuberculosis infection among adults in 9 rural Ugandan communities. *Clinical Infectious Diseases* 76(3): e902–e909. doi:10.1093/cid/ciac669.
- Martínez-López, B., Perez, A.M. & Sanchez-Vizcaino, J.M. 2009. Social network analysis. Review of general concepts and use in preventive veterinary medicine. *Transboundary and Emerging Diseases* 56(4): 109–120. doi:10.1111/j.1865-1682.2009.01073.x.
- Masrani, A.S., Nik Husain, N.R., Musa, K.I. & Yasin, A.S. 2022. Trends and spatial pattern analysis of dengue cases in northeast Malaysia. *Journal of Preventive Medicine and Public Health* 55(1): 80–87. doi:10.3961/jpmph.21.461.
- McPherson, M., Smith-Lovin, L. & Cook, J.M. 2001. Birds of a feather: homophily in social networks. *Annual Review of Sociology* 27(1): 415–444. doi:10.1146/annurev.soc.27.1.415.
- Md Iderus, N.H., Singh, S.S.L., Ghazali, S.M., Zulkifli, A.A., Ghazali, N.A.M., Lim, M.C., Ahmad, L.C.R.Q., Md Nadzri, M.N., Tan, C.V., Md Zamri, A.S.S., Lai, C.H., Nordin, N.S., Kamarudin, M.K., Wan, M.K., Mokhtar, N., Jelip, J., Gill, B.S. & Ahmad, N.A.R. 2023. The effects of the COVID-19 pandemic on dengue cases in Malaysia. *Frontiers in Public Health* 11: 1213514. doi:10.3389/fpubh.2023.1213514.
- Miller, P.B., Zalwango, S., Galiwango, R., Kakaire, R., Sekandi, J., Steinbaum, L., Drake, J.M., Whalen, C.C. & Kiwanuka, N. 2021. Association between tuberculosis in men and social network structure in Kampala, Uganda. *BMC Infectious Diseases* 21(1): 1023. doi:10.1186/s12879-021-06475-z.
- Morris, M. & Kretzschmar, M. 1997. Concurrent partnerships and the spread of HIV. *AIDS* 11(5): 641–648. doi:10.1097/00002030-199705000-00012.

- Muhammad, N.A.F., Abu Kassim, N.F., Ab Majid, A.H., Abd Rahman, A., Dieng, H. & Avicor, S.W. 2020. Biting rhythm and demographic attributes of *Aedes albopictus* (Skuse) females from different urbanized settings in Penang Island, Malaysia under uncontrolled laboratory conditions. *PLOS ONE* 15(11): e0241688. doi:10.1371/journal.pone.0241688.
- Murphy, A., Rajahram, G.S., Jilip, J., Maluda, M., William, T., Hu, W., Reid, S., Devine, G.J. & Frentiu, F.D. 2020. Incidence and epidemiological features of dengue in Sabah, Malaysia. *PLOS Neglected Tropical Diseases* 14(5): e0007504. doi:10.1371/journal.pntd.0007504.
- Murray, N.E.A., Quam, M.B. & Wilder-Smith, A. 2013. Epidemiology of dengue: past, present and future prospects. *Clinical Epidemiology* 5: 299–309. doi:10.2147/CLEP.S34440.
- Mutebi, J.-P., Wilke, A.B.B., Ostrum, E., Vasquez, C., Cardenas, G., Carvajal, A., Moreno, M., Petrie, W.D., Rodriguez, A., Presas, H., Rodriguez, J., Barnes, F., Hamer, G.L., Juarez, J.G., Carbajal, E., Vitek, C.J., Estrada, X., Rios, T., Marshall, J. & Beier, J.C. 2022. Diel activity patterns of two distinct populations of *Aedes aegypti* in Miami, FL and Brownsville, TX. *Scientific Reports* 12(1): 5315. doi:10.1038/s41598-022-06586-w.
- MYSA. 2022. *Situasi Semasa Demam Denggi di Malaysia*. Agensi Angkasa Malaysia. <https://idengue.mysa.gov.my/pdf/statistik.pdf> [13 Jun 2024].
- Nagarajan, K., Muniyandi, M., Palani, B. & Sellappan, S. 2020. Social network analysis methods for exploring SARS-CoV-2 contact tracing data. *BMC Medical Research Methodology* 20(1): 233. doi:10.1186/s12874-020-01119-3.
- Natural Earth. 2025. *Natural Earth: Free vector and raster map data*. <https://www.naturalearthdata.com/> [16 Disember 2025].
- Nelson, K.N., Gandhi, N.R., Mathema, B., Lopman, B.A., Brust, J.C.M., Auld, S.C., Ismail, N., Omar, S.V., Brown, T.S., Allana, S., Campbell, A., Moodley, P., Mlisana, K., Shah, N.S. & Jenness, S.M. 2020. Modeling missing cases and transmission links in networks of extensively drug-resistant tuberculosis in KwaZulu-Natal, South Africa. *American Journal of Epidemiology* 189(7): 735–745. doi:10.1093/aje/kwaa028.
- Newman, M.E.J. 2003. Mixing patterns in networks. *Physical Review E* 67(2): 026126. doi:10.1103/PhysRevE.67.026126.
- Newman, M.E.J. 2010. *Networks: An Introduction*. Oxford: Oxford University Press.
- Nik Abdull Halim, N.M.H., Che Dom, N., Dapari, R., Salim, H. & Precha, N. 2022. A systematic review and meta-analysis of the effects of temperature on the development and survival of the *Aedes* mosquito. *Frontiers in Public Health* 10: 1074028. doi:10.3389/fpubh.2022.1074028.
- Oo, T.S., Lin, C.-Y., Tsai, Y.-T., Laosee, O., Jamaimool, P., Buadit, T. & Rattanapan, C. 2025. Socio-ecological factors of dengue preventive practices among Myanmar

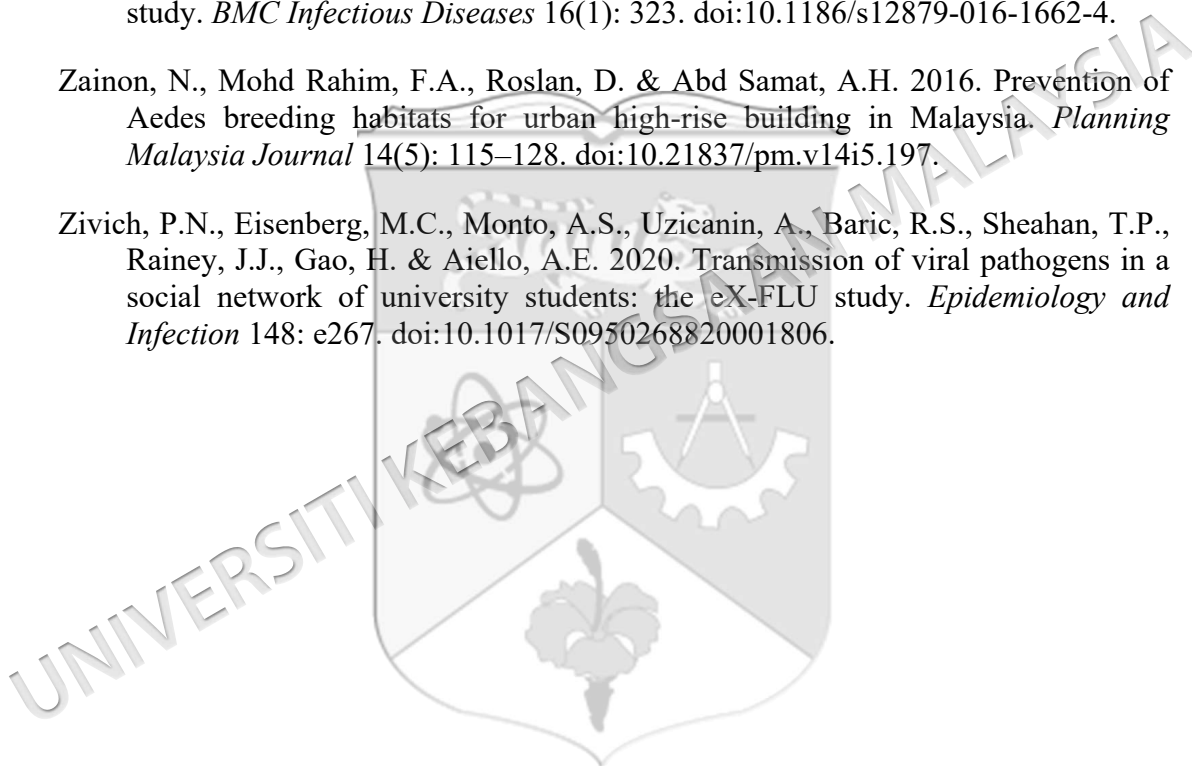
- migrants in Samut Sakhon Province, Thailand. *BMC Infectious Diseases* 25: 1586. doi:10.1186/s12879-025-12017-8.
- Packierisamy, P.R., Ng, C.-W., Dahlui, M., Inbaraj, J., Balan, V.K., Halasa, Y.A. & Shepard, D.S. 2015. Cost of dengue vector control activities in Malaysia. *The American Journal of Tropical Medicine and Hygiene* 93(5): 1020–1027. doi:10.4269/ajtmh.14-0667.
- Pando, C., Hazel, A., Tsang, L.Y., Razafindrina, K., Andriamiadanarivo, A., Rabetombosoa, R.M., Ambinintsoa, I., Sadananda, G., Small, P.M., Knoblauch, A.M., Rakotosamimanana, N. & Grandjean Lapierre, S. 2023. A social network analysis model approach to understand tuberculosis transmission in remote rural Madagascar. *BMC Public Health* 23: 1511. doi:10.1186/s12889-023-16425-w.
- Pellis, L., Ball, F., Bansal, S., Eames, K., House, T., Isham, V. & Trapman, P. 2015. Eight challenges for network epidemic models. *Epidemics* 10: 58–62. doi:10.1016/j.epidem.2014.07.003.
- Peña-García, V.H., LaBeaud, A.D., Ndenga, B.A., Mutuku, F.M., Bisanzio, D., Andrews, J.R. & Mordecai, E.A. 2025. Non-household environments make a major contribution to dengue transmission: implications for vector control. *Royal Society Open Science* 12(4): 241919. doi:10.1098/rsos.241919.
- QGIS Development Team. 2025. *QGIS Geographic Information System*. QGIS Association. <https://www.qgis.org/> [16 Disember 2025].
- Rasli, R., Cheong, Y.L., Che Ibrahim, M.K., Farahininajua Fikri, S.F., Norzali, R.N., Nazarudin, N.A., Hamdan, N.F., Muhamed, K.A., Hafisool, A.A., Azmi, R.A., Ismail, H.A., Ali, R., Ab Hamid, N., Taib, M.Z., Omar, T., Wasi Ahmad, N. & Lee, H.L. 2021. Insecticide resistance in dengue vectors from hotspots in Selangor, Malaysia. *PLOS Neglected Tropical Diseases* 15(3): e0009205. doi:10.1371/journal.pntd.0009205.
- Ratanawong, P., Kittayapong, P., Olanratmanee, P., Wilder-Smith, A., Byass, P., Tozan, Y., Dambach, P., Quinonez, C.A.M. & Louis, V.R. 2016. Spatial variations in dengue transmission in schools in Thailand. *PLOS ONE* 11(9): e0161895. doi:10.1371/journal.pone.0161895.
- Reiner, R.C., Stoddard, S.T. & Scott, T.W. 2014. Socially structured human movement shapes dengue transmission despite the diffusive effect of mosquito dispersal. *Epidemics* 6: 30–36. doi:10.1016/j.epidem.2013.12.003.
- Robins, G., Pattison, P., Kalish, Y. & Lusher, D. 2007. An introduction to exponential random graph (p) models for social networks. *Social Networks* 29(2): 173–191. doi:10.1016/j.socnet.2006.08.002.
- Rohani, A., Zamree, I., Joseph, R.T. & Lee, H.L. 2008. Persistency of transovarial dengue virus in *Aedes aegypti* (Linn.). *Southeast Asian Journal of Tropical Medicine and Public Health* 39(5): 813–816.

- Rotejanaprasert, C., Areechokchai, D. & Maude, R.J. 2024. Two-step spatiotemporal anomaly detection corrected for lag reporting time with application to real-time dengue surveillance in Thailand. *BMC Medical Research Methodology* 24(1): 10. doi:10.1186/s12874-024-02141-5.
- RStudio Team. 2023. *RStudio: Integrated Development Environment for R*. Boston, MA: RStudio, PBC. <https://posit.co/> [13 April 2026].
- Rudnick, A., Tan, E.E., Lucas, J.K. & Omar, M.B. 1965. Mosquito-borne haemorrhagic fever in Malaya. *BMJ* 1(5445): 1269–1272. doi:10.1136/bmj.1.5445.1269.
- Russell, R.C., Webb, C.E., Williams, C.R. & Ritchie, S.A. 2005. Mark-release-recapture study to measure dispersal of the mosquito *Aedes aegypti* in Cairns, Queensland, Australia. *Medical and Veterinary Entomology* 19(4): 451–457. doi:10.1111/j.1365-2915.2005.00589.x.
- Saadatian-Elahi, M., Rabilloud, M., Mohlmann, T.W.R., Langlois-Jacques, C., Ariffin, F.D., Farenhorst, M., Elsensohn, M.-H., Schmitt, F., Richardson, J.H., Baur, F., Leduc, M., Romli, N.N., Tan, L.K., Norazman, M.-R., Shahar, H., Mudin, R.N., Alexander, N. & Ab Hamid, N. 2025. Effectiveness of integrated vector management on the incidence of dengue in urban Malaysia: a cluster-randomised controlled trial. *The Lancet Infectious Diseases* 25(9): 977–985. doi:10.1016/S1473-3099(25)00086-6.
- Sahimin, N., Low, Z.X., Hassandarvish, P., Mohd Hanapi, I.R., Mohd Zain, S.N., Yahaya, H. & Abu Bakar, S. 2024. Seroprevalence of dengue and chikungunya viruses among urban refugees in Klang Valley, Malaysia. *Transactions of the Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene* 118(5): 328–335. doi:10.1093/trstmh/trad097.
- Salje, H., Lessler, J., Endy, T.P., Curriero, F.C., Gibbons, R.V., Nisalak, A., Nimmannitya, S., Kalayanarooj, S., Jarman, R.G., Thomas, S.J., Burke, D.S. & Cummings, D.A.T. 2012. Revealing the microscale spatial signature of dengue transmission and immunity in an urban population. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 109(24): 9535–9538. doi:10.1073/pnas.1120621109.
- Salje, H., Lessler, J., Maljkovic Berry, I., Melendrez, M.C., Endy, T., Kalayanarooj, S., A-Nuegoonpipat, A., Chanama, S., Sangkijporn, S., Klungthong, C., Thaisomboonsuk, B., Nisalak, A., Gibbons, R.V., Iamsirithaworn, S., Macareo, L.R., Yoon, I.-K., Sangarsang, A., Jarman, R.G. & Cummings, D.A.T. 2017. Dengue diversity across spatial and temporal scales: local structure and the effect of host population size. *Science* 355(6331): 1302–1306. doi:10.1126/science.aaj9384.
- Saraswathi, S., Mukhopadhyay, A., Shah, H. & Ranganath, T.S. 2020. Social network analysis of COVID-19 transmission in Karnataka, India. *Epidemiology and Infection* 148: e230. doi:10.1017/S095026882000223X.
- Schaffrick, N.H., Milbrath, M.O., Berrocal, V.J., Wilson, M.L. & Eisenberg, J.N.S. 2013. Spatial clustering of *Aedes aegypti* related to breeding container

- characteristics in coastal Ecuador: implications for dengue control. *The American Journal of Tropical Medicine and Hygiene* 89(4): 758–765. doi:10.4269/ajtmh.12-0485.
- Scott, T.W., Amerasinghe, P.H., Morrison, A.C., Lorenz, L.H., Clark, G.G., Strickman, D., Kittayapong, P. & Edman, J.D. 2000. Longitudinal studies of *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) in Thailand and Puerto Rico: blood feeding frequency. *Journal of Medical Entomology* 37(1): 89–101. doi:10.1603/0022-2585-37.1.89.
- Seet, R.C.S., Ooi, E.E., Wong, H.B. & Paton, N.I. 2005. An outbreak of primary dengue infection among migrant Chinese workers in Singapore characterized by prominent gastrointestinal symptoms and a high proportion of symptomatic cases. *Journal of Clinical Virology* 33(4): 336–340. doi:10.1016/j.jcv.2005.03.002.
- Seidahmed, O.M.E., Lu, D., Chong, C.S., Ng, L.C. & Eltahir, E.A.B. 2018. Patterns of urban housing shape dengue distribution in Singapore at neighborhood and country scales. *GeoHealth* 2(1): 54–67. doi:10.1002/2017GH000080.
- Silk, M.J., Croft, D.P., Delahay, R.J., Hodgson, D.J., Weber, N., Boots, M. & McDonald, R.A. 2017. The application of statistical network models in disease research. *Methods in Ecology and Evolution* 8(9): 1026–1041. doi:10.1111/2041-210X.12770.
- Siti Farhana, M.Y., Mohamad Ikhsan, S. & Mariam, M. 2025. eDenguev2 Database: factors associated with the occurrence of dengue hotspot localities in the Selangor State in 2022. *The Medical Journal of Malaysia* 80(6): 739–747.
- Skae, F.M.T. 1902. Dengue Fever in Penang. *BMJ* 2(2185): 1581–1582. doi:10.1136/bmj.2.2185.1581-a.
- Snijders, T.A.B., Pattison, P.E., Robins, G.L. & Handcock, M.S. 2006. New specifications for exponential random graph models. *Sociological Methodology* 36(1): 99–153. doi:10.1111/j.1467-9531.2006.00176.x.
- Snyder, J.P. 1987. *Map Projections—A Working Manual*. U.S. Geological Survey Professional Paper 1395. Washington, DC: United States Government Printing Office. doi:10.3133/pp1395.
- Sommerfeld, J. & Kroeger, A. 2012. Eco-bio-social research on dengue in Asia: a multicountry study on ecosystem and community-based approaches for the control of dengue vectors in urban and peri-urban Asia. *Pathogens and Global Health* 106(8): 428–435. doi:10.1179/2047773212Y.0000000055.
- Stoddard, S.T., Forshey, B.M., Morrison, A.C., Paz-Soldan, V.A., Vazquez-Prokopec, G.M., Astete, H., Reiner, R.C., Vilcarromero, S., Elder, J.P., Halsey, E.S., Kochel, T.J., Kitron, U. & Scott, T.W. 2013. House-to-house human movement drives dengue virus transmission. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 110(3): 994–999. doi:10.1073/pnas.1213349110.
- Stoddard, S.T., Morrison, A.C., Vazquez-Prokopec, G.M., Paz Soldan, V., Kochel, T.J., Kitron, U., Elder, J.P. & Scott, T.W. 2009. The role of human movement in the

- transmission of vector-borne pathogens. *PLoS Neglected Tropical Diseases* 3(7): e481. doi:10.1371/journal.pntd.0000481.
- Tee, G.H., Yoep, N., Jai, A.N., Abdul Mutalip, M.H., Paiwai, F., Hasim Hashim, M.H., Pan, S., Lodz, N.A. & Aris, T. 2019. Prolonged dengue outbreak at a high-rise apartment in Petaling Jaya, Selangor, Malaysia: a case study. *Tropical Biomedicine* 36(2): 550-558.
- Teh, J.H., Pangkas, J., Mohamad Sharkawi, H., Bari, E., Ibrahim, I., Wong, K.Y. & Ooi, C.H. 2024. Ten years of dengue (2013-2022): epidemiology and predictors of outbreaks in Sarawak. *Advances in Public Health* 2024: 9422074. doi:10.1155/2024/9422074.
- Telle, O., Vaguet, A., Yadav, N.K., Lefebvre, B., Daude, E., Paul, R.E., Cebeillac, A. & Nagpal, B.N. 2016. The spread of dengue in an endemic urban milieu - the case of Delhi, India. *PLOS ONE* 11(1): e0146539. doi:10.1371/journal.pone.0146539.
- Thiruchelvam, L., Dass, S.C., Asirvadam, V.S., Daud, H. & Gill, B.S. 2021. Determine neighboring region spatial effect on dengue cases using ensemble ARIMA models. *Scientific Reports* 11: 5873. doi:10.1038/s41598-021-84176-y.
- UN. 2015. *Transforming Our World: The 2030 Agenda for Sustainable Development*. New York: United Nations. <https://digitallibrary.un.org/record/3923923> [16 Februari 2025].
- Vazquez-Prokopec, G.M., Kitron, U., Montgomery, B., Horne, P. & Ritchie, S.A. 2010. Quantifying the spatial dimension of dengue virus epidemic spread within a tropical urban environment. *PLoS Neglected Tropical Diseases* 4(12): e920. doi:10.1371/journal.pntd.0000920.
- W. Yahya, W.N.F. & Che Dom, N. 2020. Profile of Aedes breeding in urban high-rise buildings: a case study of dengue outbreak in Malacca, Malaysia. *Planning Malaysia Journal* 18(13): 251–260. doi:10.21837/pm.v18i13.790.
- Wasserman, S. & Faust, K. 1994. *Social Network Analysis: Methods and Applications*. Cambridge: Cambridge University Press.
- WHO. 2020. *Vector-Borne diseases*. World Health Organization. <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/vector-borne-diseases> [24 Ogos 2026].
- WHO. 2024. Dengue - Global situation. Disease Outbreak News, 30 May 2024. World Health Organization. <https://www.who.int/emergencies/disease-outbreak-news/item/2024-DON518> [24 Ogos 2026].
- WHO. 2025. *Dengue and Severe Dengue*. World Health Organization. <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/dengue-and-severe-dengue> [20 Mac 2025].
- Woolhouse, M.E.J., Dye, C., Etard, J.-F., Smith, T., Charlwood, J.D., Garnett, G.P., Hagan, P., Hii, J.L.K., Ndhlovu, P.D., Quinnell, R.J., Watts, C.H., Chandiwan, A.

- S.K. & Anderson, R.M. 1997. Heterogeneities in the transmission of infectious agents: implications for the design of control programs. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 94(1): 338–342. doi:10.1073/pnas.94.1.338.
- Xia, H. & Dong, X. 2025. The global, regional, and national burden trends of dengue among adults aged 20-49 from 1990 to 2021. *Scientific Reports* 15(1): 26761. doi:10.1038/s41598-025-10824-2.
- Yeo, Z.Y., Hapuarachchi, H.C., Ong, J., Yeo, G., Koo, C., Ng, L.C. & Loh, N.D. 2025. Inferring the hidden and long-range dengue transmission routes in Singapore. *Machine Learning: Health* 1(1): 015015. doi:10.1088/3049-477X/ae16ab.
- Yung, C.F., Chan, S.P., Thein, T.L., Chai, S.C. & Leo, Y.S. 2016. Epidemiological risk factors for adult dengue in Singapore: an 8-year nested test negative case control study. *BMC Infectious Diseases* 16(1): 323. doi:10.1186/s12879-016-1662-4.
- Zainon, N., Mohd Rahim, F.A., Roslan, D. & Abd Samat, A.H. 2016. Prevention of Aedes breeding habitats for urban high-rise building in Malaysia. *Planning Malaysia Journal* 14(5): 115–128. doi:10.21837/pm.v14i5.197.
- Zivich, P.N., Eisenberg, M.C., Monto, A.S., Uzicanin, A., Baric, R.S., Sheahan, T.P., Rainey, J.J., Gao, H. & Aiello, A.E. 2020. Transmission of viral pathogens in a social network of university students: the eX-FLU study. *Epidemiology and Infection* 148: e267. doi:10.1017/S0950268820001806.



LAMPIRAN A

BORANG SIASATAN E-DENGUE YANG DIGUNAKAN PEJABAT KESIHATAN
DAERAH DI SELANGOR

JABATAN KESIHATAN NEGERI SELANGOR
KAWALAN PENYAKIT BAWAAN VEKTOR
BORANG SIASATAN KES DENGUE

MINGGU EPID : _____
DAERAH : _____
NO. KES : _____
TARIKH TERIMA NOTIFIKASI : _____
TARIKH DAFTAR KE eNOTIFIKASI : _____
TARIKH DAFTAR KE eDENGUE : _____

TARIKH & MASA SIASATAN : _____ @ _____ am / pm
CARA SIASATAN : _____ @ _____ am / pm
STATUS KES : _____
TELEFON : _____
(Sebab Abai : _____)

BUKTI PENYELAKUT

Nama : _____
No. KP / Passport : _____
Warganegara : _____
No. Telefon : _____
Jantina : _____
Umur : _____
Keturunan : _____
CINA : _____
Pekerjaan : _____
(Pegawai Asal : _____)
(Nyatakan : _____)

Alamat Tempat Tinggal Semasa : _____
Daerah : _____
Bandar : _____

Alamat Lain (Tempat Kerja / Tadika / Sekolah / Kolej / Universiti) : _____
Daerah : _____
Bandar : _____

* NOTA : Sila pastikas alamat lengkap di atas untuk alamat tempat belajar

PEMBERITAHUAN

Nama Penderita (Klinik / Hospital) : _____
Nama wad : _____
Diagnosa Semasa : _____
Tarikh Onset : _____
Tarikh Diagnosa : _____
Tarikh Ujian Serologi : _____
Tarikh Keputusan : _____
Nama Pelapor : _____

No. Pendaftaran : _____
Tarikh Masuk Wad : _____
Diagnosa Akhir : _____
Tarikh Notifikasi : _____
Keputusan Ujian Serologi : _____
Tarikh Laporan : _____
Tarikh Terima : _____
Penerima Notifikasi : _____

DF / DHF / DSS / DD : _____
DF / DHF / DSS / DD : _____
NS2 ☐ IGM ☐ IGG ☐

TANDA-TANDA KLINIKAL & AMARAN AWAL

Demam : _____
Sakit Kepala : _____
Sakit Badan / Sendi : _____
Sakit Belakang Mata : _____
Loya / Muntah : _____

Ruam : _____
Sakit Perut : _____
Keletihan / Lesu : _____
Gejala Pendarahan : _____
Lain-lain (Nyatakan : _____)

Jenis Ujian	Tarikh 1	Keputusan 1	Tarikh 2	Keputusan 2	Tarikh 3	Keputusan 3
PCV / Hematocrit						
Platelet Count						
WBC / TWC						
HR						

[illegible]

LAMPIRAN B

KELULUSAN PENYELIDIKAN



JAWATANKUASA ETIKA & PENYELIDIKAN PERUBATAN
(Medical Research & Ethics Committee)
 KEMENTERIAN KESIHATAN MALAYSIA
 d/a Kompleks Institut Kesihatan Negara
 Blok A, No 1, Jalan Setia Murni U13/52,
 Seksyen U13, Bandar Setia Alam,
 40170 Shah Alam, Selangor.



Tel: 03-3362 8888/8205

Ruj.Kami: 24-01515-I8B (1)
 Tarikh : 18-Julai-2024

DR. NAZARUDIN BIN SAFIAN
UNIVERSITI KEBANGSAAN MALAYSIA

Dato' / Tuan / Puan,

SURAT KELULUSAN ETIKA: NMRR ID-24-01515-I8B (IIR)
ANALISIS RANGKAIAN SOSIAL BAGI PENULARAN WABAK DENGGI DI SELANGOR

Dengan hormatnya perkara di atas adalah dirujuk.

2. Bersama dengan surat ini dilampirkan surat kelulusan saintifik dan etika bagi projek ini. Segala rekod dan data subjek adalah SULIT dan hanya digunakan untuk tujuan kajian dan semua isu serta prosedur mengenai *data confidentiality* mesti dipatuhi. **Kebenaran daripada Pengarah Hospital / Institusi di mana kajian akan dijalankan mesti diperolehi terlebih dahulu sebelum kajian dijalankan.** Dato' / Tuan / Puan perlu akur dan mematuhi keputusan tersebut dan undang-undang lain yang berkaitan.

3. Penyelidik- penyelidik dan lokasi kajian yang terlibat ialah:

JABATAN KESIHATAN NEGERI SELANGOR

Dr. Nazarudin bin Safian (Penyelidik Utama)
 Dr. Siti Najihah Binti Md Asari
 Dr. Fatimah binti Abdul Razak
 Dr. Mohd Rahim bin Sulong
 Dr. Wan Ming Keong

4. Dokumen kajian yang berikut telah diterima dan dinilai:

1. Study Protocol_Version 2.0, dated 14-Jun-2024
2. Case Report Form/ Data Collection Form_Version 2.0, dated 14-Jun-2024
3. Investigator's documents : Declaration of Conflict of Interest (COI), IA-HOD-IA, and CV:
 - a) Dr. Nazarudin bin Safian (Penyelidik Utama)
 - b) Dr. Siti Najihah Binti Md Asari
 - c) Dr. Fatimah binti Abdul Razak
 - d) Dr. Mohd Rahim bin Sulong
 - e) Dr. Wan Ming Keong

5. Adalah dimaklumkan bahawa kelulusan ini adalah sah sehingga **17-Julai-2025**. Tuan/Puan perlu menghantar dokumen-dokumen seperti berikut selepas mendapat kelulusan etika. Borang-borang berkaitan boleh dimuat turun daripada laman web *National Medical Research Registry (NMRR)*.

- i. **Continuing Review Form** dalam tempoh 2 bulan (60 hari) sebelum tamat tempoh kelulusan ini bagi memperbaharui kelulusan etika.
- ii. **Study Final Report** pada penghujung kajian.
- iii. Mendapat kelulusan etika sekiranya terdapat pindaan ke atas sebarang dokumen kajian / lokasi kajian / penyelidik. Pihak JEPP mempunyai hak untuk menarik balik kelulusan etika sekiranya terdapat perubahan dokumen kajian yang tidak diisytiharkan.

LAMPIRAN C

KELULUSAN PENGUMPULAN DATA DARI FASILITI



BAHAGIAN KAWALAN PENYAKIT
KEMENTERIAN KESIHATAN MALAYSIA
DISEASE CONTROL DIVISION
MINISTRY OF HEALTH, MALAYSIA
ARAS 3,4 DAN 6, BLOK E18, PARCEL E, PRESENT 1,
PUSAT PENTADBIRAN KERAJAAN PERSEKUTUAN
62996, PUTRAJAYA

Tel : 03-88834527
Faks : 03-88866279

Ruj. Puan : UKM.FPER.JPKA.600-4/4/5
Ruj. Kami : KKM.100-15/1/47 Jld.4 ()
Tarikh : 8 Januari 2026

Dr. Siti Najihah binti Md Asari
Jabatan Perubatan Kesihatan Awam,
Fakulti Perubatan,
Universiti Kebangsaan Malaysia,
Tingkat 6, Bangunan Prakilinikal, Kampus Kuala Lumpur,
Jalan Yaacob Latif Bandar Tun Razali,
56000 Cheras, Kuala Lumpur.

YBrs.Dr./Tuan/Puan,

**KELULUSAN PERMOHONAN DATA KES DEMAM DENGGI DI NEGERI SELANGOR
UNTUK TUJUAN PENYELIDIKAN**

Dengan segala hormatnya perkara di atas adalah dipetik.

2. Sebagai makluman, Bahagian Kawalan Penyakit (BKP) telah membuat semakan dan tiada halangan bagi pihak YBrs.Dr. untuk melakukan kajian bertajuk "Analisis Rangkaian Sosial (SNA) bagi Peraturan Wabak Denggi di Selangor" dengan kelulusan etika NMRR ID-24-01515-1923 (IR).

3. Oleh yang demikian, pihak YBrs.Dr. dikehendaki mengemukakan satu salinan laporan akhir kajian kepada Bahagian Kawalan Penyakit. Segala maklumat pesakit adalah SULIT yang hanya boleh digunakan untuk tujuan kajian ini sahaja dan kerahsiaan mesti dipatuhi. Sebarang penerbitan dari kajian ini hendaklah mendapat persetujuan daripada Pengarah Kawalan Penyakit.

Sebarang pertanyaan boleh menghubungi Sektor Informasi dan Dokumentasi di alamat emel sid_bkp@moh.gov.my atau hubungi 03-8883 4343.

Sekian terima kasih.

"MALAYSIA MADANI"

"BERKHIDMAT UNTUK NEGARA"

Saya yang menjalankan amanah,



(DR. NORARYANA BINTI HASSAN)
Pengarah Kawalan Penyakit
Bahagian Kawalan Penyakit
Kementerian Kesihatan Malaysia

(Sila catatkan rujukan surat ini apabila menjawab)
(Please quote our reference while replying)

LAMPIRAN D
KELULUSAN ETIKA



UNIVERSITI KEBANGSAAN MALAYSIA
The National University of Malaysia

SEKRETARIAT ETIKA PENYELIDIKAN UKM • UKM RESEARCH ETHICS COMMITTEE

Reference: **UKM PPI/111/8**
Date: **14 July 2024**

Associate Professor Dr. Nazarudin Saifan
Department of Public Health Medicine
Faculty of Medicine UKM

Dear Professor/Datuk/Dato'/Datin/Sri/Madam,

ETHICAL APPROVAL TO CONDUCT RESEARCH IN THE NATIONAL UNIVERSITY OF MALAYSIA

Research title	Analisis Rangkaian Sosial Bagi Rancangan Wuduk Denggi Di Selangor
Ethics Ref. No.	JEP-2024-409
Approval period	14 July 2024 – 10 July 2027
Study Site	Jabatan Kesihatan Negeri Selangor
Sample Size	550 Subjects

With reference to the above,

- The Research Ethics Committee, The National University of Malaysia (REC/UKM) has provided ethical approval for above study. Please be reminded permission from the Deputy Dean of research of the faculty or Director of Institute/Centre and all relevant head of departments / units where the study will be carried out must be obtained prior to the study. You are required to inform and comply with their decisions and all other relevant regulations.
- Please note that the investigator's responsibility is to ensure that:
 - All Adverse Events should be reported to REC/UKM as soon as possible.
 - Progress report should be submitted every 6 Months.
 - All changes / amendments to the study documents / study sites / study team must be notified to the REC/UKM. All changes must be approved by REC/UKM before continuation of the study.
 - Application for renewal of the approval has to be submitted to REC/UKM within one month (1 month) prior to the expiry of ethical approval.
 - Final Report should be provided to REC/UKM when the project is complete.
 - Please take note that all records and data are to be kept strictly CONFIDENTIAL and can only be used for the purpose of this study. All precautions are to be taken to maintain data confidentiality.

Required forms can be obtained from the The Research Ethics Committee, The National University of Malaysia (REC/UKM) website: <https://www.ukm.my/ethics>

Thank you.

Sekretariat Etika Penyelidikan Universiti Kebangsaan Malaysia
Tingkat 1, Blok Klinik, Hospital Canselor Tuanku Muhriz Pusat Perubatan UKM, Jalan Yacob Latif, Bandar Tun Razak, 56000 Cheras, Kuala Lumpur.
Telefon: +603-9145 5046 / 5049
Email: eggs@ethics.ukm.edu.my / ethics@ethics.ukm.edu.my
ILMU, NUTRI DAN BUDI

LAMPIRAN E

JADUAL TAMBAHAN ANALISIS SENSITIVITI STRUKTUR RANGKAIAN

1. Hulu Langat

Ukuran	100 m-7 hari	100 m-14 hari	100 m-21 hari	200 m-7 hari	200 m-14 hari	200 m-21 hari	300 m-7 hari	300 m-14 hari	300 m-21 hari
Bilangan nod	5314	7362	8807	8979	11 470	12 862	11 772	13 799	14 641
Bilangan pautan	4987	8429	11 758	10 557	18 640	26 393	17 687	31 700	45 204
Kepadatan	0.00035	0.00031	0.00030	0.00026	0.00028	0.00032	0.00026	0.00033	0.00042
Bilangan komponen	1892	2259	2375	2528	2351	1992	2396	1565	1041
Saiz komponen terbesar	27	51	117	43	208	944	241	2915	4093
Purata saiz komponen	2.81	3.26	3.71	3.55	4.88	6.46	4.91	8.82	14.06
Purata darjah	1.88	2.29	2.67	2.35	3.25	4.10	3.00	4.59	6.17
Darjah nod tertinggi	15	19	22	17	21	29	19	27	34

2. Klang

Ukuran	100 m-7 hari	100 m-14 hari	100 m-21 hari	200 m-7 hari	200 m-14 hari	200 m-21 hari	300 m-7 hari	300 m-14 hari	300 m-21 hari
Bilangan nod	2873	3742	4294	4271	5487	6210	5437	6712	7371
Bilangan pautan	2910	4538	5944	5243	8630	11 715	7687	13 106	18 145
Kepadatan	0.00071	0.00065	0.00064	0.00057	0.00057	0.00061	0.00052	0.00058	0.00067
Bilangan komponen	1010	1165	1205	1317	1361	1294	1448	1260	1057
Saiz komponen terbesar	26	50	62	50	109	114	78	313	637
Purata saiz komponen	2.84	3.21	3.56	3.24	4.03	4.8	3.75	5.33	6.97
Purata darjah	2.03	2.43	2.77	2.46	3.15	3.77	2.83	3.91	4.92
Darjah nod tertinggi	15	22	23	22	30	42	31	48	53

3. Gombak

Ukuran	100 m-7 hari	100 m-14 hari	100 m-21 hari	200 m-7 hari	200 m-14 hari	200 m-21 hari	300 m-7 hari	300 m-14 hari	300 m-21 hari
Bilangan nod	2458	3488	4152	4270	5613	6276	5597	6808	7282
Bilangan pautan	2210	3803	5216	5142	8955	12 638	8596	15 255	21 581
Kepadatan	0.00073	0.00063	0.00061	0.00056	0.00057	0.00064	0.00055	0.00066	0.00081
Bilangan komponen	905	1133	1201	1281	1279	1077	1260	937	674
Saiz komponen terbesar	55	72	86	109	146	610	143	880	2371
Purata saiz komponen	2.72	3.08	3.46	3.33	4.39	5.83	4.44	7.27	10.8
Purata darjah	1.80	2.18	2.51	2.41	3.19	4.03	3.07	4.48	5.93
Darjah nod tertinggi	19	25	32	31	44	56	51	71	89

4. Hulu Selangor

Ukuran	100 m-7 hari	100 m-14 hari	100 m-21 hari	200 m-7 hari	200 m-14 hari	200 m-21 hari	300 m-7 hari	300 m-14 hari	300 m-21 hari
Bilangan nod	614	799	939	926	1188	1336	1154	1421	1567
Bilangan pautan	626	1026	1423	1195	2016	2848	1880	3192	4436
Kepadatan	0.00333	0.00322	0.00323	0.00279	0.00286	0.00319	0.00283	0.00316	0.00362
Bilangan komponen	206	240	253	274	266	255	294	249	222
Saiz komponen terbesar	24	41	45	43	105	128	93	122	162
Purata saiz komponen	2.98	3.33	3.71	3.38	4.47	5.24	3.93	5.71	7.06
Purata darjah	2.04	2.57	3.03	2.58	3.39	4.26	3.26	4.49	5.66
Darjah nod tertinggi	11	15	19	13	20	28	26	35	47

5. Kuala Langat

Ukuran	100 m-7 hari	100 m-14 hari	100 m-21 hari	200 m-7 hari	200 m-14 hari	200 m-21 hari	300 m-7 hari	300 m-14 hari	300 m-21 hari
Bilangan nod	269	347	399	410	538	632	517	688	800
Bilangan pautan	402	622	744	699	1105	1385	893	1485	1894
Kepadatan	0.01115	0.01036	0.00937	0.00834	0.00765	0.00695	0.00669	0.00628	0.00593
Bilangan komponen	78	96	104	121	144	154	147	175	179
Saiz komponen terbesar	27	31	31	29	44	55	32	45	57
Purata saiz komponen	3.45	3.61	3.84	3.39	3.74	4.1	3.52	3.93	4.47
Purata darjah	2.99	3.59	3.73	3.41	4.11	4.38	3.45	4.32	4.73
Darjah nod tertinggi	17	22	23	23	27	28	24	30	31

6. Kuala Selangor

Ukuran	100 m-7 hari	100 m-14 hari	100 m-21 hari	200 m-7 hari	200 m-14 hari	200 m-21 hari	300 m-7 hari	300 m-14 hari	300 m-21 hari
Bilangan nod	172	241	310	272	432	522	417	623	723
Bilangan pautan	131	197	258	236	405	534	373	672	932
Kepadatan	0.00891	0.00681	0.00539	0.00640	0.00435	0.00393	0.00430	0.00347	0.00357
Bilangan komponen	69	94	119	102	152	168	148	188	178
Saiz komponen terbesar	8	8	13	8	11	19	11	20	24
Purata saiz komponen	2.49	2.56	2.61	2.67	2.84	3.11	2.82	3.31	4.06
Purata darjah	1.52	1.63	1.66	1.74	1.88	2.05	1.79	2.16	2.58
Darjah nod tertinggi	6	6	9	7	8	11	8	11	12

7. Sabak Bernam

Ukuran	100 m-7 hari	100 m-14 hari	100 m-21 hari	200 m-7 hari	200 m-14 hari	200 m-21 hari	300 m-7 hari	300 m-14 hari	300 m-21 hari
Bilangan nod	23	26	31	46	61	67	61	82	90
Bilangan pautan	13	16	20	35	58	70	54	90	116
Kepadatan	0.05138	0.04923	0.04301	0.03382	0.03169	0.03166	0.02951	0.02710	0.02896
Bilangan komponen	10	11	12	17	21	19	20	23	21
Saiz komponen terbesar	5	5	5	6	6	14	8	12	21
Purata saiz komponen	2.3	2.36	2.58	2.71	2.9	3.53	3.05	3.57	4.29
Purata darjah	1.13	1.23	1.29	1.52	1.90	2.09	1.77	2.20	2.58
Darjah nod tertinggi	4	4	4	4	5	7	5	6	9

LAMPIRAN F

JADUAL TAMBAHAN TIGA MODEL BERPERINGKAT ERGM BAGI DAERAH PETALING

Parameter	Model 1 : Model asas			Model 2 : Peramal atribut			Model 3: Peramal atribut dan struktur			
	Anggaran (SE)	Nisbah Odd (95% CI)		Anggaran (SE)	Nisbah Odd (95% CI)		Anggaran (SE)	Nisbah Odd (95% CI)		Nilai- <i>p</i>
Sisi (<i>Edges</i>)	−8.27 (0.007)	*0.00026 (0.00025–0.00027)		−9.822 (0.024)	*0.000054 (0.000051–0.000056)		−9.818 (0.026)	*0.000055 (0.000052–0.000057)		<0.0001
Kategori Pekerjaan										
Bekerja	−	−		Rujukan	−		Rujukan	−		−
Pelajar	−	−		0.071 (0.012)	1.07 (1.04–1.10)		0.071 (0.012)	1.07 (1.05–1.10)		<0.0001
Tidak Bekerja	−	−		0.010 (0.013)	1.01 (0.98–1.04)		0.013 (0.014)	1.01 (0.98–1.04)		0.415
Jenis Kediaman	−	−								
Padanan Bangunan tinggi				1.90 (0.020)	6.68 (6.42–6.94)		1.896 (0.020)	6.66 (6.40–6.93)		<0.0001
Padanan Bangunan rendah	−	−		1.47 (0.022)	4.33 (4.15–4.52)		1.467 (0.023)	4.34 (4.15–4.54)		<0.0001
Status Kewarganegaraan										
Padanan Warganegara	−	−		0.335 (0.018)	1.40 (1.35–1.45)		0.334 (0.018)	1.40 (1.35–1.45)		<0.0001
Padanan Bkn Warganegara	−	−		1.376 (0.033)	3.96 (3.71–4.22)		1.376 (0.033)	3.96 (3.70–4.22)		<0.0001
Gwdegree	−	−		−	−		−0.019 (0.041)	*0.98 (0.91–1.06)		0.648
Kriteria pemilihan model	Kebolehjadian Log	AIC	BIC	Kebolehjadian Log	AIC	BIC	Kebolehjadian Log	AIC	BIC	
	−198 738	397 477	397 494	−191 853	38 3719	383 833	−191 852	383 720	383 850	

*SE (*standard error*, ralat piawai); CI (*confidence interval*, selang keyakinan); AIC (*Akaike Information Criterion*, Kriteria Maklumat Akaike); ^a exp(β) (nilai eksponen pekali) bagi sisi dan gwdegree; OR (*odds ratio*, nisbah odd) bagi atribut nod dan homofili.

LAMPIRAN G

JADUAL TAMBAHAN TIGA MODEL BERPERINGKAT ERGM BAGI DAERAH HULU LANGAT

Parameter	Model 1 : Model asas			Model 2 : Peramal atribut			Model 3: Peramal atribut dan struktur		
	Anggaran (SE)	Nisbah Odd (95% CI)		Anggaran (SE)	Nisbah Odd (95% CI)		Anggaran (SE)	Nisbah Odd (95% CI)	Nilai- <i>p</i>
Sisi (<i>Edges</i>)	-8.170 (0.007)	^a 0.00028 (0.00028–0.00029)		-9.40 (0.027)	^a 0.000083 (0.000079–0.000088)		-9.43 (0.028)	^a 0.00008 (0.000075–0.000084)	<0.0001
Kategori Pekerjaan									
Bekerja	–	–	Rujukan	–	–	Rujukan	–	–	–
Pelajar	–	–	0.095 (0.013)	1.10 (1.07–1.13)	0.10 (0.013)	1.11 (1.08–1.13)	<0.0001		
Tidak Bekerja	–	–	-0.007 (0.012)	0.99 (0.97–1.02)	-0.007 (0.013)	0.99 (0.97–1.02)	0.555		
Jenis Kediaman	–	–							
Padanan Bangunan tinggi	–	–	1.77 (0.019)	5.85 (5.63–6.08)	1.79 (0.021)	6.00 (5.77–6.25)	<0.0001		
Padanan Bangunan rendah	–	–	1.07 (0.021)	2.99 (2.86–3.10)	1.07 (0.022)	2.91 (2.78–3.04)	<0.0001		
Status Kewarganegaraan									
Padanan Warganegara	–	–	0.23 (0.022)	1.25 (1.20–1.31)	0.22 (0.021)	1.25 (1.20–1.31)	<0.0001		
Padanan Bukan Warganegara	–	–	1.45 (0.047)	4.27 (3.90–4.69)	1.46 (0.047)	4.28 (3.91–4.70)	<0.0001		
Gwdegree	–	–	–	–	0.27 (0.047)	^a 1.31 (1.18–1.43)	<0.0001		
Kriteria pemilihan model	Kebolehjadian Log	AIC	BIC	Kebolehjadian Log	AIC	BIC	Kebolehjadian Log	AIC	BIC
	-170 902	341 805	341 821	-165 814	331 642	331 754	-165 796.5	331 609	331 737

*SE (*standard error*, ralat piawai); CI (*confidence interval*, selang keyakinan); AIC (*Akaike Information Criterion*, Kriteria Maklumat Akaike); BIC (*Bayesian Information Criterion*, Kriteria Maklumat Bayesian); ^a exp(β) (nilai eksponen pekali) bagi sisi dan gwdegree; OR (*odds ratio*, nisbah odd) bagi atribut nod dan homofili

LAMPIRAN H

JADUAL TAMBAHAN TIGA MODEL BERPERINGKAT ERGM BAGI DAERAH KLANG

Parameter	Model 1 : Model asas			Model 2 : Peramal atribut			Model 3: Peramal atribut dan struktur		
	Anggaran (SE)		Nisbah Odd (95% CI)	Anggaran (SE)		Nisbah Odd (95% CI)	Anggaran (SE)		Nilai-p
Sisi (<i>Edges</i>)	-7.460 (0.010)		^a 0.00057 (0.00056–0.00058)	-9.72 (0.05)		^a 0.00006 (0.000055–0.00007)	-9.756 (0.048)		<0.0001
Kategori Pekerjaan				Rujukan			Rujukan		
Bekerja	—			0.089 (0.022)		1.09 (1.05–1.14)	0.095 (0.023)		1.099 (1.05–1.15)
Pelajar	—			-0.014 (0.021)		0.99 (0.95–1.03)	-0.015 (0.022)		0.99 (0.94–1.03)
Tidak Bekerja	—								0.488
Jenis Kediaman									
Padanan Bangunan tinggi	—			3.20 (0.046)		24.49 (22.39–26.79)	3.210 (0.045)		24.78 (22.67–27.08)
Padanan Bangunan rendah	—			1.87 (0.022)		6.51 (5.99–7.08)	1.858 (0.043)		6.41 (5.89–6.97)
Status Kewarganegaraan									
Padanan Warganegara	—			0.44 (0.029)		1.56 (1.47–1.65)	0.418 (0.030)		1.52 (1.43–1.61)
Padanan Bukan Warganegara	—			2.17 (0.035)		8.79 (8.32–9.41)	2.197 (0.035)		9.0 (8.39–9.65)
Gwdegree	—			—		—	0.291 (0.065)		^a 1.34 (1.18–1.52)
Kriteria pemilihan model	Kebolehjadian Log	AIC	BIC	Kebolehjadian Log	AIC	BIC	Kebolehjadian Log	AIC	BIC
	-73 041.5	146 085	146 099	-67 631	135 276	135 378	-67 619.5	135 255	135 372

*SE (*standard error*, ralat piawai); CI (*confidence interval*, selang keyakinan); AIC (*Akaike Information Criterion*, Kriteria Maklumat Akaike); BIC (*Bayesian Information Criterion*, Kriteria Maklumat Bayesian); ^a exp(β) (nilai eksponen pekali) bagi sisi dan gwdegree; OR (*odds ratio*, nisbah odd) bagi atribut nod dan homofili

LAMPIRAN I

JADUAL TAMBAHAN TIGA MODEL BERPERINGKAT ERGM BAGI DAERAH GOMBAK

Parameter	Model 1 : Model asas			Model 2 : Peramal atribut			Model 3: Peramal atribut dan struktur			
	Anggaran (SE)	Nisbah Odd (95% CI)		Anggaran (SE)	Nisbah Odd (95% CI)		Anggaran (SE)	Nisbah Odd (95% CI)		Nilai- <i>p</i>
Sisi (<i>Edges</i>)	−7.472 (0.011)	^a 0.00057 (0.00056–0.00059)		−8.316 (0.038)	^a 0.00024 (0.00023–0.00026)		−8.320 (0.039)	^a 0.00024 (0.00023–0.00026)		<0.0001
Kategori Pekerjaan										
Bekerja	−	−		Rujukan	−		Rujukan	−		−
Pelajar	−	−		0.003 (0.019)	1.03 (0.99–1.07)		0.032 (0.019)	1.03 (0.99–1.07)		0.09297
Tidak Bekerja	−	−		−0.054 (0.019)	0.95 (0.91–0.99)		−0.054 (0.019)	0.95 (0.91–0.98)		0.00527
Homofili Jenis Kediaman	−	−								
Padanan Bangunan tinggi				1.976 (0.030)	7.20 (6.79–7.66)		1.976 (0.031)	7.22 (6.80–7.66)		<0.0001
Padanan Bangunan rendah	−	−		0.999 (0.029)	2.70 (2.57–2.88)		0.998 (0.030)	2.71 (2.56–2.87)		<0.0001
Homofili Status Kewarganegaraan										
Padanan Warganegara	−	−		−0.096 (0.032)	0.91 (0.85–0.97)		−0.097 (0.031)	0.91 (0.85–0.96)		<0.0001
Padanan Bukan Warganegara	−	−		1.430 (0.082)	4.18 (3.56–4.92)		1.428 (0.082)	4.17 (3.55–4.90)		0.00187
Gwdegree	−	−		−	−		0.009 (0.06)	^a 1.00 (0.90–1.14)		0.88073
Kriteria pemilihan model	Kebolehjadian Log	AIC	BIC	Kebolehjadian Log	AIC	BIC	Kebolehjadian Log	AIC	BIC	
	−75 868.5	151 737	151 752	−73 386.5	146 787	146 889	−73 386.5	146 786	146 905	

*SE (*standard error*, ralat piawai); CI (*confidence interval*, selang keyakinan); AIC (*Akaike Information Criterion*, Kriteria Maklumat Akaike); BIC (*Bayesian Information Criterion*, Kriteria Maklumat Bayesian); ^a exp(β) (nilai eksponen pekali) bagi sisi dan gwdegree; OR (*odds ratio*, nisbah odd) bagi atribut nod dan homofili

LAMPIRAN J

JADUAL TAMBAHAN TIGA MODEL BERPERINGKAT ERGM BAGI DAERAH SEPANG

Parameter	Model 1 : Model asas			Model 2 : Peramal atribut			Model 3: Peramal atribut dan struktur			Nilai- <i>p</i>
	Anggaran (SE)		Nisbah Odd (95% CI)	Anggaran (SE)		Nisbah Odd (95% CI)	Anggaran (SE)		Nisbah Odd (95% CI)	
Sisi (<i>Edges</i>)	-6.175 (0.037)		^a 0.0021 (0.002–0.00216)	-7.51 (0.130)		^a 0.0005 (0.00042–0.0007)	-8.732 (0.183)		^a 0.00016 (0.00011–0.00023)	<0.0001
Kategori Pekerjaan				Rujukan			Rujukan			
Bekerja	–		–				–		–	–
Pelajar	–		–	0.048 (0.063)		1.049 (0.93–1.19)	0.097 (0.089)		1.10 (0.93–1.31)	0.2754
Tidak Bekerja	–		–	-0.088 (0.068)		0.92 (0.80–1.04)	-0.184 (0.099)		0.83 (0.68–1.01)	0.0634
Homofili Jenis Kediaman										
Padanan Bangunan tinggi			–	2.005 (0.111)		7.43 (5.97–9.20)	2.421 (0.128)		11.26 (8.76–14.48)	<0.0001
Padanan Bangunan rendah	–		–	1.591 (0.118)		4.91 (3.88–6.20)	1.154 (0.136)		3.17 (2.43–4.14)	<0.0001
Homofili Status Kewarganegaraan										
Padanan Warganegara	–		–	0.080 (0.093)		1.08 (0.90–1.31)	0.074 (0.123)		1.08 (0.85–1.37)	0.5488
Padanan Bukan Warganegara	–		–	0.503 (0.257)		1.65 (1–2.74)	0.512 (0.270)		1.67 (0.98–2.83)	0.0578
Gwdegree	–		–	–		–	2.615 (0.210)		^a 13.67 (9.06–20.62)	<0.0001
Kriteria pemilihan model	Kebolehjadian	AIC	BIC	Kebolehjadian	AIC	BIC	Kebolehjadian	AIC	BIC	Sisihan Sisa
	Log			Log			Log			
	-5325	10 652	10 662	-5091.5	10 197	10 272	-4963	9943	10 029	9927

*SE (*standard error*, ralat piawai); CI (*confidence interval*, selang keyakinan); AIC (*Akaike Information Criterion*, Kriteria Maklumat Akaike); BIC (*Bayesian Information Criterion*, Kriteria Maklumat Bayesian); ^a exp(β) (nilai eksponen pekali) bagi sisi dan gwdegree; OR (*odds ratio*, nisbah odd) bagi atribut nod dan homofili

LAMPIRAN K

JADUAL TAMBAHAN TIGA MODEL BERPERINGKAT ERGM BAGI DAERAH KUALA LANGAT

Parameter	Model 1 : Model asas			Model 2 : Peramal atribut			Model 3: Peramal atribut dan struktur		
	Anggaran (SE)	Nisbah Odd (95% CI)		Anggaran (SE)	Nisbah Odd (95% CI)		Anggaran (SE)	Nisbah Odd (95% CI)	Nilai- <i>p</i>
Sisi (<i>Edges</i>)	-4.865 (0.030)	^a 0.0077 (0.0072–0.008)		-7.140 (0.137)	^a 0.0008 (0.0006–0.0011)		-6.949 (0.134)	^a 0.00096 (0.00074–0.0012)	<0.0001
Kategori Pekerjaan				Rujukan			Rujukan		
Bekerja	–								
Pelajar	–			-0.073 (0.060)	0.99 (0.88–1.12)		0.052 (0.052)	1.05 (0.95–1.17)	0.319
Tidak Bekerja	–			0.008 (0.061)	1.08 (0.96–1.20)		-0.0045 (0.051)	0.996 (0.90–1.10)	0.931
Homofili Jenis Kediaman	–								
Padanan Bangunan tinggi				3.160 (0.135)	23.59 (18.30–30.40)		3.093 (0.131)	22.05 (17.06–28.51)	<0.0001
Padanan Bangunan rendah	–			2.133 (0.129)	8.44 (6.59–10.80)		2.182 (0.125)	8.86 (6.93–11.33)	<0.0001
Homofili Status Kewarganegaraan									
Padanan Warganegara	–			0.344 (0.085)	1.40 (1.19–1.67)		0.366 (0.079)	1.44 (1.24–1.68)	<0.0001
Padanan Bukan Warganegara				1.517 (0.114)	4.56 (3.65–5.70)		1.434 (0.111)	4.197 (3.38–5.22)	<0.0001
Gwdegree	–			–			-1.553 (0.159)	^a 0.21 (0.16–0.29)	<0.0001
Kriteria pemilihan model	Kebolehjadian Log	AIC	BIC	Kebolehjadian Log	AIC	BIC	Kebolehjadian Log	AIC	BIC
	-6485.5	12 973	12 983	-5889.5	11 791	11 860	-5850	11 716	11 795

*SE (*standard error*, ralat piawai); CI (*confidence interval*, selang keyakinan); AIC (*Akaike Information Criterion*, Kriteria Maklumat Akaike); BIC (*Bayesian Information Criterion*, Kriteria Maklumat Bayesian); ^a exp(β) (nilai eksponen pekali) bagi sisi dan gwdegree; OR (*odds ratio*, nisbah odd) bagi atribut nod dan homofili

LAMPIRAN L

JADUAL TAMBAHAN TIGA MODEL BERPERINGKAT ERGM BAGI DAERAH HULU SELANGOR

Parameter	Model 1 : Model asas			Model 2 : Peramal atribut			Model 3: Peramal atribut dan struktur		
	Anggaran (SE)		Nisbah Odd (95% CI)	Anggaran (SE)		Nisbah Odd (95% CI)	Anggaran (SE)	Nisbah Odd (95% CI)	Nilai-p
Sisi (<i>Edges</i>)	-5.85 (0.022)		^a 0.0029 (0.0027–0.003)	-8.218 (0.119)		^a 0.00027 (0.00023–0.00032)	-8.31 (0.13)	^a 0.00024 (0.00019–0.00032)	<0.0001
Kategori Pekerjaan				Rujukan			Rujukan		
Bekerja	–		–	–		–	–		–
Pelajar	–		–	0.136 (0.041)		1.15 (1.06–1.24)	0.150 (0.043)		0.00072
Tidak Bekerja	–		–	0.137 (0.038)		1.15 (1.062–1.24)	0.150 (0.04)		0.00023
Homofili Jenis Kediaman									
Padanan Bangunan tinggi	–		–	3.026 (0.089)		20.6 (17.2–24.68)	3.100 (0.090)		<0.0001
Padanan Bangunan rendah	–		–	2.053 (0.093)		7.79 (6.49–9.34)	1.990 (0.100)		<0.0001
Homofili Status Kewarganegaraan									
Padanan Warganegara	–		–	0.293 (0.087)		1.34 (1.12–1.61)	0.290 (0.089)		0.001
Padanan Bukan Warganegara	–		–	2.199 (0.199)		9.03 (6.12–13.33)	2.180 (0.200)		<0.0001
Gwdegree	–		–	–		–	0.458 (0.149)		^a 1.58 (1.18–2.12)
Kriteria pemilihan model	Kebolehjadian Log	AIC	BIC	Kebolehjadian Log	AIC	BIC	Kebolehjadian Log	AIC	BIC
	-13822	27 644	27 656	-12 701	25 401	25 482	-12 688.5	25 393	25 485

*SE (*standard error*, ralat piawai); CI (*confidence interval*, selang keyakinan); AIC (*Akaike Information Criterion*, Kriteria Maklumat Akaike); BIC (*Bayesian Information Criterion*, Kriteria Maklumat Bayesian); ^a exp(β) (nilai eksponen pekali) bagi sisi dan gwdegree; OR (*odds ratio*, nisbah odd) bagi atribut nod dan homofili

LAMPIRAN M

JADUAL TAMBAHAN TIGA MODEL BERPERINGKAT ERGM BAGI DAERAH KUALA SELANGOR

Parameter	Model 1 : Model asas			Model 2 : Peramal atribut			Model 3: Peramal atribut dan struktur		
	Anggaran (SE)		Nisbah Odd (95% CI)	Anggaran (SE)		Nisbah Odd (95% CI)	Anggaran (SE)	Nisbah Odd (95% CI)	Nilai- <i>p</i>
Sisi (<i>Edges</i>)	-5.433 (0.049)		^a 0.004 (0.004–0.005)	-6.433 (0.158)		^a 0.002 (0.001–0.003)	-8.079 (0.429)	^a 0.00031 (0.00013–0.00072)	<0.0001
Kategori Pekerjaan									
Bekerja	–		–	Rujukan			Rujukan		–
Pelajar	–		–	-0.095 (0.092)		0.91 (0.76–1.09)	0.037 (0.116)		1.04 (0.827–1.303)
Tidak Bekerja	–		–	0.031 (0.087)		1.03 (0.87–1.22)	-0.196 (0.132)		0.82 (0.63–1.06)
Homofili Jenis Kediaman	–		–						
Padanan Bangunan tinggi				2.375 (0.194)		10.75 (7.34–15.7)	2.459 (0.213)		11.69 (7.70–17.74)
Padanan Bangunan rendah	–		–	1.161 (0.157)		3.20 (2.35–4.36)	1.087(0.170)		2.96 (2.12–4.14)
Homofili Status Kewarganegaraan									
Padanan Warganegara	–		–				0.873 (0.388)		2.33 (1.07–5.06)
Padanan Bukan Warganegara	–		–				–		–
Gwdegree	–		–	–		–	2.231 (0.281)		^a 9.309 (5.36–16.15)
Kriteria pemilihan model	Kebolehjadian Log	AIC	BIC	Kebolehjadian Log	AIC	BIC	Kebolehjadian Log	AIC	BIC
	-2607.5	5215	5224	-2529.5	5069	5117	-2479	4974	5040

*SE (standard error, ralat piawai); CI (confidence interval, selang keyakinan); AIC (Akaike Information Criterion, Kriteria Maklumat Akaike); BIC (Bayesian Information Criterion, Kriteria Maklumat Bayesian); ^a exp(β) (nilai eksponen pekali) bagi sisi dan gwdegree; OR (odds ratio, nisbah odd) bagi atribut nod dan homofili

LAMPIRAN N

JADUAL TAMBAHAN TIGA MODEL BERPERINGKAT ERGM BAGI DAERAH SABAK BERNAM

Parameter	Model 1 : Model asas			Model 2 : Peramal atribut			Model 3: Peramal atribut dan struktur		
	Anggaran (SE)		Nisbah Odd (95% CI)	Anggaran (SE)		Nisbah Odd (95% CI)	Anggaran (SE)	Nisbah Odd (95% CI)	Nilai- <i>p</i>
Sisi (<i>Edges</i>)	−3.420 (0.133)		^a 0.033 (0.025–0.043)	−18.640 (693.1)		–	−4.239 (0.318)	^a 0.014 (0.008–0.027)	<0.0001
Kategori Pekerjaan									
Bekerja	–		–	Rujukan		–	–	–	–
Pelajar	–		–	−0.16 (0.223)		–	–	–	–
Tidak Bekerja	–		–	−0.02 (0.253)		–	–	–	–
Homofili Jenis Kediaman	–		–			–	–	–	–
Padanan Bangunan tinggi				35.38 (2497.6)					
Padanan Bangunan rendah	–		–	15.52 (693.1)		–	–	–	–
Homofili Status Kewarganegaraan									
Padanan Warganegara	–		–	−0.14 (0.75)		–	–	–	–
Padanan Bukan Warganegara	–		–	–		–	–	–	–
Gwdegree (Decay 0.25)	–		–	–		–	2.023 (0.716)	^a 7.56 (1.86–30.78)	<0.0001
Kriteria pemilihan model	Kebolehjadian Log	AIC	BIC	Kebolehjadian Log	AIC	BIC	Kebolehjadian Log	AIC	BIC
	−258.25	515.5	522	−248.7	511.3	544.4	−252.1	508.2	519.2

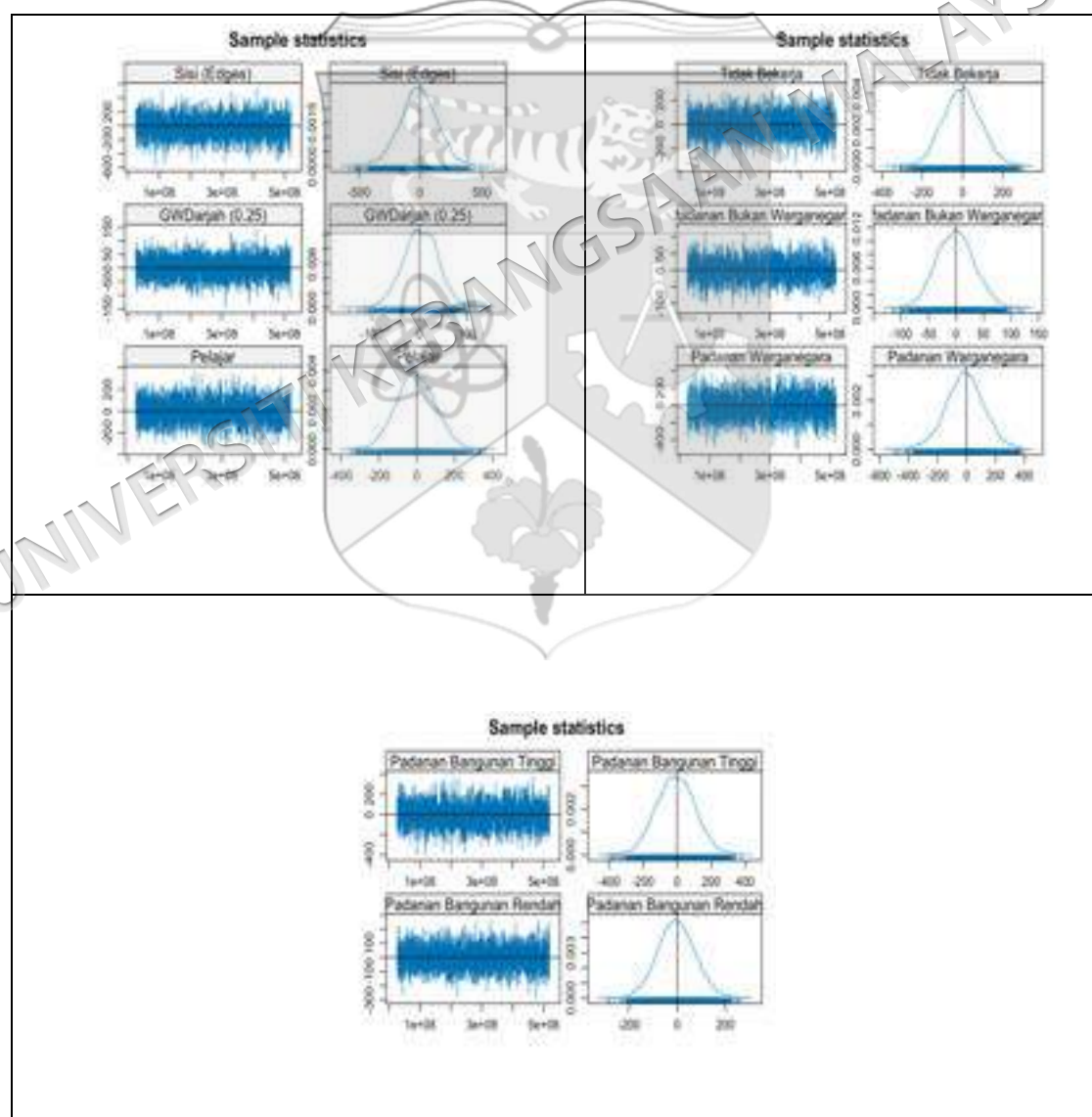
*SE (*standard error*, ralat piawai); CI (*confidence interval*, selang keyakinan); AIC (*Akaike Information Criterion*, Kriteria Maklumat Akaike); BIC (*Bayesian Information Criterion*, Kriteria Maklumat Bayesian); ^a exp(β) (nilai eksponen pekali) bagi sisi dan gwdegree; OR (*odds ratio*, nisbah odd) bagi atribut nod dan homofili

LAMPIRAN O

JADUAL DAN RAJAH TAMBAHAN DIAGNOSTIK MCMC DAN GOF DAERAH PETALING

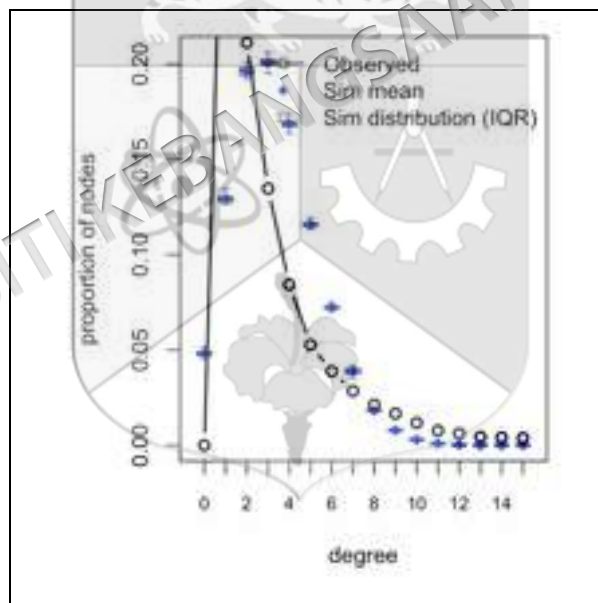
- a. Diagnostik MCMC menggunakan nilai, rajah plot jejak (*trace plot*) dan plot ketumpatan (*density plot*)

MCMC	Nilai
Skor-z Geweke	+0.476 hingga +1.684
Nilai- <i>p</i> bersama	0.8734
Autokorelasi (julat)	0.113 – 0.568
Saiz sampel rantaian	4041
Selang penipisan (<i>Thinning interval</i>)	122 000



- b. Kesesuaian Dalam Model (*Internal Goodness-of-Fit*) menggunakan nilai- p dan rajah plot gwdegree

Statistik	Pemerhatian (<i>Observed</i>)	Simulasi min (<i>Simulated mean</i>)	Nilai- p (Monte Carlo)
Pautan	21 424	21 471.29	0.850
Atribut Kategori Pekerjaan			
Pelajar	8700	8791.94	0.275
Tidak Bekerja	7063	7106.84	0.665
Homofili Status Kewarganegaraan			
Padanan Warganegara	16 442	16 472.48	0.865
Padanan Bukan warganegara	1202	1195.28	0.785
Homofili Jenis Kediaman			
Padanan Bangunan tinggi	12 437	12 465.91	0.720
Padanan Bangunan rendah	5821	5846.80	0.825
Gwdegree. Fixed 0.25	15 138	15 146.79	0.850

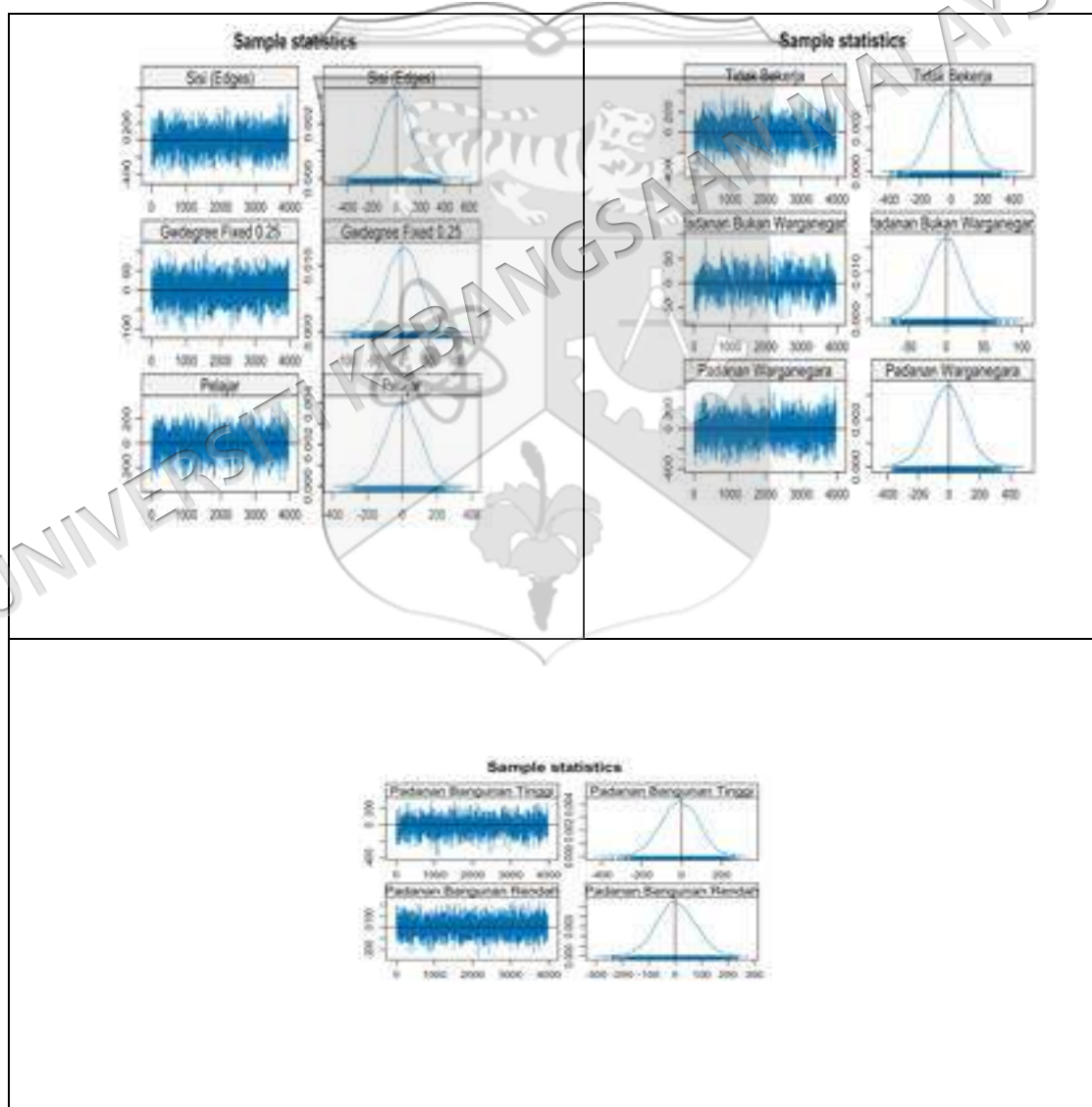


LAMPIRAN P

JADUAL DAN RAJAH TAMBAHAN DIAGNOSTIK MCMC DAN GOF DAERAH HULU LANGAT

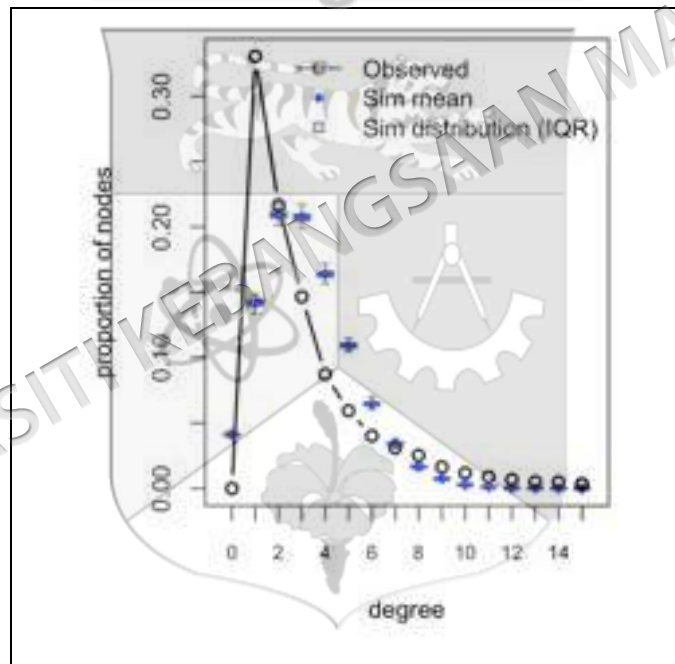
- a. Diagnostik MCMC menggunakan nilai, rajah plot jejak (*trace plot*) dan plot ketumpatan (*density plot*)

MCMC	Nilai
Skor-z Geweke	-0.589 hingga +1.291
Nilai- <i>p</i> bersama	0.686
Autokorelasi (julat)	0.224-0.745
Saiz sampel rantaian	3971
Selang penipisan (<i>Thinning interval</i>)	52 000



- b. Kesesuaian Dalam Model (*Internal Goodness-of-Fit*) menggunakan nilai- p dan rajah plot gwdegree

Statistik	Pemerhatian (<i>Observed</i>)	Simulasi min (<i>Simulated mean</i>)	Nilai- p (Monte Carlo)
Pautan	18 640	18 702.17	0.680
Atribut Kategori Pekerjaan			
Pelajar	8510	8610.47	0.185
Tidak Bekerja	9727	9742	0.925
Homofili Status Kewarganegaraan			
Padanan Warganegara	15 542	15 613.38	0.585
Padanan Bukan warganegara	557	555.98	0.960
Homofili Jenis Kediaman			
Padanan Bangunan tinggi	9291	9362.44	0.395
Padanan Bangunan rendah	5827	5798.40	0.570
Gwdegree. Fixed 0.25	13 468.27	13 471.83	0.890

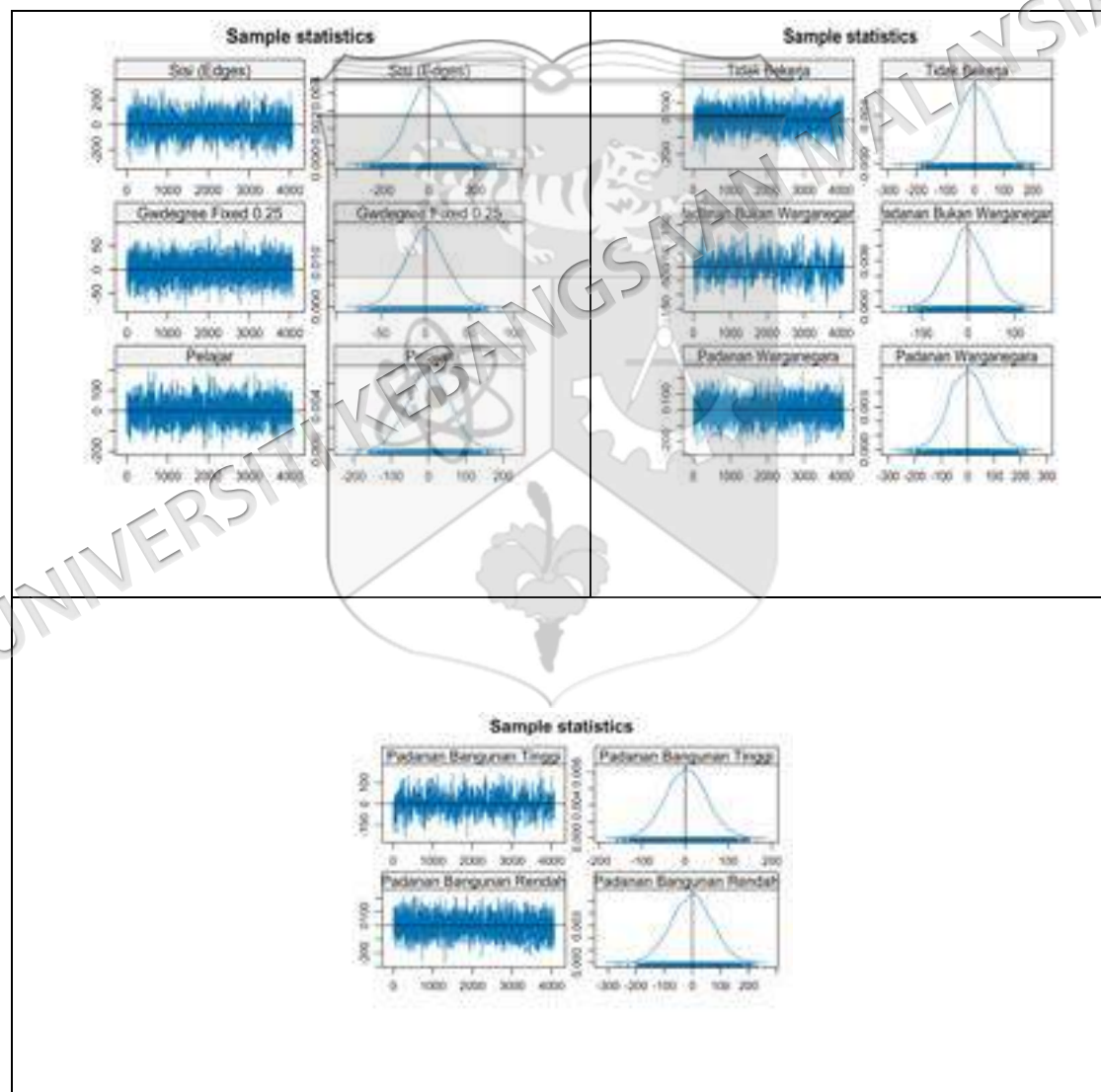


LAMPIRAN Q

JADUAL DAN RAJAH TAMBAHAN DIAGNOSTIK MCMC DAN GOF DAERAH KLANG

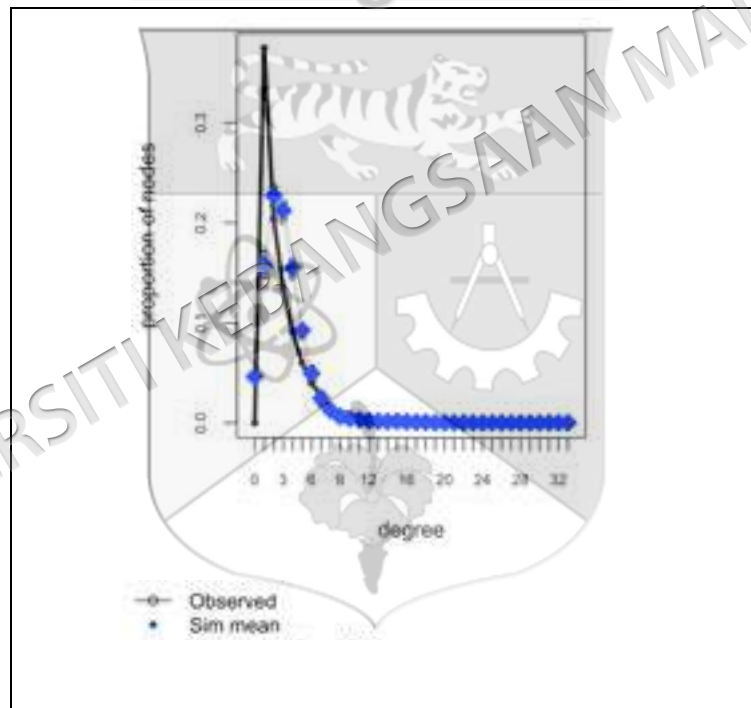
- a. Diagnostik MCMC menggunakan nilai, rajah plot jejak (*trace plot*) dan plot ketumpatan (*density plot*)

MCMC	Nilai
Skor-z Geweke	-1.289 hingga +1.533
Nilai-p bersama	0.464
Autokorelasi (julat)	0.255 – 0.820
Saiz sampel rantaian	4066
Selang penipisan (Thinning interval)	25 792



- b. Kesesuaian Dalam Model (*Internal Goodness-of-Fit*) menggunakan nilai-*p* dan rajah plot gwdegree

Statistik	Pemerhatian (<i>Observed</i>)	Simulasi min (<i>Simulated mean</i>)	Nilai- <i>p</i> (Monte Carlo)
Pautan	8630	8706.34	0.450
Atribut Kategori Pekerjaan			
Pelajar	2806	2826.06	0.715
Tidak Bekerja	3152	3170.86	0.870
Homofili Status Kewarganegaraan			
Padanan Warganegara	5159	5189.24	0.650
Padanan Bukan warganegara	1843	1882.22	0.160
Homofili Jenis Kediaman			
Padanan Bangunan tinggi	2502	2555.32	0.310
Padanan Bangunan rendah	5546	5569.22	0.780
Gwdegree. Fixed 0.25	6379.30	6384.93	0.750

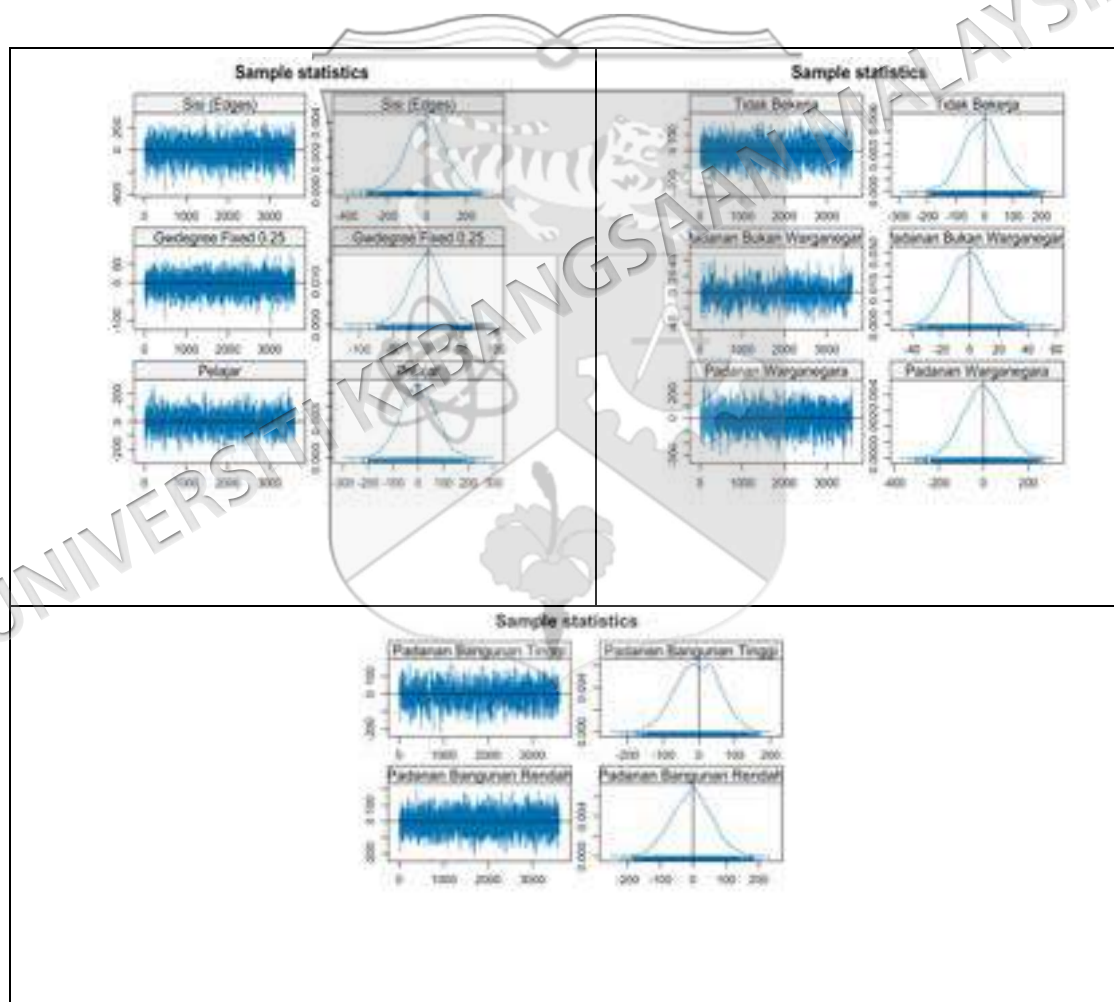


LAMPIRAN R

JADUAL DAN RAJAH TAMBAHAN DIAGNOSTIK MCMC DAN GOF DAERAH GOMBAK

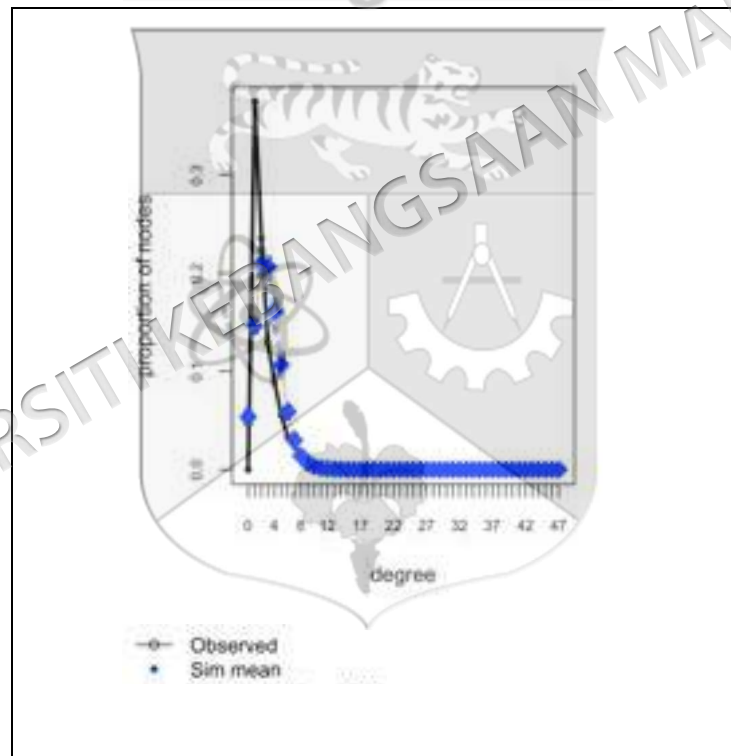
- a. Diagnostik MCMC menggunakan nilai, rajah plot jejak (*trace plot*) dan plot ketumpatan (*density plot*)

MCMC	Nilai
Skor-z Geweke	-0.751 hingga +0.679
Nilai- <i>p</i> bersama	0.665
Autokorelasi (julat)	0.175 – 0.736
Saiz sampel rantaian	3606
Selang penipisan (<i>Thinning interval</i>)	31 744



- b. Kesesuaian Dalam Model (*Internal Goodness-of-Fit*) menggunakan nilai- p dan rajah plot gwdegree

Statistik	Pemerhatian (<i>Observed</i>)	Simulasi min (<i>Simulated mean</i>)	Nilai- p (Monte Carlo)
Pautan	8955	8948.60	0.940
Atribut Kategori Pekerjaan			
Pelajar	3931	3944.68	0.860
Tidak Bekerja	3713	3708.91	0.920
Homofili Status Kewarganegaraan			
Padanan Warganegara	7609	7615.81	0.925
Padanan Bukan warganegara	173	164.94	0.425
Homofili Jenis Kediaman			
Padanan Bangunan tinggi	3380	3375.81	0.965
Padanan Bangunan rendah	3928	3911.39	0.785
Gwdegree. Fixed 0.25	6516	6513.44	0.890

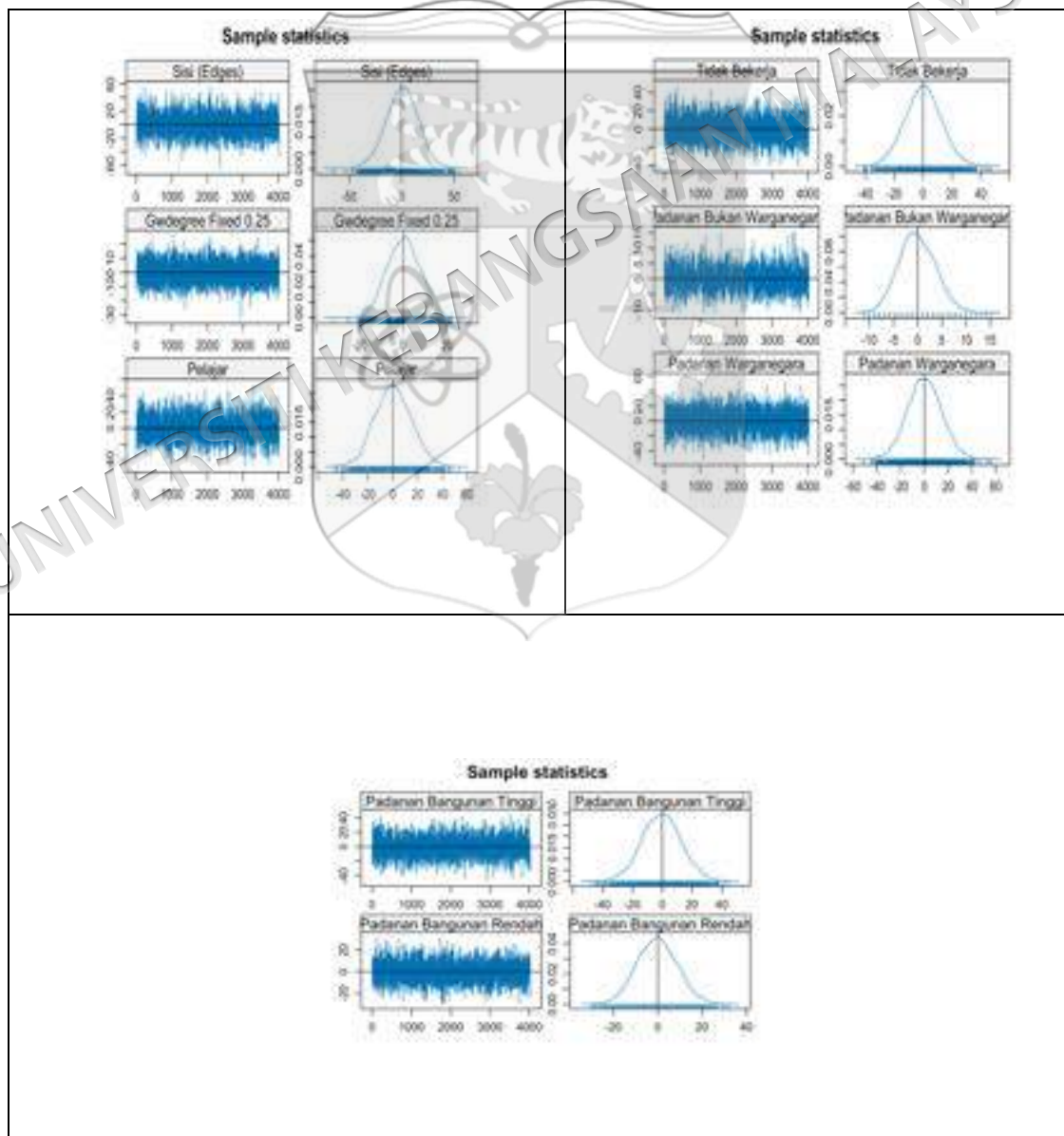


LAMPIRAN S

JADUAL DAN RAJAH TAMBAHAN DIAGNOSTIK MCMC DAN GOF DAERAH SEPANG

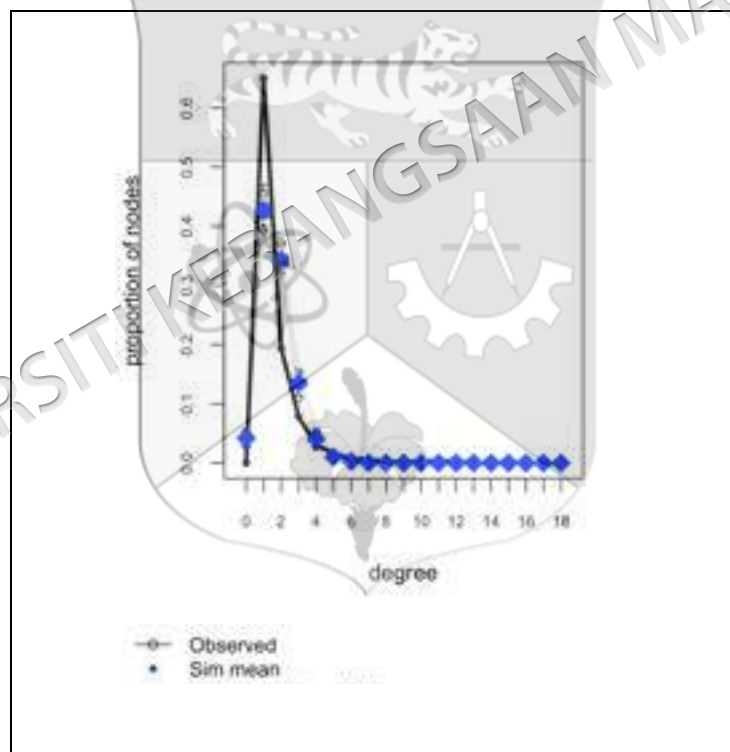
- a. Diagnostik MCMC menggunakan nilai, rajah plot jejak (*trace plot*) dan plot ketumpatan (*density plot*)

MCMC	Nilai
Skor-z Geweke	0.250 hingga +1.934
Nilai-p bersama	0.390
Autokorelasi (julat)	0.112 – 0.578
Saiz sampel rantaian	4018
Selang penipisan (Thinning interval)	2560



- b. Kesesuaian Dalam Model (*Internal Goodness-of-Fit*) menggunakan nilai- p dan rajah plot gwdegree

Statistik	Pemerhatian (<i>Observed</i>)	Simulasi min (<i>Simulated mean</i>)	Nilai- p (Monte Carlo)
Pautan	742	743.21	0.960
Atribut Kategori Pekerjaan			
Pelajar	374	375.34	0.950
Tidak Bekerja	307	309.28	0.880
Homofili Status Kewarganegaraan			
Padanan Warganegara	577	577.35	1.000
Padanan Bukan warganegara	17	16.66	1.000
Homofili Jenis Kediaman			
Padanan Bangunan tinggi	399	398.69	1.000
Padanan Bangunan rendah	240	239.86	1.000
Gwdegree. Fixed 0.25	918.76	918.70	1.000

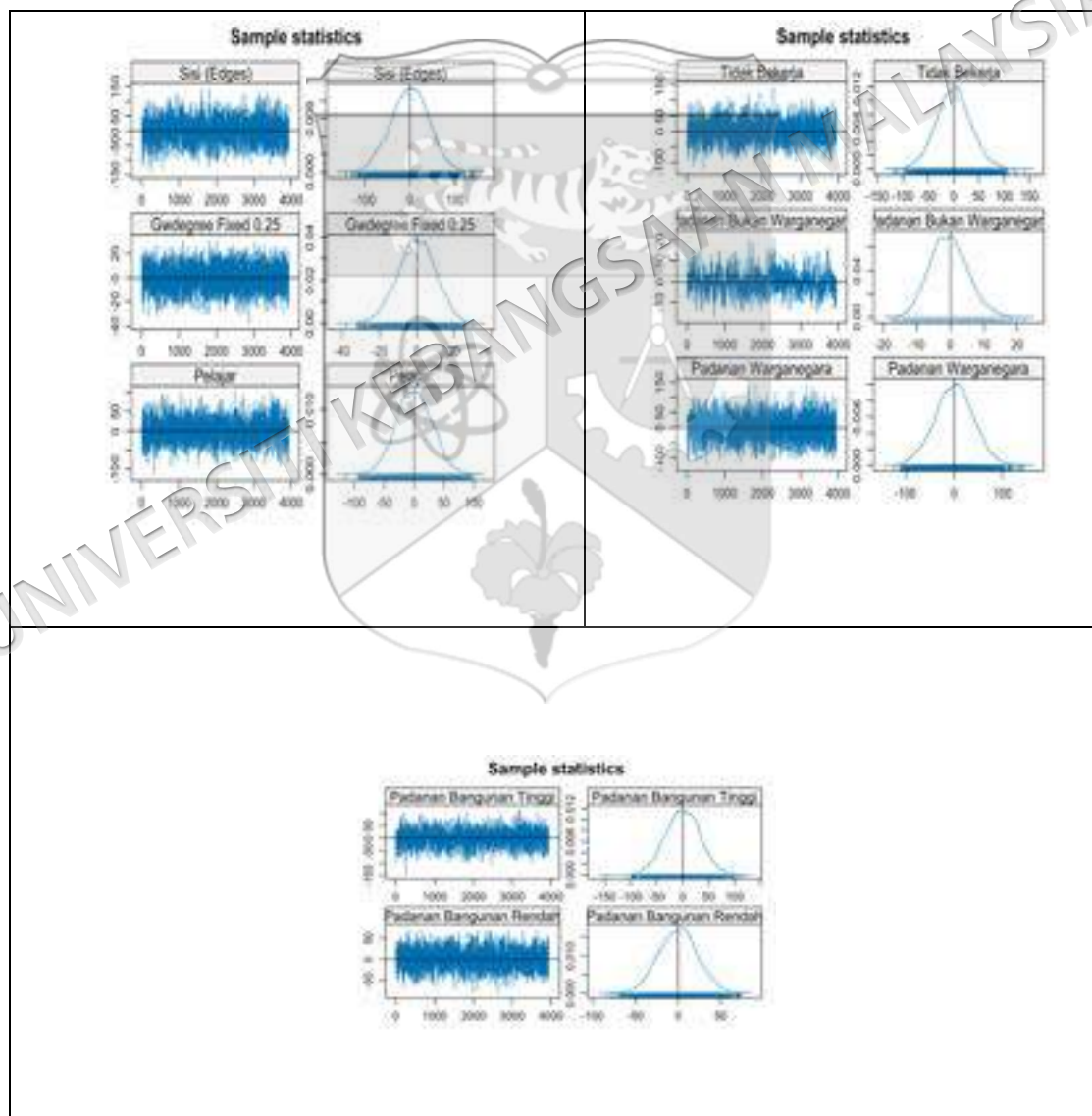


LAMPIRAN T

JADUAL DAN RAJAH TAMBAHAN DIAGNOSTIK MCMC DAN GOF DAERAH HULU SELANGOR

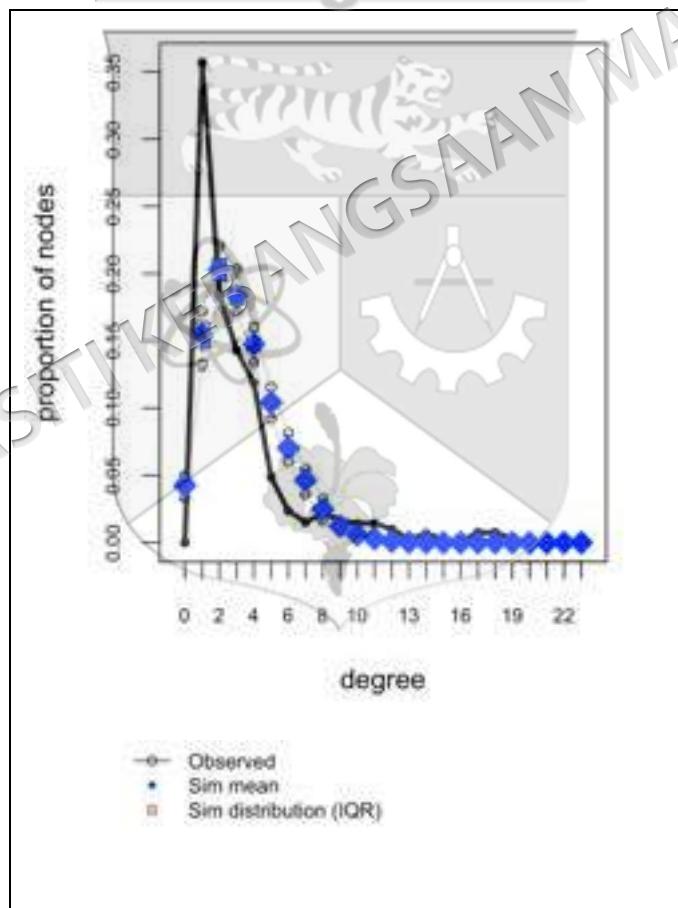
- a. Diagnostik MCMC menggunakan nilai, rajah plot jejak (*trace plot*) dan plot ketumpatan (*density plot*)

MCMC	Nilai
Skor-z Geweke	-1.068 hingga +0.650
Nilai- <i>p</i> bersama	0.785
Autokorelasi (julat)	0.144 – 0.825
Saiz sampel rantaian	3948
Selang penipisan (<i>Thinning interval</i>)	8192



- b. Kesesuaian Dalam Model (*Internal Goodness-of-Fit*) menggunakan nilai- p dan rajah plot gwdegree

Statistik	Pemerhatian (<i>Observed</i>)	Simulasi min (<i>Simulated mean</i>)	Nilai- p (Monte Carlo)
Pautan	2016	2025.35	0.845
Atribut Nod Kategori Pekerjaan			
Pelajar	824	826.76	0.950
Tidak Bekerja	1012	1019.80	0.855
Homofili Status Kewarganegaraan			
Padanan Warganegara	1840	1854.32	0.770
Padanan Bukan warganegara	32	30.48	0.875
Homofili Jenis Kediaman			
Padanan Bangunan tinggi	1221	1226.62	0.885
Padanan Bangunan rendah	653	655.4	0.945
Gwdegree. Fixed 0.25	1388.4	1388.74	0.980

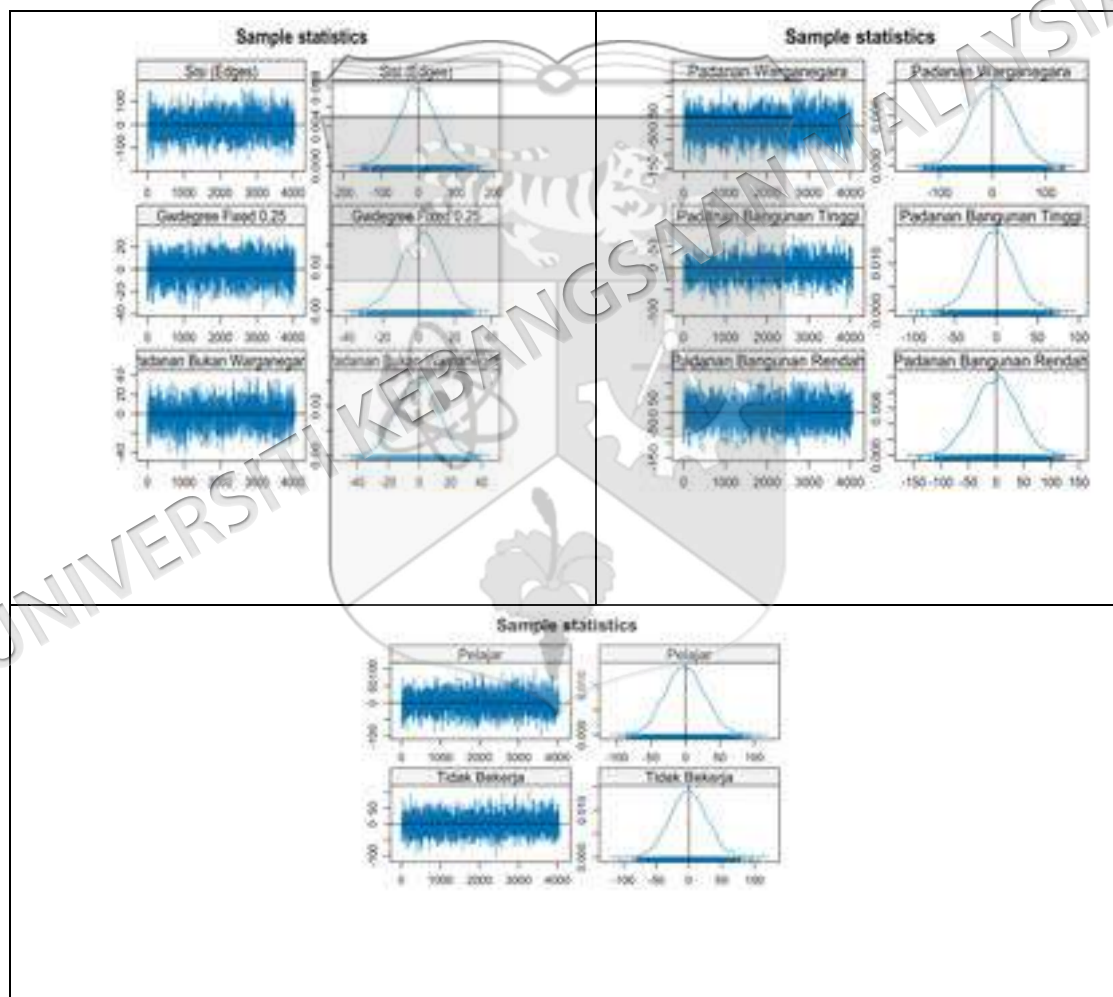


LAMPIRAN U

JADUAL DAN RAJAH TAMBAHAN DIAGNOSTIK MCMC DAN GOF DAERAH KUALA LANGAT

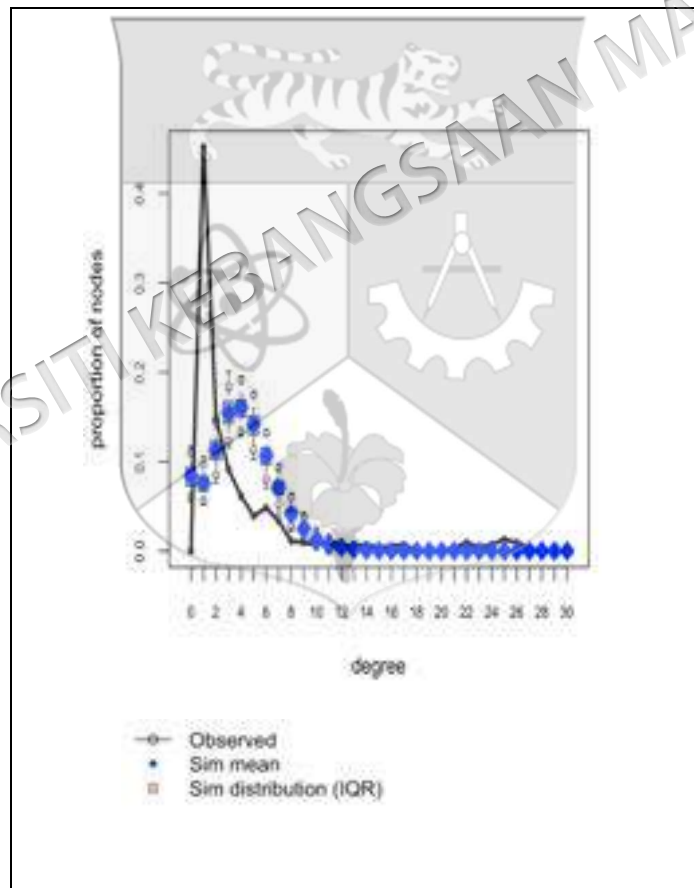
- a. Diagnostik MCMC menggunakan nilai, rajah plot jejak (*trace plot*) dan plot ketumpatan (*density plot*)

MCMC	Nilai
Skor-z Geweke	-1.618 hingga -0.132
Nilai- <i>p</i> bersama	0.604
Autokorelasi (julat)	0.002 – 0.606
Saiz sampel rantaian	4047
Selang penipisan (<i>Thinning interval</i>)	9984



- b. Kesesuaian Dalam Model (*Internal Goodness-of-Fit*) menggunakan nilai- p dan rajah plot gwdegree

Statistik	Pemerhatian (<i>Observed</i>)	Simulasi min (<i>Simulated mean</i>)	Nilai- p (Monte Carlo)
Pautan	1105	1105.07	1.000
Atribut Kategori Pekerjaan			
Pelajar	393	398.24	0.885
Tidak Bekerja	375	375.35	1.000
Homofili Status Kewarganegaraan			
Padanan Warganegara	747	741.76	0.890
Padanan Bukan warganegara	149	150.60	0.925
Homofili Jenis Kediaman			
Padanan Bangunan tinggi	384	381.96	0.925
Padanan Bangunan rendah	654	654.66	0.975
Gwdegree. Fixed 0.25	615.96	616.68	0.970

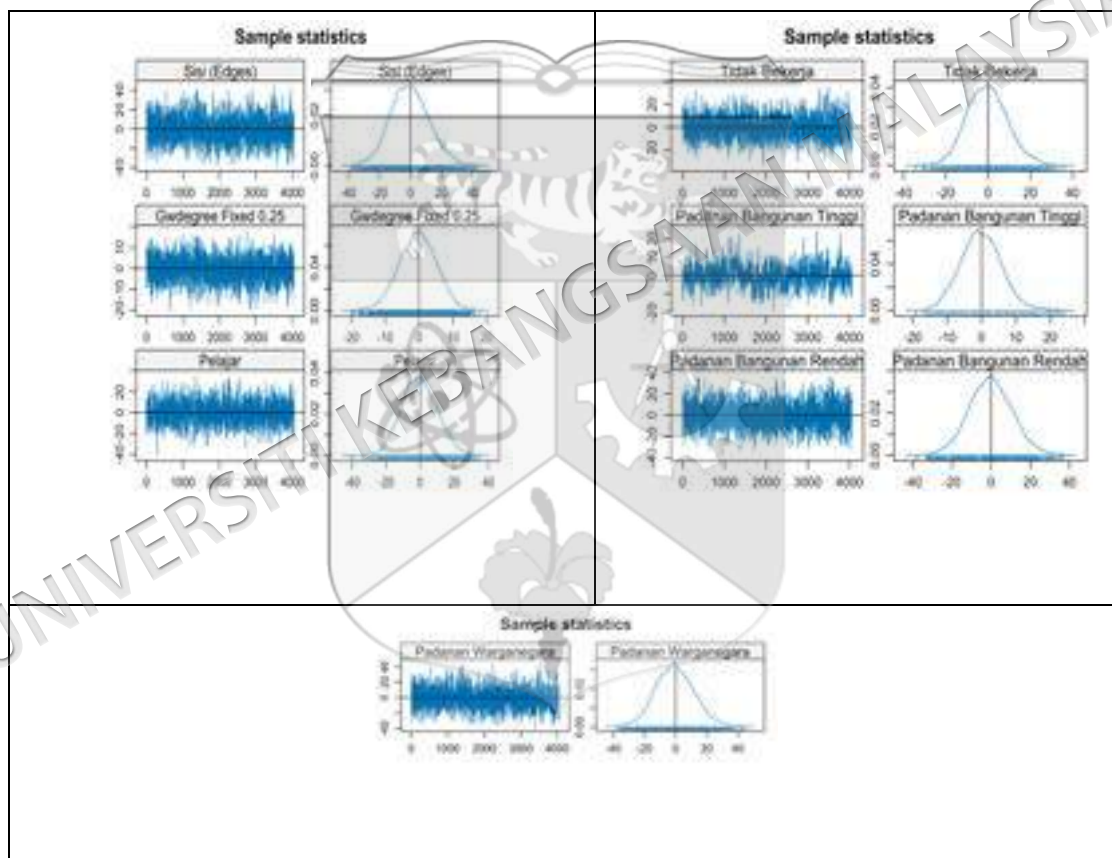


LAMPIRAN V

JADUAL DAN RAJAH TAMBAHAN DIAGNOSTIK MCMC DAN GOF DAERAH KUALA SELANGOR

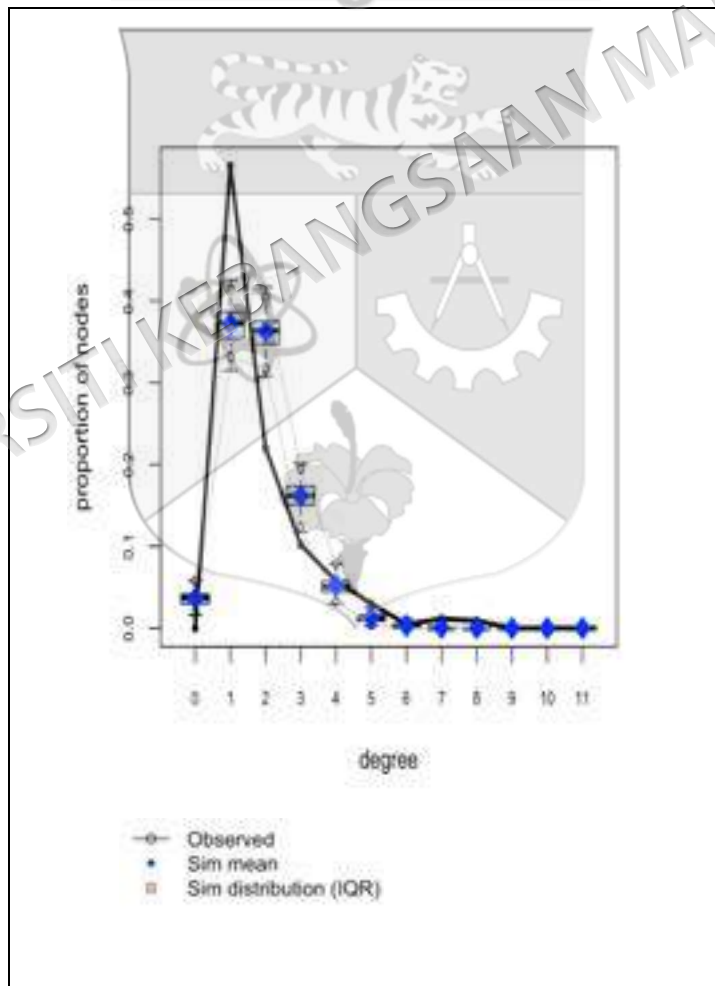
- a. Diagnostik MCMC menggunakan nilai, rajah plot jejak (*trace plot*) dan plot ketumpatan (*density plot*)

MCMC	Nilai
Skor-z Geweke	-0.398 hingga +2.370
Nilai- p bersama	0.188
Autokorelasi (julat)	0.049 – 0.852
Saiz sampel rantaian	4045
Selang penipisan (<i>Thinning interval</i>)	384



- b. Kesesuaian Dalam Model (*Internal Goodness-of-Fit*) menggunakan nilai- p dan rajah plot gwdegree

Statistik	Pemerhatian (<i>Observed</i>)	Simulasi min (<i>Simulated mean</i>)	Nilai- p (Monte Carlo)
Pautan	405	404.85	1.000
Atribut Kategori Pekerjaan			
Pelajar	186	186.18	1.000
Tidak Bekerja	159	159.64	0.945
Homofili Status Kewarganegaraan			
Padanan Warganegara	390	389.56	1.000
Padanan Bukan warganegara	—	—	—
Homofili Jenis Kediaman			
Padanan Bangunan tinggi	62	62.15	1.000
Padanan Bangunan rendah	296	295.90	1.000
Gwdegree. Fixed 0.25	478.73	479.11	0.955

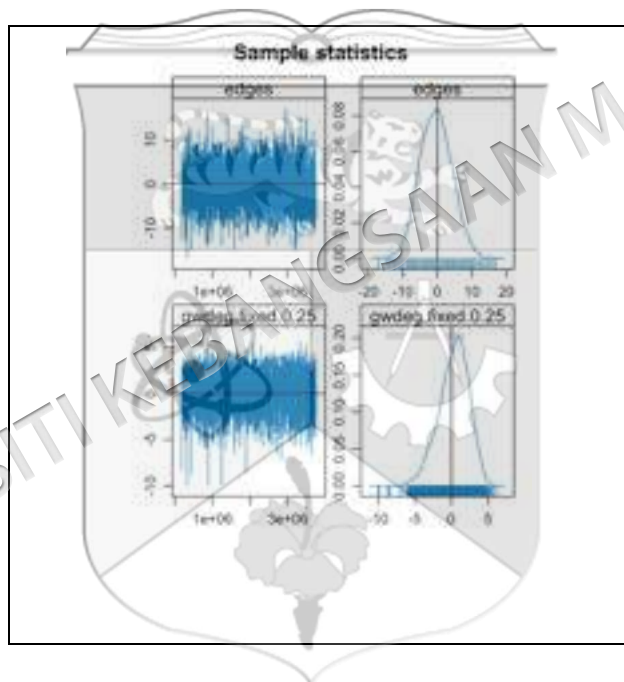


LAMPIRAN W

JADUAL DAN RAJAH TAMBAHAN DIAGNOSTIK MCMC DAN GOF DAERAH SABAK BERNAM

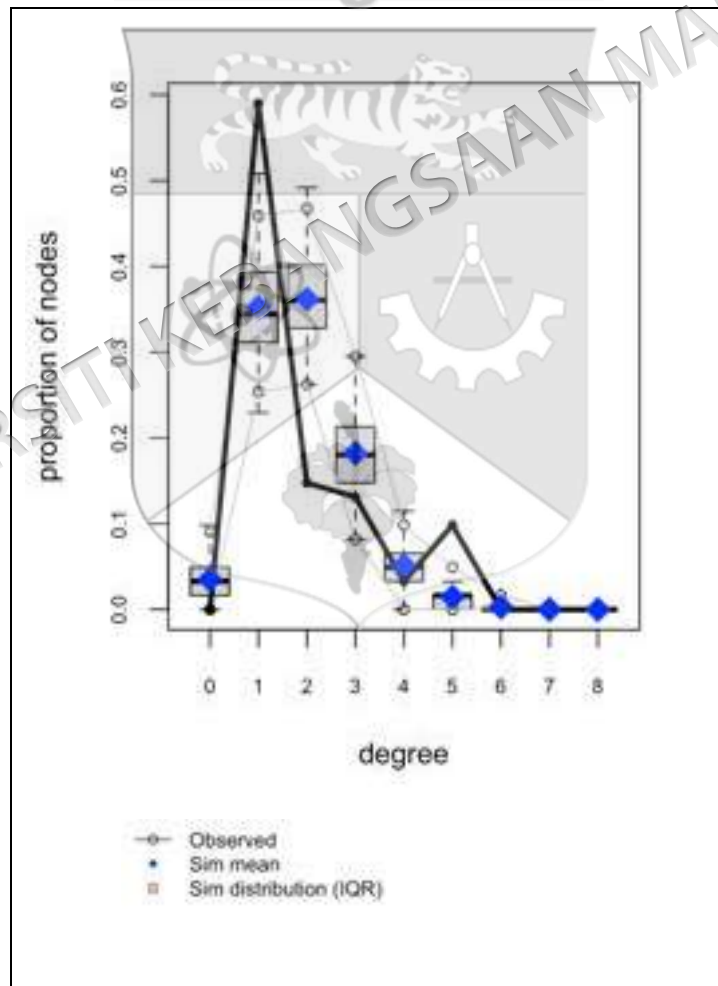
- a. Diagnostik MCMC menggunakan nilai, rajah plot jejak (*trace plot*) dan plot ketumpatan (*density plot*)

MCMC	Nilai
Skor-z Geweke	-0.229 hingga +0.319
Nilai- p bersama	0.758
Autokorelasi (julat)	0.004 – 0.031
Saiz sampel rantaian	3563
Selang penipisan (<i>Thinning interval</i>)	1000



- b. Kesesuaian Dalam Model (*Internal Goodness-of-Fit*) menggunakan nilai- p dan rajah plot gwdegree

Statistik	Pemerhatian (Observed)	Simulasi min (Simulated mean)	Nilai-p (Monte Carlo)
Pautan	58	57.47	0.935
Atribut Kategori Pekerjaan			
Pelajar	—	—	—
Tidak Bekerja	—	—	—
Homofili Status Kewarganegaraan			
Padanan Warganegara	—	—	—
Padanan Bukan warganegara	—	—	—
Homofili Jenis Kediaman			
Padanan Bangunan tinggi	—	—	—
Padanan Bangunan rendah	—	—	—
Gwdegree. Fixed 0.25	67.41	67.6	0.955



LAMPIRAN X

PENERBITAN BERKAITAN DISERTASI I

Article | Open access | Published: 09 August 2026

Social network analysis and exponential random graph modelling of dengue spatiotemporal linkage networks in an urban Malaysian district

Siti Najiha Md Asari, Fatimah Abdul Razak, Mohd Rahim Sulong, Wan Ming Keong & Nazarudin Saifan 

Scientific Reports (2026)

 [Save article](#)

[View saved research](#) >

608 Accesses | [Metrics](#)

 We're sharing this article early to provide faster access to peer-reviewed, accepted research. It is citable and carries a permanent DOI. This version is subject to further edits and will be replaced automatically by the final Version of Record. All legal disclaimers apply.

Abstract

Dengue burden is increasingly concentrated in rapidly urbanising Asian cities, yet routine surveillance rarely captures fine-scale residential spatiotemporal co-occurrence. We characterised a case-level linkage network and identified sociodemographic and residential correlates of linkage formation in Petaling District, Malaysia, using social network analysis and exponential random graph models (ERGMs). Cases were linked when their residences were within 200 m and symptom onset occurred within 14 days. Among 19,549 laboratory-confirmed

<https://www.nature.com/articles/s41598-026-05525-y> Page 1 of 7

Social network analysis and exponential random graph modelling of linkage networks in an urban Malaysian district | *Scientific Reports* | 23/08/2026, 4:11 PM

dengue cases reported in 2023, 12,978 had at least one linkage, forming 21,424 linkages in a highly fragmented network. Linkages represent residential co-occurrence rather than confirmed transmission. Among connected cases, the conditional odds of linkage were elevated for pairs of high-rise residents (OR 6.66, 95% CI 6.40–6.93), low-rise residents (OR 4.34, 95% CI 4.15–4.54) and non-citizen cases (OR 3.96, 95% CI 3.70–4.22). Student status was modestly associated with linkage formation (OR 1.07, 95% CI 1.05–1.10). Degree-related structural dependence was not supported. Attribute associations were more stable than structural dependence across evaluated network definitions. Integrating linkage analysis into routine surveillance could support targeted prioritisation of vector control in high-rise buildings and priority communities when operational capacity is constrained.

LAMPIRAN Y

PENERBITAN BERKAITAN DISERTASI II

International Journal of Public Health Research Vol 16 No 1 2026, pp (2581-2599)

REVIEW ARTICLE

Climate-Driven Dengue Modelling in Southeast Asia: A Scoping Review for Public Health Application

Siti Najihah Md Asari, Nazarudin Saifan,* Mohd Hasni Jaafar, Muhammad Ridzwan Rafi[†]

[†]Department of Public Health Medicine, Faculty of Medicine, Universiti Kebangsaan Malaysia, Kuala Lumpur, Malaysia.

*Corresponding author: nazarudin@hcmu-ukm.edu.my

ABSTRACT

Introduction

Dengue remains a major public health threat in Southeast Asia, with climate factors playing a significant role in its transmission. Climate-driven dengue modelling offers a valuable tool for outbreak forecasting and risk assessment. However, methodological rigour, predictive accuracy, and applicability vary across studies. This review aimed to map climate-driven dengue modelling approaches in Southeast Asia and evaluate their public health applicability.

Methods

A scoping review was conducted in accordance with the JBI framework and PRISMA-S-23 guidelines. Studies focusing on climate-driven dengue prediction models were identified from PubMed, Scopus, and Web of Science. A total of 20 studies (N = 20) met the eligibility criteria. Eligible studies included those conducted in Southeast Asia that incorporated at least one climate predictor into a dengue model and were published in English. Data extraction included model types, predictors, and model performance.

Results

The studies were included and categorized into four themes, Short-Term Forecasting, Long-Term Forecasting, Risk Mapping, and Climate-Transmission Simulation Models. Temperature, rainfall, and humidity were the most used climatic variables. Short-term models demonstrated high predictive accuracy (80%-95%). Long-term and simulation models offered insights into seasonal dynamics and intervention scenarios. Risk mapping enhanced spatial targeting, particularly when integrating land-use or mobility data. Across all themes, reliance on internal validation and inconsistent performance reporting limited generalisability.

Conclusions

These models showed significant potential to improve surveillance and outbreak preparedness in Southeast Asia. Strengthening external validation, integrating socio-environmental predictors, and fostering regional collaboration through platforms such as the ASEAN Centre for Public Health Emergencies and Emerging Diseases (ACPHEED) are essential to scaling model use for public health decision-making.

Keywords

Dengue Modelling; Climate; Public Health Application; Southeast Asia; Early Warning Systems; Long-Term Forecasting; Risk Mapping; Simulation Models

Article history:

Received: 16 January 2025

Accepted: 18 November 2025

Published: 22 April 2026

LAMPIRAN Z

PEMBENTANGAN BERKAITAN DISERTASI

