



INSTITUT PERTANIAN BOGOR

**APLIKASI AGENT BASED MODEL UNTUK ANALISIS
RISIKO IKLIM TERHADAP KEJADIAN DEMAM DENGUE
DI KOTA BOGOR**

TESIS

**RYCO FARYSCA ADI
P0502241020**

**PROGRAM STUDI ILMU PENGELOLAAN SUMBERDAYA ALAM
DAN LINGKUNGAN
SEKOLAH PASCASARJANA
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2026**



@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

PERNYATAAN MENGENAI TESIS, SUMBER INFORMASI, PENGGUNAAN AI, DAN PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa tesis dengan judul “Aplikasi *Agent Based Model* untuk Analisis Risiko Iklim terhadap Kejadian Demam *Dengue* di Kota Bogor” merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar magister Program Studi Ilmu Pengelolaan Sumberdaya Alam Dan Lingkungan. Karya ini adalah karya saya dengan arahan dari dosen pembimbing dan belum diajukan dalam bentuk apa pun kepada perguruan tinggi mana pun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka di bagian akhir tesis ini.

Dalam penyusunan karya ini, saya menggunakan bantuan kecerdasan buatan open ai dan claude untuk membantu penulisan dan koreksi source code dalam pengembangan model pada platform GAMA. Setelah menggunakan alat/layanan tersebut, saya meninjau dan menyunting konten sesuai kebutuhan serta bertanggung jawab penuh atas isi karya tugas akhir ini.

Dengan ini saya melimpahkan hak cipta dari karya tulis saya kepada Institut Pertanian Bogor.

Bogor, Oktober Tahun 2026

Ryco Farysca Adi
P0502241020

© Hak Cipta milik IPB, 2026
Hak Cipta dilindungi Undang-Undang

Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan atau menyebutkan sumbernya. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik, atau tinjauan suatu masalah, dan pengutipan tersebut tidak merugikan kepentingan IPB.

Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apa pun tanpa izin IPB.



@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

SOROTAN

RYCO FARYSCA ADI. Aplikasi Agent Based Model untuk Analisis Risiko Iklim terhadap Kejadian Demam Dengue di Kota Bogor. Dibimbing oleh PERDINAN dan MIRA DEWI.

1. Penelitian ini menilai respons kasus Demam Dengue di Kota Bogor terhadap variasi dan skenario iklim.
2. Lag iklim diuji dengan korelasi, lalu Agent-Based Model (ABM) dibangun dan disimulasikan di GAMA.
3. Kelembapan jeda satu bulan dan hari hujan jeda dua bulan paling berkaitan dengan kenaikan kasus.
4. ABM menunjukkan iklim bekerja tidak langsung melalui habitat dan vektor, dengan respons nonlinear.
5. Kelembapan dan hari hujan berpotensi menjadi indikator pendamping kewaspadaan dini Demam Dengue.

HIGHLIGHTS

RYCO FARYSCA ADI. Application of an Agent-Based Model for Climate Risk Analysis of Dengue Fever Incidence in Bogor City. Supervised by PERDINAN and MIRA DEWI.

1. This study evaluates how dengue cases in Bogor City respond to climate variability and scenarios.
2. Climate lags were tested by correlation, then an Agent-Based Model (ABM) was built and run in GAMA.
3. Humidity at a one-month lag and rainy days at a two-month lag were most linked to rising cases.
4. The ABM shows that climate acts indirectly through habitat and vectors, with a nonlinear response.
5. Humidity and rainy days could serve as supporting indicators for dengue fever early warning.



RINGKASAN VISUAL

TUJUAN Menilai respons kasus Demam Dengue di Kota Bogor terhadap variabilitas dan skenario iklim melalui analisis lag dan Agent-Based Model (ABM) Data bulanan 2004–2022
Iklim: BMKG Darmaga



PESAN UTAMA

- Kelembapan dan hari hujan 1–2 bulan sebelumnya berpotensi menjadi indikator pendamping kewaspadaan dini.
- Iklim bekerja tidak langsung lewat habitat dan vektor; ABM tepat untuk membandingkan skenario, belum untuk memprediksi kasus bulanan.

Sinyal Iklim Tertunda bagi Risiko Demam Dengue

GRAPHICAL SUMMARY

OBJECTIVE To assess how dengue fever cases in Bogor City respond to climate variability and scenarios using lag analysis and an Agent-Based Model (ABM) Monthly data 2004–2022
Climate: BMKG Darmaga



KEY MESSAGES

- Humidity and rainy days 1–2 months earlier could serve as supporting early-warning indicators.
- Climate acts indirectly through habitat and vectors; the ABM suits scenario comparison, not yet monthly case prediction.

Delayed Climate Signals of Dengue Fever Risk

RINGKASAN

RYCO FARYSCA ADI, Aplikasi Agent Based Model untuk Analisis Risiko Iklim terhadap Kejadian Demam Dengue di Kota Bogor. Dibimbing oleh PERDINAN dan MIRA DEWI.

Demam Dengue merupakan salah satu penyakit sensitif iklim yang masih menjadi permasalahan kesehatan masyarakat di wilayah tropis perkotaan. Dinamika penularannya dipengaruhi oleh interaksi antara kondisi iklim, lingkungan, populasi nyamuk *Aedes aegypti*, dan manusia. Kota Bogor memiliki karakteristik iklim tropis basah dengan curah hujan dan kelembapan relatif tinggi serta kejadian yang berfluktuasi secara musiman dan antartahun. Perubahan suhu, curah hujan, jumlah hari hujan, dan kelembapan tidak selalu langsung diikuti oleh perubahan kasus karena terdapat proses pembentukan habitat, perkembangan vektor, serta masa inkubasi virus sebelum infeksi terdeteksi pada manusia. Kompleksitas tersebut memerlukan pendekatan yang mampu menghubungkan variabilitas iklim dengan mekanisme lingkungan, vektor, dan manusia secara dinamis. *Agent-Based Model* (ABM) digunakan dalam penelitian ini untuk merepresentasikan proses tersebut melalui interaksi antaragen dan mengevaluasi respons sistem terhadap perubahan kondisi iklim.

Penelitian ini bertujuan untuk: 1) mengestimasi dan menguji pola keterlambatan (*lag*) variabel iklim terhadap kejadian Demam Dengue di Kota Bogor; 2) membangun dan melakukan validasi ABM untuk merepresentasikan interaksi manusia, nyamuk, dan lingkungan di bawah pengaruh berbagai variabel iklim; dan 3) mensimulasikan berbagai skenario iklim untuk menghasilkan estimasi potensi dampak terhadap kasus Demam Dengue. Analisis diawali dengan statistik deskriptif untuk mengidentifikasi pola temporal kasus Demam Dengue dan kondisi iklim. Data distandardisasi menggunakan *z-score*, kemudian hubungan suhu, curah hujan, jumlah hari hujan, kelembapan, dan variabel iklim lainnya dengan kasus Demam Dengue dianalisis pada *lag* 0, 1, dan 2 bulan menggunakan korelasi Pearson dan Spearman. ABM dikembangkan menggunakan platform GAMA dengan tiga komponen utama, yaitu agen lingkungan, agen vektor, dan agen manusia. Submodel lingkungan merepresentasikan pengaruh curah hujan, suhu, kelembapan, drainase, sanitasi, kontainer air, pengelolaan sampah, dan Pemberantasan Sarang Nyamuk (PSN) terhadap habitat. Submodel vektor merepresentasikan larva serta nyamuk dewasa rentan, terpapar, dan infeksius, sedangkan dinamika manusia mengikuti konsepsi *Susceptible–Exposed–Infectious–Recovered*. Model dikalibrasi dan divalidasi terhadap data kasus Demam Dengue historis, kemudian digunakan untuk menjalankan kondisi *baseline* (S0) dan sembilan skenario sensitivitas iklim (S1–S9).

Hasil analisis menunjukkan bahwa kejadian Demam Dengue di Kota Bogor mempunyai variasi bulanan dan antartahun yang tinggi dengan pola musiman yang relatif jelas. Hubungan antara kondisi iklim dan Demam Dengue menunjukkan adanya efek keterlambatan. Kelembapan rata-rata pada *lag* satu bulan menghasilkan hubungan positif paling kuat dengan kasus Demam Dengue, yaitu ($r=0,402$), ($p<0,001$), dan ($R^2=0,162$). Jumlah hari hujan pada *lag* dua bulan juga menunjukkan hubungan positif dengan ($r=0,361$), ($p<0,001$), dan ($R^2=0,131$). Hasil tersebut menunjukkan bahwa perubahan kelembapan dan frekuensi hari hujan

sekitar satu hingga dua bulan sebelumnya dapat menjadi sinyal pendahulu terhadap perubahan risiko Demam Dengue. Namun, besarnya koefisien determinasi menunjukkan bahwa kondisi iklim bukan merupakan satu-satunya faktor yang menjelaskan variasi kasus.

Hasil simulasi menunjukkan bahwa ABM mampu membentuk mekanisme berjenjang dari perubahan kondisi iklim dan lingkungan menuju perubahan habitat, dinamika populasi vektor, dan penularan pada manusia. Validasi *baseline* menghasilkan rata-rata simulasi sebesar 80,62 kasus per bulan dan rata-rata observasi sebesar 86,77 kasus per bulan. Korelasi antara simulasi dan observasi sebesar ($r=0,514$) menunjukkan kesesuaian temporal sedang, sedangkan uji t berpasangan menghasilkan ($p=0,187$), sehingga tidak terdapat perbedaan rata-rata yang signifikan. Meskipun demikian, varians simulasi lebih rendah dibandingkan observasi dan model cenderung meredam beberapa kejadian dengan jumlah kasus sangat tinggi. Dengan demikian, model mampu merepresentasikan pola umum dan dinamika kasus rendah hingga menengah, tetapi masih memiliki keterbatasan dalam mereproduksi amplitudo kejadian ekstrem. Model lebih sesuai digunakan untuk mengevaluasi mekanisme dan perubahan relatif antar-skenario dibandingkan untuk memprediksi secara deterministik jumlah kasus pada setiap bulan.

Simulasi skenario iklim menunjukkan bahwa respons kasus Demam Dengue terhadap perubahan iklim bersifat nonlinear dan bergantung pada kondisi sistem. Skenario peningkatan suhu secara umum meningkatkan jumlah kasus dan memperbesar variasi antartahun, dengan skenario suhu $+2\text{ }^{\circ}\text{C}$ (S3) menghasilkan salah satu potensi dampak tertinggi. Skenario gabungan *warm-wet* (S9) juga menghasilkan peningkatan kasus yang tinggi dan bervariasi, sedangkan peningkatan kelembapan memberikan respons yang lebih moderat. Perubahan intensitas hujan dan jumlah hari hujan secara individual menghasilkan perubahan yang lebih kecil, sementara pengurangan hari hujan cenderung menurunkan kasus. Perbedaan antar-skenario menjadi lebih besar terutama ketika kondisi *baseline* telah mendukung transmisi tinggi. Hasil ini menunjukkan bahwa perubahan iklim dalam model terutama berperan sebagai penguat atau pelemah dinamika epidemi yang telah terbentuk. Oleh karena itu, hasil skenario S1–S9 diinterpretasikan sebagai eksperimen sensitivitas atau *what-if*, bukan sebagai proyeksi deterministik jumlah kasus Demam Dengue pada masa depan. Secara keseluruhan, penelitian menunjukkan bahwa informasi iklim satu hingga dua bulan sebelumnya dapat dimanfaatkan sebagai salah satu komponen kewaspadaan Demam Dengue, sedangkan ABM berpotensi dikembangkan sebagai alat pendukung peringatan dini dan evaluasi respons pengendalian Demam Dengue berbasis informasi iklim di Kota Bogor.

Kata kunci :Pemodelan Berbasis agen; Kesehatan yang Peka Iklim; Demam Dengue ; Peringatan Dini; platform GAMA; Kota Bogor.

SUMMARY

RYCO FARYSCA ADI, *Application of an Agent-Based Model for Climate Risk Analysis of Dengue Hemorrhagic Fever Incidents in Bogor City. Supervised by PERDINAN and MIRA DEWI.*

Dengue Hemorrhagic Fever (DHF) is a climate-sensitive disease that remains a major public health concern in tropical urban areas. Its transmission dynamics are influenced by interactions among climatic conditions, the environment, *Aedes aegypti* mosquito populations, and humans. Bogor City is characterized by a humid tropical climate with high rainfall and relative humidity, while dengue incidence exhibits substantial seasonal and interannual fluctuations. Changes in temperature, rainfall, number of rainy days, and humidity are not necessarily followed immediately by changes in dengue cases because habitat formation, mosquito development, and viral incubation occur before human infections are detected. Such complexity requires an analytical approach capable of dynamically linking climate variability with environmental, vector, and human processes. An Agent-Based Model (ABM) was therefore applied in this study to represent these interactions and to evaluate system responses under different climatic conditions.

This study aimed to: 1) estimate and evaluate lagged relationships between climate variables and dengue incidence in Bogor City; 2) develop and validate an ABM representing interactions among humans, mosquitoes, and the environment under the influence of climate variability; and 3) simulate a range of climate scenarios to estimate their potential impacts on dengue cases. The analysis began with descriptive statistics to characterize temporal patterns of dengue cases and climatic conditions. Data were standardized using z-scores, and relationships between temperature, rainfall, number of rainy days, relative humidity, other climate variables, and dengue cases were evaluated at 0-, 1-, and 2-month lags using Pearson and Spearman correlations. The ABM was developed using the GAMA platform and consisted of three main components: environmental, vector, and human agents. The environmental submodel represented the effects of rainfall, temperature, humidity, drainage, sanitation, water containers, solid-waste management, and mosquito breeding-site elimination activities on habitat suitability. The vector submodel represented larvae and susceptible, exposed, and infectious adult mosquitoes, while human infection dynamics followed the Susceptible–Exposed–Infectious–Recovered framework. The model was calibrated and validated against historical dengue observations and subsequently used to simulate a baseline condition (S0) and nine climate-sensitivity scenarios (S1–S9).

The results showed substantial monthly and interannual variability in dengue incidence in Bogor City, accompanied by a clear seasonal pattern. Climate–dengue relationships exhibited lagged effects. Average relative humidity at a one-month lag showed the strongest positive association with dengue cases ($(r=0.402)$, $(p<0.001)$, $(R^2=0.162)$). The number of rainy days at a two-month lag was also positively associated with dengue incidence ($(r=0.361)$, $(p<0.001)$, $(R^2=0.131)$). These findings indicate that changes in humidity and rainy-day frequency one to two months earlier may provide advance signals of changes in

dengue risk. However, the relatively limited coefficients of determination indicate that climate alone does not explain the overall variability in dengue incidence.

The simulation results demonstrated that the ABM was able to represent a sequential mechanism linking climatic and environmental changes to habitat suitability, vector population dynamics, and subsequent human transmission. Baseline validation produced an average of 80.62 simulated cases per month compared with 86.77 observed cases per month. The correlation between simulated and observed cases was ($r=0.514$), indicating moderate temporal agreement, while the paired t-test resulted in ($p=0.187$), indicating no statistically significant difference in mean values. Nevertheless, simulated variance was lower than observed variance, and the model tended to dampen several extreme peaks in observed dengue incidence. Therefore, the model reasonably represented general temporal patterns and low-to-moderate case dynamics but remained limited in reproducing the magnitude of extreme outbreaks. In its current configuration, the model is more appropriate for analysing mechanisms and relative changes among scenarios than for deterministic prediction of exact monthly case numbers.

Climate-scenario simulations showed that dengue responses to climatic changes were nonlinear and dependent on the state of the system. Temperature-increase scenarios generally increased dengue cases and interannual variability, with the +2 °C scenario (S3) producing one of the largest potential impacts. The combined warm–wet scenario (S9) also generated relatively high and variable increases, whereas increased relative humidity produced a more moderate response. Changes in rainfall intensity and rainy-day frequency individually produced smaller responses, while a reduction in rainy days tended to decrease cases. Differences among scenarios became greater when baseline conditions were already favourable for high transmission. These findings indicate that climatic changes in the model primarily act as amplifiers or suppressors of existing epidemic dynamics. Consequently, scenarios S1–S9 should be interpreted as sensitivity or what-if experiments rather than deterministic projections of future dengue incidence. Overall, the study demonstrates that climate information one to two months in advance can provide a basis for dengue preparedness, while the developed ABM has the potential to support climate-informed early warning and the evaluation of dengue-control responses in Bogor City.

Keywords: Agent-based modeling; Climate-sensitive health; Dengue; Early warning; GAMA platform; Bogor City.



@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Tim Penguji pada Ujian Tesis:

1 Prof Dr Drh Upik Kesumawati Hadi, MS



Judul Tesis : Aplikasi Agent Based Model untuk Analisis Risiko Iklim
terhadap Kejadian Demam Dengue di Kota Bogor
Nama : Ryco Farysca Adi
NIM : P0502241020

@Hak cipta milik IPB University

Disetujui oleh

Pembimbing 1:
Perdinan, S.Si., M.Nat.Re.Econ., Ph.D.



Pembimbing 2:
Dr. dr Mira Dewi, M.Si



Diketahui oleh

Ketua Program Studi:
Prof. Dr. Efi Yulianti Yovi, S.Hut., M.Life.Env.Sc.
NIP. 19740724 199903 2 003



Dekan Sekolah Pascasarjana:
Prof. Dr. Ir. Yusli Wardiatno, M.Sc.
NIP. 19660728 199103 1 002



Tanggal Ujian:
20 Agustus 2026

Tanggal Lulus:

Tanggal Pengesahan Tesis:
28 Oktober 2026



@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah subhanaahu wa ta'ala atas segala karunia-Nya sehingga proposal ini berhasil diselesaikan. Penelitian ini direncanakan akan dilaksanakan pada bulan April 2026 sampai bulan Juli 2026, dengan judul “Aplikasi *Agent Based Model* untuk Analisis Risiko Iklim terhadap Kejadian Demam Dengue di Kota Bogor”.

Terima kasih penulis ucapkan kepada para pembimbing, Perdinan, S.Si., M.Nat.Re.Econ., Ph.D. dan Dr. dr Mira Dewi, M.Si selaku dosen pembimbing yang telah memberikan bimbingan, arahan, dan masukan yang sangat berarti dalam penyusunan tesis ini. Terima kasih juga penulis sampaikan kepada program studi yang telah memberikan dukungan administratif dan akademik selama proses penyusunan proposal. Selain itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada orang tua, keluarga, dan sahabat-sahabat terdekat atas dukungan moral, semangat, dan doa yang senantiasa mengiringi langkah penulis.

Penulis menyadari tesis penelitian tidak luput dari kekurangan, oleh karenanya penulis mengharapkan saran dan kritik demi tesis ini menjadi lebih baik. Semoga tesis ini dapat bermanfaat bagi pihak yang membutuhkan dan bagi kemajuan ilmu pengetahuan.

Bogor, Oktober 2026

Ryco Farysca Adi



@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

DAFTAR ISI

DAFTAR ISI	xii
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR	xiii
PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan	3
1.4 Manfaat	3
1.5 Ruang Lingkup	3
II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.2. Siklus Hidup Vektor dan Faktor Lingkungan Pendukung	6
2.3. Demam Dengue sebagai Penyakit Sensitif Iklim	7
2.4. Pengaruh Variabel Iklim terhadap Dinamika Penularan	11
2.5. Pendekatan Pemodelan dalam Studi Demam dengue	13
Model Statistik dan Regresi dalam Studi	13
III METODE	16
3.1. Waktu dan Waktu Penelitian	16
3.2. Alat dan Bahan	16
3.3. Prosedur Kerja dan Analisis Data	18
IV HASIL DAN PEMBAHASAN	28
4.1. Profil Kejadian Demam Dengue dan Kondisi Iklim di Kota Bogor	28
4.2. Simulasi Model Berbasis Agen	39
4.3. Potensi dampak kasus pada skenario iklim	50
4.4. Implikasi pengelolaan sumberdaya alam dan lingkungan bagi penguatan kewaspadaan dan pengelolaan demam dengue di kota bogor	57
V SIMPULAN DAN SARAN	60
5.1 Simpulan	60
5.2 Saran	60
DAFTAR PUSTAKA	62
RIWAYAT HIDUP	68

DAFTAR TABEL

1	Tabel 1 Bukti Hubungan Variabilitas Iklim dan Dinamika Penularan Demam Dengue	8
2	Tabel 2 Jenis dan Sumberdata	17
3	Tabel 3 Tahap Simulasi dan Skenario	26
4	Tabel 4 Hubungan variabel iklim dengan kasus DBD menurut lag	37

DAFTAR GAMBAR

1	Gambar 1 Konseptual interaksi daur hidup nyamuk, perilaku inang, dan dinamika penularan dengue. Sumber: (Reinhold dan Lazzari 2018)	7
2	Gambar 2 Peta Lokasi dan Profil Kota Bogor Terkait Iklim dan Demam Dengue	16
3	Gambar 3. Kerangka konseptual determinan kejadian dengue	18
4	Gambar 4 Tiga jenis agen utama dalam pengembangan model.	19
5	Gambar 5 Diagram skematis (<i>Causal Loop Diagram</i>) dinamika penularan demam <i>ke manusia</i> sebagai respons terhadap tingkat infeksi di masyarakat. Sumber: Modifikasi dari (Mahmood <i>et al.</i> 2020a)	20
6	Gambar 6 Urutan prosedur kerja simulasi model	26
7	Gambar 7 Informasi historis kejadian Demam Dengue di Kota Bogor periode 2004 – 2022.	28
8	Gambar 8 Informasi boxplot kejadian DBD periode 2004 – 2022	29
9	Gambar 9 Curah hujan bulanan Kota Bogor periode 2004 – 2022. Sumber: Stasiun BMKG Darmaga	31
10	Gambar 10 Hari hujan bulanan Kota Bogor periode 2004 – 2022. Sumber: Stasiun BMKG Darmaga	32
11	Gambar 11 Kelembaban bulanan Kota Bogor periode 2004 – 2022. Sumber: Stasiun BMKG Darmaga	33
12	Gambar 12 Suhu Udara Kota Bogor periode 2004 – 2022. Sumber: Stasiun BMKG Darmaga	34
13	Gambar 13 Lag kasus DBD dan variabel iklim pada 0, 1, dan 2 bulan	37
14	Gambar 14 Hasil simulasi ketersediaan habitat vektor	39
15	Gambar 15 Hasil simulasi sub model vektor	41
16	Gambar 16 Dinamika agen manusia hasil hindcast satu bulan ke depan, Kota Bogor 2004–2022.	44
17	Gambar 17 Perbandingan kasus bulanan simulasi baseline (S0) dan observasi	46
18	Gambar 18 Sebaran kasus simulasi dan observasi	48
19	Gambar 19 Boxplot kasus simulasi dan observasi	49
20	Gambar 20 Distribusi kasus simulasi dan observasi	50
21	Gambar 21 Histogram kasus simulasi dan observasi	50
22	Gambar 22 Simulasi kasus pada rancangan skenario iklim S0 – S9 dan kasus observasi	51
23	Gambar 23 Distribusi kasus tahunan antar scenario (simulasi ensemble)	54
24	Gambar 24 Perubahan kasus tahunan antar scenario (simulasi ensemble)	56