

Pemodelan WebGIS Berbasis Simulasi Monte Carlo untuk Prediksi dan Analisis Spasial Cakupan ASI Eksklusif di Kota Padang

Jefri Rahmad Mulia^{1*}, Ahmad Afif¹, Donal Ortega²

Program Studi Informatika, Universitas Adzkia, Padang, Indonesia

² Gizi, Universitas Adzkia, Padang, Indonesia

Email: ¹jefriirm.if@adzkia.ac.id

Submitted 02-12-2025; Accepted 25-12-2025; Published 31-12-2025

Abstrak

Penelitian ini mengembangkan model Sistem Informasi Geografis (SIG) berbasis web untuk memprediksi dan menganalisis spasial cakupan ASI eksklusif pada bayi di bawah enam bulan di Kota Padang. Model dirancang untuk mengintegrasikan pemetaan spasial dengan analisis prediktif sehingga mampu memberikan gambaran menyeluruh terhadap distribusi cakupan ASI eksklusif pada tingkat kecamatan. Analisis spasial menggunakan data 2023–2024 menunjukkan adanya peningkatan cakupan dari 72,33% pada tahun 2023 menjadi 83,29% pada tahun 2024, dengan Kecamatan Pauh menjadi wilayah dengan peningkatan tertinggi (97,74%). Metode Simulasi Monte Carlo diterapkan untuk menghasilkan prediksi berbasis probabilistik, dan model mencapai tingkat akurasi sebesar 98,48% ketika divalidasi menggunakan data tahun 2024. Hasil ini mengonfirmasi bahwa pendekatan stokastik mampu merepresentasikan pola distribusi secara lebih akurat dibandingkan metode deterministik. Integrasi hasil prediksi ke dalam platform WebGIS memungkinkan visualisasi interaktif kondisi aktual dan proyeksi cakupan, sehingga memberikan dukungan signifikan dalam pengambilan keputusan berbasis data untuk meningkatkan cakupan ASI eksklusif di Kota Padang.

Kata Kunci: Analisis Spasial; ASI Eksklusif; WebGIS; Simulasi Monte Carlo; Kota Padang

Abstract

This study develops a web-based Geographic Information System (GIS) model to predict and analyze the spatial distribution of exclusive breastfeeding (EBF) coverage for infants under six months in Padang City. The model integrates spatial mapping with predictive analytics to provide a comprehensive overview of EBF coverage at the sub-district level. Spatial analysis of data from 2023–2024 shows an increase in EBF coverage from 72.33% in 2023 to 83.29% in 2024, with Pauh Sub-district recording the highest improvement (97.74%). The Monte Carlo Simulation method was applied to generate probabilistic predictions, achieving an accuracy rate of 98.48% when validated using 2024 data. These results confirm that the stochastic approach more accurately captures distribution patterns compared to deterministic methods. The integration of prediction results into the WebGIS platform enables interactive visualization of both current conditions and projected coverage, providing substantial support for data-driven decision-making aimed at improving exclusive breastfeeding coverage in Padang City.

Keywords: Spatial Analysis; Exclusive Breastfeeding; WebGIS; Monte Carlo Simulation, Padang City

1. PENDAHULUAN

Pemberian ASI eksklusif merupakan indikator fundamental dan standar baku bagi peningkatan kualitas kesehatan bayi serta kesejahteraan ibu secara global. Organisasi Kesehatan Dunia (WHO) secara konsisten merekomendasikan pemberian ASI eksklusif selama enam bulan pertama kehidupan tanpa tambahan cairan atau makanan padat lain. Rekomendasi ini didasarkan pada bukti ilmiah bahwa ASI memberikan nutrisi optimal yang sesuai dengan kebutuhan fisiologis manusia serta menyediakan perlindungan kekebalan tubuh (imunitas) pasif yang krusial bagi bayi guna menangkal berbagai penyakit infeksi [1],[2],[3],[4],[5]. Selain fungsi proteksi, kandungan nutrisi ASI terbukti mampu memenuhi kebutuhan gizi makro dan mikro bayi sepenuhnya hingga usia enam bulan, yang menjadi landasan utama pencegahan *stunting* dan malnutrisi sejak dini [6],[7],[8],[9],[10]. Oleh karena itu, keberhasilan praktik menyusui merupakan investasi strategis bagi pembangunan sumber daya manusia, khususnya dalam mengoptimalkan masa 1000 Hari Pertama Kehidupan (HPK). Kegagalan pada fase ini dapat berdampak sistemik, mulai dari penurunan kualitas kognitif anak hingga peningkatan beban ekonomi negara akibat biaya pengobatan penyakit degeneratif di masa depan.

Meskipun urgensi pemberian ASI telah diakui dan berbagai program intervensi—mulai dari konseling menyusui, inisiasi menyusui dini (IMD), hingga kampanye kesehatan—telah dijalankan pemerintah, tingkat pemberian ASI eksklusif di Indonesia belum mencapai target nasional. Data lapangan menunjukkan adanya kesenjangan antara target kebijakan dan capaian aktual. Berdasarkan hasil Survei Kesehatan Indonesia (SKI) tahun 2023, cakupan pemberian ASI eksklusif secara nasional hanya mencapai 55,5%. Angka ini masih jauh dari target nasional sebesar 80% yang ditetapkan dalam Rencana Pembangunan Jangka Menengah Nasional (RPJMN). Di tingkat regional, Provinsi Sumatera Barat mencatat angka 66,42%. Meskipun secara statistik angka ini berada di atas rata-rata nasional, capaian tersebut menunjukkan adanya disparitas antar-wilayah yang signifikan. Angka rata-rata provinsi seringkali menimbulkan bias data yang menutupi rendahnya cakupan di wilayah-wilayah terpencil atau padat penduduk dengan akses terbatas. Fenomena ini menegaskan perlunya pengembangan sistem pendukung keputusan yang mampu menganalisis data hingga level mikro, guna membantu pembuat kebijakan mengidentifikasi wilayah prioritas dan merumuskan strategi intervensi yang presisi di tengah keterbatasan sumber daya.

Penelaahan terhadap literatur terdahulu mengungkap adanya keterbatasan metodologis yang signifikan. Mayoritas penelitian pemetaan kesehatan masyarakat saat ini masih terbatas pada analisis deskriptif menggunakan Sistem Informasi

Geografis (SIG) konvensional [11], [12], [13]. Pendekatan ini memiliki kelemahan mendasar: hanya mampu. Menyajikan data spasial statis (*ex-post facto*) atau data historis. Akibatnya, kebijakan kesehatan yang dirumuskan cenderung bersifat reaktif—hanya merespons penurunan cakupan yang telah terjadi—bukan proaktif untuk mencegah penurunan tersebut di masa depan. Di sisi lain, model prediksi yang ada umumnya masih bergantung pada pendekatan deterministik, seperti regresi linear atau peramalan deret waktu (*time series forecasting*). Pendekatan ini seringkali mengalami penyederhanaan model (*over-simplification*) karena gagal menangkap kompleksitas perilaku sosial manusia. Keputusan ibu untuk menyusui dipengaruhi oleh variabel yang dinamis dan memiliki ketidakpastian (*uncertainty*) tinggi, seperti fluktuasi ekonomi, dukungan sosial, budaya lokal, hingga akses layanan kesehatan. Penerapan logika linear pada fenomena perilaku yang stokastik (acak) berpotensi menyebabkan bias prediksi dan strategi yang tidak tepat sasaran.

Sebagai solusi atas keterbatasan tersebut, penelitian ini menawarkan kebaruan melalui integrasi Simulasi Monte Carlo. Berbeda dengan metode deterministik yang menghasilkan nilai tunggal, Monte Carlo menggunakan pendekatan probabilistik yang memperhitungkan unsur ketidakpastian melalui distribusi probabilitas. Metode ini terbukti efektif memodelkan ribuan skenario kemungkinan melalui iterasi stokastik berulang, sehingga menghasilkan tingkat akurasi prediksi yang lebih tinggi dan rentang estimasi risiko yang lebih realistis [14],[15]. Dalam metode ini, variabilitas data diproses sebagai informasi penting untuk memetakan risiko kegagalan pencapaian target.

Namun, hingga saat ini, integrasi antara visualisasi spasial GIS dan akurasi prediktif Monte Carlo belum diterapkan secara spesifik untuk kasus ASI eksklusif di Indonesia, terutama pada level kecamatan. Analisis pada level kecamatan merupakan kunci untuk mendeteksi kluster wilayah dengan cakupan rendah yang selama ini tidak terlihat dalam data agregat provinsi. Ketiadaan instrumen prediktif yang mendetail dan dinamis inilah yang menjadi celah penelitian utama yang akan diisi oleh studi ini.

Berdasarkan permasalahan tersebut, rumusan masalah penelitian ini adalah: Bagaimana simulasi probabilistik dapat diintegrasikan ke dalam sistem GIS untuk meningkatkan akurasi dan keandalan prediksi spasial cakupan ASI eksklusif? Penelitian ini bertujuan menjawab pertanyaan tersebut dengan mengembangkan model prediksi berbasis *WebGIS* yang tervalidasi dan mengintegrasikan algoritma Simulasi Monte Carlo. Kebaruan utama dari sistem ini terletak pada kemampuannya memproses data kesehatan yang tidak pasti menjadi peta risiko probabilistik yang terukur. Sistem ini berfungsi sebagai instrumen pengambilan keputusan cerdas (*intelligent decision support system*) yang memungkinkan dinas kesehatan memproyeksikan tren masa depan. Implikasi praktisnya, pemangku kepentingan dapat melakukan efisiensi anggaran dengan merancang intervensi preventif yang akurat dan tepat lokasi sebelum penurunan cakupan terjadi, sehingga percepatan pencapaian target kesehatan nasional dapat terwujud.

2. METODOLOGI PENELITIAN

2.1 Pengumpulan Data

Data sekunder dihimpun dari Dinas Kesehatan Kota Padang dan seluruh Puskesmas di wilayah terkait untuk periode 2023–2024. Dataset ini mencakup variabel kunci berupa jumlah populasi bayi di bawah usia enam bulan, jumlah bayi yang mendapatkan ASI eksklusif, serta data atribut batas administrasi pada tingkat wilayah kerja Puskesmas (kecamatan/kelurahan).

2.2 Analisis Spasial Sistem Informasi Geografis (GIS)

Analisis dan visualisasi data dilakukan menggunakan perangkat lunak QGIS untuk memetakan distribusi spasial cakupan ASI eksklusif. Sistem Informasi Geografis (SIG) difungsikan tidak hanya sebagai alat visualisasi, tetapi sebagai instrumen analitik untuk mengintegrasikan data atribut dengan data spasial. Pemanfaatan teknologi SIG terbukti merupakan strategi efektif dalam manajemen informasi wilayah, mulai dari pemetaan fasilitas layanan publik [16], analisis tingkat kerawanan wilayah [17], [18], hingga dukungan terhadap tata kelola pemerintahan berbasis lokasi [19], [20]. Dalam konteks penelitian ini, SIG digunakan untuk mengklasifikasikan cakupan ASI ke dalam kategori rendah (<50%), sedang (50–79%), dan tinggi (≥80%) sesuai standar WHO.

2.3 Pemodelan Prediktif Menggunakan Simulasi Monte Carlo

Metode Simulasi Monte Carlo dipilih sebagai mesin prediksi utama karena keunggulannya dalam memodelkan ketidakpastian melalui pembangkitan variabel acak berbasis distribusi probabilitas. Keandalan metode ini dalam melakukan peramalan (*forecasting*) telah teruji validitasnya dalam berbagai sektor, termasuk prediksi alokasi bantuan sosial [21], estimasi kebutuhan medis dan tingkat kesehatan masyarakat [22], [23], serta proyeksi tren permintaan [24]. Sebagai metode probabilistik, Monte Carlo mensimulasikan perilaku stokastik untuk mengestimasi solusi pada sistem yang kompleks. Fleksibilitas metode ini memungkinkannya diterapkan secara luas untuk menangani variasi data yang dinamis, baik dalam simulasi indikator ekonomi [25], [26], perencanaan kebutuhan aset logistik [27], maupun analisis pola data yang bersifat probabilistik [28]. Untuk menghasilkan prediksi yang terstruktur dan terukur, langkah-langkah metode Simulasi Monte Carlo adalah sebagai berikut:

- Menghitung probabilitas dari setiap variabel atau kejadian yang diamati.
- Menyusun distribusi probabilitas kumulatif berdasarkan nilai probabilitas tersebut.

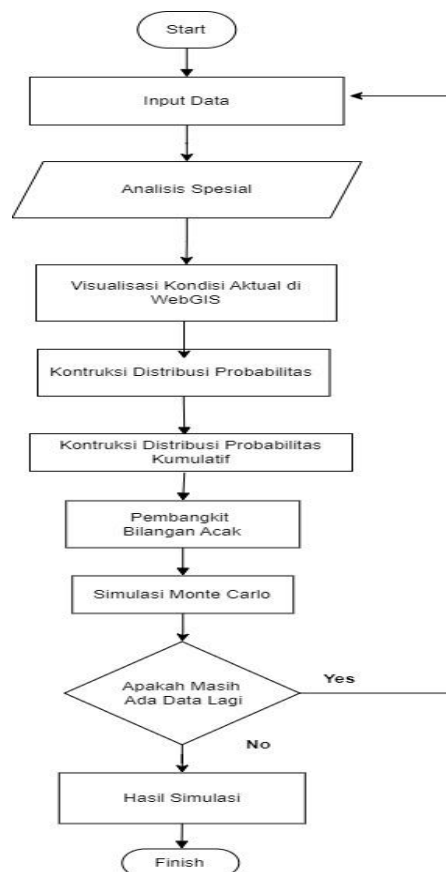
- c. Membangkitkan bilangan acak untuk keperluan simulasi.
- d. Menentukan hasil simulasi berdasarkan interval yang sesuai.
- e. Menghasilkan nilai prediksi dari hasil akhir simulasi.

2.4 Algoritma Simulasi Monte Carlo

Simulasi Monte Carlo merupakan metode komputasi berbasis probabilitas yang digunakan untuk memodelkan ketidakpastian dan menghasilkan prediksi melalui ribuan iterasi acak. Metode ini pertama kali diperkenalkan oleh Metropolis dan Ulam pada tahun 1940-an untuk memecahkan persoalan fisika stokastik, dan sejak itu berkembang luas dalam berbagai bidang seperti epidemiologi, kesehatan masyarakat, manajemen risiko, dan perencanaan layanan kesehatan. Dalam konteks penelitian prediksi kesehatan, Monte Carlo terbukti mampu menangkap variabilitas data dan perilaku sistem yang dinamis sehingga menghasilkan estimasi yang lebih realistis dibandingkan pendekatan deterministik. [29], menunjukkan bahwa Monte Carlo efektif memprediksi jumlah kunjungan pasien dengan tingkat kesalahan rendah. Sementara itu, [30],[31], juga membuktikan efektivitas metode ini dalam memprediksi bantuan sosial dan indikator kesehatan masyarakat. Berdasarkan berbagai studi tersebut, Monte Carlo dianggap relevan dan unggul untuk skenario prediktif yang memerlukan pemodelan ketidakpastian, termasuk dalam memproyeksikan cakupan ASI eksklusif.

2.5 Kerangka Penelitian

Gambar 1 berikut menyajikan kerangka penelitian yang menggambarkan alur proses mulai dari pengumpulan data hingga penyajian hasil prediksi pada WebGIS :



Gambar 1. Kerangka Penelitian

Gambar 1 menunjukkan bahwa penelitian ini diawali dengan proses pengumpulan data dari puskesmas di Kota Padang. Tahap berikutnya adalah analisis spasial menggunakan metode GIS untuk memperoleh distribusi cakupan ASI eksklusif. Setelah itu dilakukan proses pemodelan prediktif menggunakan metode Simulasi Monte Carlo

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Rekapitulasi Data ASI Eklusif

Tabel 1 menyajikan Dataset berfungsi sebagai landasan krusial, baik untuk analisis spasial maupun pemodelan prediktif yang dilakukan dalam penelitian ini. Dengan menguraikan distribusi dan variasi cakupan ASI eksklusif, tabel ini

memberikan wawasan esensial guna mendukung pengambilan keputusan berbasis bukti serta mengidentifikasi wilayah prioritas untuk intervensi tepat sasaran yang bertujuan meningkatkan angka pemberian ASI eksklusif

Table 1. Rekapitulasi data pemberian asi eksklusif pada bayi usia 0–6 bulan

Kode Data	Nama Kecamatan	Name Puskesmas	Bayi dibawah usia 6 bulan					
			Jumlah Bayi		Jumlah Bayi yang menerima ASI Eksklusif			
			2023	2024	2023		2024	
					Total	(%)	Total	(%)
P01	Bungus	Bungus	278	195	224	80.6	167	85.6
P02	Lubuk Kilangan	Lubuk Kilangan	96	242	77	80.2	198	81.8
P03	Lubuk Bagalung	Lubuk Bagalung	407	242	310	76.2	217	89.7
P04	Lubuk Bagalung	Pengambiran	80	284	74	92.5	237	83.5
P05	Padang Selatan	Seberang Padang	98	85	61	62.2	69	81.2
P06	Padang Selatan	Pemancangan	12	221	9	75.0	193	87.3
P07	Padang Selatan	Rawang	274	316	246	89.8	290	91.8
P08	Padang Timur	Andalas	44	575	26	59.1	459	79.8
P09	Padang Timur	Parak Karakah	76	309	65	85.5	232	75.1
P10	Padang Barat	Padang Pasir	300	278	226	75.3	220	79.1
P11	Padang Utara	Ulak Karang	38	227	26	68.4	208	91.6
P12	Padang Utara	Air Tawar	56	78	45	80.4	65	83.3
P13	Padang Utara	Alai	109	177	81	74.3	142	80.2
P14	Nanggalo	Nanggalo	49	148	44	89.8	130	87.8
P15	Nanggalo	Lapai	159	158	118	74.2	127	80.4
P16	Kuranji	Belimbing	28	249	23	82.1	198	79.5
P17	Kuranji	Kuranji	75	202	61	81.3	154	76.2
P18	Kuranji	Ambacang	141	252	107	75.9	192	76.2
P19	Pauh	Pauh	466	530	390	83.7	518	97.7
P20	Koto Tengah	Air Dingin	197	233	62	31.5	162	69.5
P21	Koto Tengah	Lubuk Buaya	361	361	192	53.2	252	69.8
P22	Koto Tengah	Koto Panjang Ikua Koto	148	290	127	85.8	236	81.4
P23	Koto Tengah	Anak Air	337	215	186	55.2	209	97.2
P24	Koto Tengah	Dadok Tunggul Hitam	45	490	22	48.9	420	85.7
Total for Padang City			3874	6357	2802	72.3	5295	83.3

Berdasarkan Tabel 1 dapat dilihat bahwa jumlah bayi usia di bawah enam bulan bervariasi di setiap wilayah puskesmas. Informasi ini digunakan dalam proses perhitungan Analisis Spesial Cakupan ASI Eksklusif dalam Sistem Informasi Geografis (SIG) dan Prediksi ASI Eksklusif pada Bayi di Bawah 6 Bulan Menggunakan Simulasi Monte Carlo

3.1.1 Analisis Spesial Cakupan ASI Eksklusif dalam Sistem Informasi Geografis (SIG)

perhitungan analisis spesial cakupan ASI eksklusif menggunakan rumus berikut:

$$P_{ASI} = \frac{B_{ASI}}{B_{<6B}} \times 100 \quad (1)$$

Dimana :

P_{ASI} = Persentase bayi dengan ASI eksklusif

B_{ASI} = Jumlah bayi yang diberi ASI eksklusif

$B_{<6B}$ = Jumlah seluruh bayi berusia < 6 bulan

Tabel 2 menyajikan hasil analisis spasial cakupan pemberian ASI eksklusif pada bayi usia 0–6 bulan di Kota Padang menurut kecamatan untuk periode 2023–2024.

Table 2. Hasil perhitungan cakupan asi eksklusif pada tingkat kecamatan

Kode Data	Nama Kecamatan	Bayi dibawah usia 6 bulan					
		Jumlah Bayi		Jumlah Bayi yang menerima ASI Eksklusif			
		2023	2024	2023		2024	
				Total	(%)	Total	(%)
K01	Bungus	278	195	224	80.58	167	85.64
K02	Lubuk Kilangan	96	242	77	80.21	198	81.82
K03	Lubuk Bagalung	487	526	384	78.85	454	86.31

K04	Padang Selatan	384	622	316	82.29	552	88.75
K05	Padang Timur	120	884	91	75.83	691	78.17
K06	Padang Barat	300	278	226	75.33	220	79.14
K07	Padang Utara	203	482	152	74.88	415	86.10
K08	Nanggalo	208	306	162	77.88	257	83.99
K09	Kuranji	244	703	191	78.28	544	77.38
K10	Pauh	466	530	390	83.69	518	97.74
K11	Koto Tengah	1088	1589	589	54.14	1279	80.49
Total for Padang City		3874	6357	2802	72.33	5295	83.29

Berdasarkan table 2 diatas cakupan pemberian ASI eksklusif pada bayi berusia di bawah enam bulan di Kota Padang diklasifikasikan ke dalam tiga kategori sesuai ketentuan WHO, yaitu rendah (<50%), sedang (50%–79%), dan tinggi (≥80%). Pemetaan distribusi cakupan yang dilakukan pada 11 kecamatan selama periode 2023–2024 menunjukkan tren peningkatan capaian di sebagian besar wilayah.

Pada zona tinggi (≥80%), terdapat delapan kecamatan yang menunjukkan kinerja optimal.

- Kecamatan Bungus melalui Puskesmas Bungus meningkat dari 80,58% pada 2023 menjadi 85,64% pada 2024.
- Kecamatan Lubuk Kilangan mempertahankan status tinggi dengan cakupan 80,21% pada 2023 dan 81,82% pada 2024.
- Kecamatan Lubug Bagalung yang sebelumnya berada di zona sedang 78,85% pada 2023 berhasil naik ke zona tinggi dengan capaian 86,31% pada 2024.
- Kecamatan Padang Selatan yang dilayani oleh Puskesmas Seberang Padang, Pemancungan, dan Rawang mengalami peningkatan signifikan dari 82,29% pada 2023 menjadi 88,75% pada 2024.
- Kecamatan Padang Utara yang sebelumnya berada di zona sedang 74,88% pada 2023 berhasil naik ke zona tinggi dengan capaian 86,10% pada 2024.
- Kecamatan Nanggalo melalui Puskesmas Nanggalo dan Lapai juga naik ke zona tinggi, dari 77,88% pada 2023 menjadi 83,99% pada 2024.
- Kecamatan Pauh mencatat capaian tertinggi di kota ini, dengan peningkatan dari 83,69% pada 2023 menjadi 97,74% pada 2024.
- Kecamatan Koto Tengah menunjukkan lonjakan tajam dari 54,14% pada 2023 zona sedang menjadi 80,49% pada 2024 zona tinggi.

Pada zona sedang (50%–79%), terdapat tiga kecamatan yang masih memerlukan penguatan intervensi.

- Kecamatan Padang Timur melalui Puskesmas Andalas dan Parak Karakah naik tipis dari 75,83% pada 2023 menjadi 78,17% pada 2024.
- Kecamatan Padang Barat melalui Puskesmas Padang Pasir meningkat ringan dari 75,33% pada 2023 menjadi 79,14% pada 2024.
- Kecamatan Kuranji yang memiliki Puskesmas Belimbing, Kuranji, dan Ambacang justru menunjukkan tren stagnan bahkan sedikit menurun, dari 78,28% pada 2023 menjadi 77,38% pada 2024.

Tidak ada kecamatan di Kota Padang yang berada pada zona rendah (<50%) pada 2023 maupun 2024, menunjukkan bahwa program ASI eksklusif telah menjangkau seluruh wilayah secara optimal. Untuk memperjelas distribusi capaian, peta GIS menyoroti tiga kategori wilayah: (1) kecamatan dengan peningkatan signifikan yang mencerminkan keberhasilan intervensi, (2) kecamatan dengan capaian tinggi yang konsisten sebagai bukti keberlanjutan program, dan (3) kecamatan prioritas penguatan intervensi yang memerlukan strategi lebih intensif.

3.1.2 Prediksi ASI Eksklusif pada Bayi di Bawah 6 Bulan Menggunakan Simulasi Monte Carlo

Tahapan yang dilakukan dalam penggunaan simulasi monte carlo sebagai berikut :

- Menentukan nilai Distribusi Probabilitas
Sistem menghitung probabilitas menggunakan rumus:

$$P = \frac{F}{J} \quad (2)$$

Dimana :

P = Nilai Probabilitas per tahun

F = Jumlah bayi diberi ASI per puskesmas

J = Jumlah bayi diberi ASI di Kota Padang per tahun

- Menentukan nilai Distribusi Probabilitas Kumulatif

Nilai probabilitas dikonversi menjadi distribusi kumulatif (Ki) dengan menjumlahkan probabilitas saat ini dengan total probabilitas sebelumnya menggunakan rumus:

$$PK1 = P1 \quad (3)$$

Dimana :

PK1 = Nilai probabilitas kumulatif pertama

P1 = Nilai probabilitas pertama

Untuk menentukan distribusi probabilitas kumulatif selanjutnya menggunakan rumus pada persamaan

$$PKn = Pn + PKn - 1 \quad (4)$$

Dimana :

P = Nilai Probabilitas per puskesmas

K = Kumulatif

PK = Nilai Probabilitas Kumulatif

c. Pembangkit Bilangan Acak

Sistem membangkitkan bilangan acak menggunakan metode *Mixed Congruential Method* (MCM). dengan rumus :

$$Wi = (d.Wi-1 + e) \text{ mod } h \quad (5)$$

Dimana :

Wi = Nilai angka acak ke-i

d = Konstansta Penggali ($d < h$)

e = Konstanta Pergeseran ($e < h$)

h = Konstanta Modulus ($h > 0$)

Wi-1=Nilai angka acak sebelumnya (Untuk W0 merupakan bilangan awal yang merupakan kunci pembangkit dan disebut juga umpan (seed), nilai W0 merupakan bilangan bulat dengan ketentuan $W0 \geq 0$ dan $W0 < h$) Untuk membangkitkan angka acak, parameter-parameter yang akan digunakan yaitu nilai d=79, e= 24,h=81, W0=8.

d. Simulasi Monte Carlo

Bilangan acak yang dihasilkan dipetakan ke dalam interval distribusi kumulatif untuk menentukan nilai prediksi. Logika pemetaannya adalah: Simulasi dilakukan dengan cara membandingkan nilai angka acak dengan nilai interval angka acak. Nilai dari hasil simulasi diambil dari bayi diberi ASI Eksklusif data training berdasarkan angka acak yang dibangkitkan dan dibandingkan dengan nilai interval angka acak data training tersebut

Tabel 3 menyajikan hasil perhitungan mulai dari nilai probabilitas hingga keluaran akhir simulasi Monte Carlo. Data pada tabel ini menunjukkan bagaimana setiap tahap perhitungan dikonversi secara bertahap menjadi interval kumulatif, bilangan acak, dan hasil simulasi.

Tabel 3. Hasil Proses Pengolahan Probabilitas, Kumulatif, Interval Angka Acak, Angka Acak dan Hasil Simulasi

Tahun	2023	2024	2023	2024	2023	2024	2023	2024	2023	2024	2023	2024	2023	2024
Kode Data	Jumlah Bayi diberi Asi		Probalitas		Komulatif		Interval Angka Acak				Angka Acak		Hasil Simulasi	
							awal	akhir	Awal	Akhir				
KD01	224	167	0.0799	0.0315	0.0799	0.0315	1	8	1	3	8	8	224	217
KD02	77	198	0.0275	0.0374	0.1074	0.0689	9	11	4	7	8	8	224	217
KD03	310	217	0.1106	0.0410	0.2181	0.1099	12	22	8	11	8	8	224	217
KD04	74	237	0.0264	0.0448	0.2445	0.1547	23	24	12	15	8	8	224	217
KD05	61	69	0.0218	0.0130	0.2662	0.1677	25	27	16	17	8	8	224	217
KD06	9	193	0.0032	0.0364	0.2695	0.2042	28	27	18	20	8	8	224	217
KD07	246	290	0.0878	0.0548	0.3572	0.2589	28	36	21	26	8	8	224	217
KD08	26	459	0.0093	0.0867	0.3665	0.3456	37	37	27	35	8	8	224	217
KD09	65	232	0.0232	0.0438	0.3897	0.3894	38	39	36	39	8	8	224	217
KD10	226	220	0.0807	0.0415	0.4704	0.4310	40	47	40	43	8	8	224	217
KD11	26	208	0.0093	0.0393	0.4797	0.4703	48	48	44	47	8	8	224	217
KD12	45	65	0.0161	0.0123	0.4957	0.4825	49	50	48	48	8	8	224	217
KD13	81	142	0.0289	0.0268	0.5246	0.5093	51	52	49	51	8	8	224	217
KD14	44	130	0.0157	0.0246	0.5403	0.5339	53	54	52	53	8	8	224	217
KD15	118	127	0.0421	0.0240	0.5824	0.5579	55	58	54	56	8	8	224	217
KD16	23	198	0.0082	0.0374	0.5906	0.5953	59	59	57	60	8	8	224	217
KD17	61	154	0.0218	0.0291	0.6124	0.6244	60	61	61	62	8	8	224	217
KD18	107	192	0.0382	0.0363	0.6506	0.6606	62	65	63	66	8	8	224	217
KD19	390	518	0.1392	0.0978	0.7898	0.7585	66	79	67	76	8	8	224	217
KD20	62	162	0.0221	0.0306	0.8119	0.7890	80	81	77	79	8	8	224	217
KD21	192	252	0.0685	0.0476	0.8804	0.8366	82	88	80	84	8	8	224	217
KD22	127	236	0.0453	0.0446	0.9258	0.8812	89	93	85	88	8	8	224	217
KD23	186	209	0.0664	0.0395	0.9921	0.9207	94	99	89	92	8	8	224	217
KD24	22	420	0.0079	0.0793	1.0000	1.0000	100	100	93	100	8	8	224	217
Jumlah	2802	5295	1.0000	1.0000									5376	5208

Tabel 3 menampilkan hasil lengkap dari proses perhitungan probabilitas, pembentukan distribusi kumulatif, penentuan interval angka acak, pembangkitan bilangan acak, serta hasil akhir simulasi menggunakan metode Monte Carlo. Melalui tabel tersebut dapat diamati bagaimana setiap nilai probabilitas diubah menjadi interval kumulatif yang kemudian digunakan sebagai dasar pemetaan bilangan acak. Bilangan acak yang dihasilkan kemudian dicocokkan dengan interval yang sesuai sehingga menghasilkan prediksi untuk masing-masing wilayah. Secara keseluruhan, hasil pada tabel ini memperlihatkan alur proses simulasi secara sistematis dan menunjukkan bagaimana metode Monte Carlo bekerja dalam menghasilkan nilai prediksi yang mendekati kondisi aktual.

e. Hasil Simulasi

pada bagian ini menampilkan rekapitulasi hasil prediksi cakupan ASI eksklusif untuk periode mendatang berdasarkan hasil pemetaan Monte Carlo menggunakan rumus :

$$TA = \frac{A}{B} \times 100 \quad (6)$$

Dimana :

TA = Tingkat Akurasi

A = Nilai Terkecil

B = Nilai Terbesar

Tabel 4 berikut menyajikan hasil simulasi pemberian ASI eksklusif pada bayi usia di bawah enam bulan untuk tahun 2024. Tabel ini menampilkan nilai prediksi yang diperoleh melalui proses simulasi Monte Carlo berdasarkan data historis, sehingga memberikan gambaran proyeksi cakupan ASI eksklusif pada masing-masing wilayah.

Tabel 4. Hasil Simulasi Pemberian ASI Eksklusif Bayi Usia < 6 Bulan untuk tahun 2024

Kode Data	Nama Kecamatan	Nama Puskesmas	Bayi diberi ASI Eksklusif		Akurasi
			Percobaan Simulasi 2023	Data Real 2024	
KD01	Bungus	Bungus	224	167	74.55%
KD02	Lubuk Kilangan	Lubuk Kilangan	224	198	88.39%
KD03	Lubuk Bagalung	Lubuk Bagalung	224	217	96.88%
KD04	Lubuk Bagalung	Pengambiran	224	237	94.51%
KD05	Padang Selatan	Seberang Padang	224	69	30.80%
KD06	Padang Selatan	Pemancangan	224	193	86.16%
KD07	Padang Selatan	Rawang	224	290	77.24%
KD08	Padang Timur	Andalas	224	459	48.80%
KD09	Padang Timur	Parak Karakah	224	232	96.55%
KD10	Padang Barat	Padang Pasir	224	220	98.21%
KD11	Padang Utara	Ulak Karang	224	208	92.86%
KD12	Padang Utara	Air Tawar	224	65	29.02%
KD13	Padang Utara	Alai	224	142	63.39%
KD14	Nanggalo	Nanggalo	224	130	58.04%
KD15	Nanggalo	Lapai	224	127	56.70%
KD16	Kuranji	Belimbing	224	198	88.39%
KD17	Kuranji	Kuranji	224	154	68.75%
KD18	Kuranji	Ambacang	224	192	85.71%
KD19	Pauh	Pauh	224	518	43.24%
KD20	Koto Tengah	Air Dingin	224	162	72.32%
KD21	Koto Tengah	Lubuk Buaya	224	252	88.89%
KD22	Koto Tengah	Koto Panjang Ikua Koto	224	236	94.92%
KD23	Koto Tengah	Anak Air	224	209	93.30%
KD24	Koto Tengah	Dadok Tunggul Hitam	224	420	53.33%
Jumlah Kota Padang			5376	5295	98.49%

Berdasarkan table 4 hasil percobaan simulasi untuk tahun 2024, digunakan data bayi yang menerima ASI Eksklusif pada tahun 2023 sebagai data training. Data simulasi ini kemudian dibandingkan dengan data real pemberian ASI Eksklusif tahun 2024 untuk mengevaluasi tingkat akurasi. Hasilnya diperoleh akurasi yang bervariasi di setiap kecamatan/puskesmas, sebagaimana ditampilkan pada Tabel di atas. Secara keseluruhan, total hasil simulasi tahun 2023 sebesar 5376 dibandingkan dengan data real tahun 2024 sebanyak 5295. Nilai akurasi total sebesar 98,48% ini menunjukkan bahwa simulasi Pemberian ASI Eksklusif Bayi usia dibawah 6 bulan untuk Kota Padang memiliki kesesuaian yang sangat baik terhadap data real tahun 2024. Meski demikian, terdapat perbedaan tingkat akurasi antar wilayah, yang menunjukkan variasi distribusi pemberian ASI Eksklusif antar kecamatan dan puskesmas.

Tabel 5 berikut menyajikan hasil simulasi pemberian ASI eksklusif pada bayi usia di bawah enam bulan untuk tahun 2025. Nilai yang ditampilkan merupakan prediksi yang dihasilkan melalui proses simulasi Monte Carlo berdasarkan distribusi probabilitas dan bilangan acak yang telah dihitung pada tahap sebelumnya.

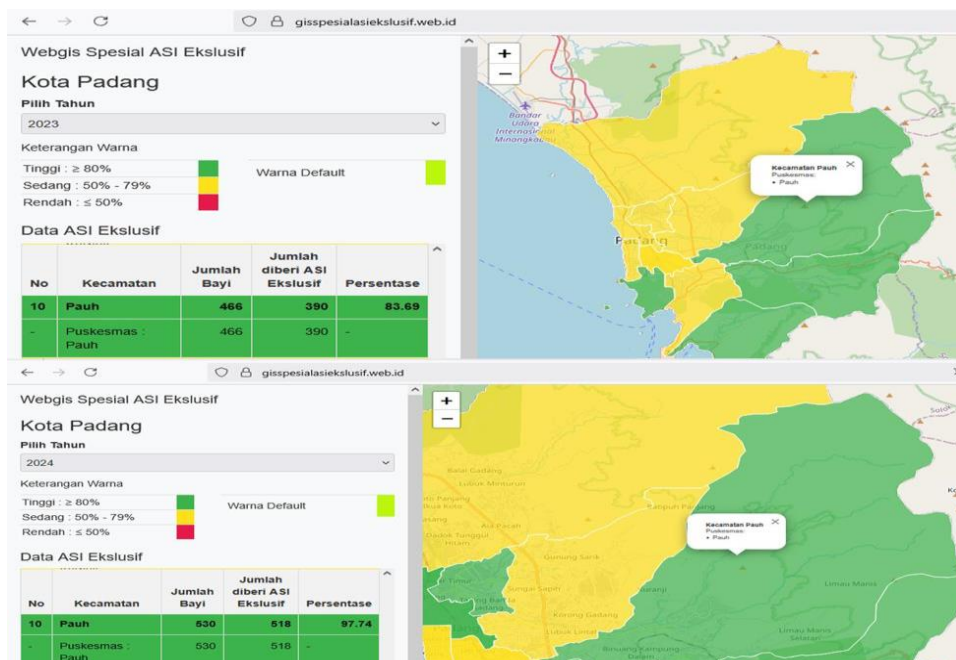
Table 5. Hasil Simulasi Pemberian ASI Eksklusif Bayi Usia < 6 Bulan untuk Tahun 2025

Kode Data	Nama Kecamatan	Nama Puskesmas	Percobaan Simulasi 2024
KD01	Bungus	Bungus	217
KD02	Lubuk Kilangan	Lubuk Kilangan	217
KD03	Lubuk Bagalung	Lubuk Bagalung	217
KD04	Lubuk Bagalung	Pengambiran	217
KD05	Padang Selatan	Seberang Padang	217
KD06	Padang Selatan	Pemancungan	217
KD07	Padang Selatan	Rawang	217
KD08	Padang Timur	Andalas	217
KD09	Padang Timur	Parak Karakah	217
KD10	Padang Barat	Padang Pasir	217
KD11	Padang Utara	Ulak Karang	217
KD12	Padang Utara	Air Tawar	217
KD13	Padang Utara	Alai	217
KD14	Nanggalo	Nanggalo	217
KD15	Nanggalo	Lapai	217
KD16	Kuranji	Belimbing	217
KD17	Kuranji	Kuranji	217
KD18	Kuranji	Ambacang	217
KD19	Pauh	Pauh	217
KD20	Koto Tangah	Air Dingin	217
KD21	Koto Tangah	Lubuk Buaya	217
KD22	Koto Tangah	Koto Panjang Ikua Koto	217
KD23	Koto Tangah	Anak Air	217
KD24	Koto Tangah	Dadok Tunggul Hitam	217
Jumlah			5208

berdasarkan Tabel 5 diatas menyajikan hasil simulasi untuk tahun 2024 yang direncanakan akan dibandingkan dengan data real tahun 2025. Perbandingan tersebut akan menggunakan data tahun 2024 sebagai dasar data training dalam proses simulasi. Namun, karena dalam penelitian ini hanya tersedia dataset tahun 2023 dan 2024, maka data real tahun 2025 tidak dapat diproses secara langsung dan hanya berfungsi sebagai acuan untuk pelatihan model.

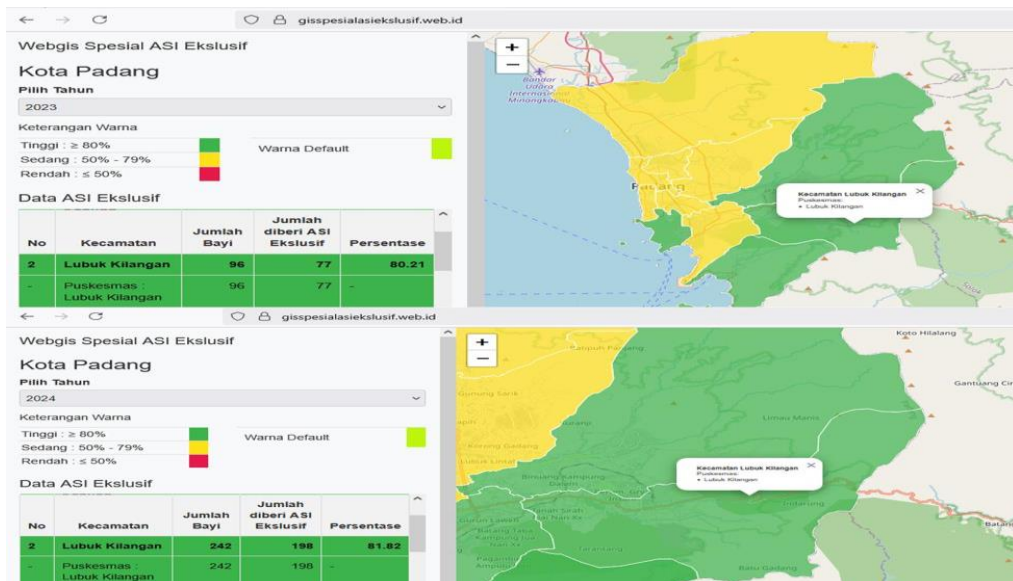
3.2 Implementasi/Pengujian

Untuk memperjelas distribusi capaian, peta GIS menyoroti tiga kategori wilayah: (1) kecamatan dengan peningkatan signifikan yang mencerminkan keberhasilan intervensi, (2) kecamatan dengan capaian tinggi yang konsisten sebagai bukti keberlanjutan program, dan (3) kecamatan prioritas penguatan intervensi yang memerlukan strategi lebih intensif. Gambar 1 menyajikan wilayah kecamatan dengan peningkatan signifikan



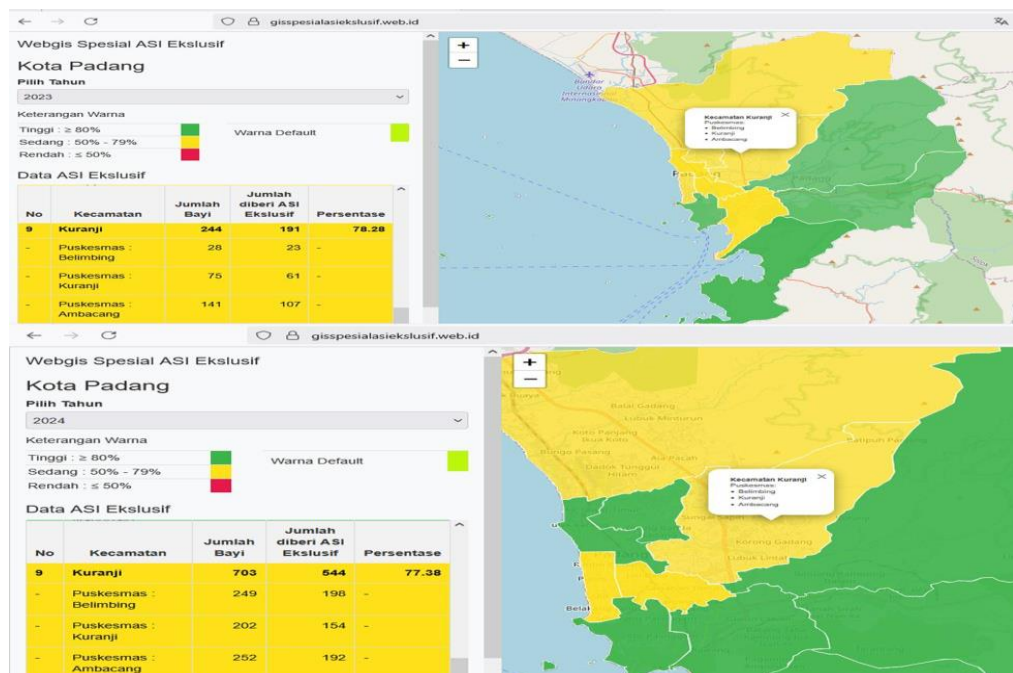
Gambar 2. Menampilkan kecamatan dengan peningkatan signifikan

Gambar 2 menampilkan Kecamatan Pauh sebagai wilayah dengan peningkatan signifikan capaian ASI eksklusif dari 2023 ke 2024. Lonjakan ini mencerminkan keberhasilan intervensi yang optimal dan menjadikan Kecamatan Pauh sebagai contoh praktik terbaik (*best practice*) untuk diterapkan di kecamatan lain. Gambar 3 menyajikan kecamatan dengan capaian tinggi yang konsisten



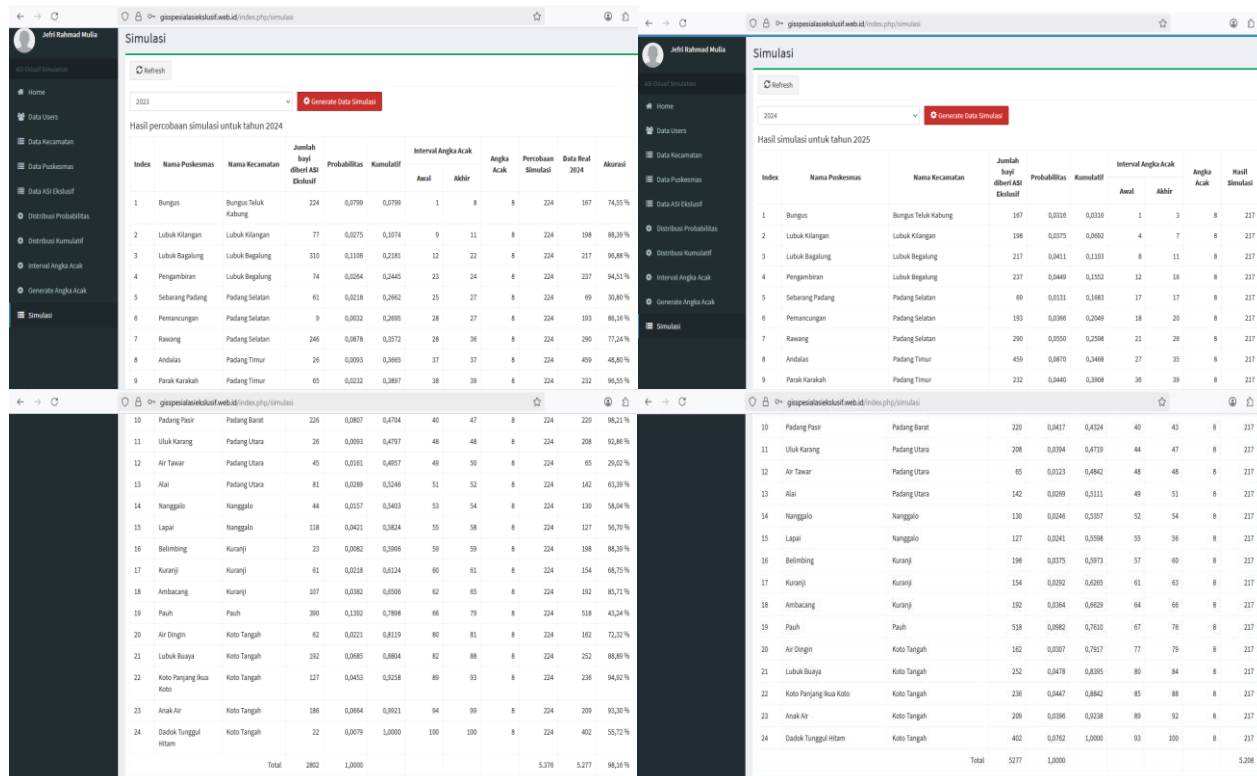
Gambar 3. Menunjukkan kecamatan dengan capaian tinggi yang konsisten

Gambar 3 menunjukkan Kecamatan Lubuk Kilangan yang memiliki capaian tinggi secara konsisten pada dua tahun terakhir. Stabilitas ini mengindikasikan keberlanjutan program yang baik dan dapat dijadikan model daerah dalam menjaga efektivitas intervensi jangka panjang. Gambar 4 menyajikan kecamatan yang menjadi prioritas penguatan intervensi



Gambar 4. menggambarkan kecamatan yang menjadi prioritas penguatan intervensi

Gambar 4 menggambarkan Kecamatan Kuranji sebagai wilayah dengan prioritas penguatan intervensi. Data menunjukkan tidak adanya perbaikan signifikan, bahkan terjadi penurunan capaian. Kondisi ini menandakan perlunya strategi tambahan dan perhatian khusus agar kecamatan ini dapat mengejar target nasional dan WHO. Secara keseluruhan, cakupan ASI eksklusif di Kota Padang meningkat dari 72,33% pada 2023 menjadi 83,29% pada 2024, melampaui target nasional maupun standar WHO. Peningkatan ini menjadi dasar yang kuat untuk melakukan prediksi cakupan di tingkat kota menggunakan metode Monte Carlo. Gambar 5 menyajikan hasil pengujian dari simulasi sistem dalam memprediksi cakupan ASI



Index	Nama Puskesmas	Nama Kecamatan	Jumlah bayi di Bawah ASI Eksklusif	Probabilitas	Kumulatif	Interval Angka Acak	Hasil Simulasi
1	Bungun	Bungun Teluk Kabung	224	0,0799	0,0799	1	8
2	Lubuk Kilangan	Lubuk Kilangan	77	0,0275	0,1074	9	11
3	Lubuk Bagaling	Lubuk Bagaling	303	0,1306	0,2381	12	22
4	Pengembiran	Lubuk Bagaling	74	0,0264	0,2645	23	24
5	Sebarang Padang	Padang Selatan	61	0,0218	0,2862	25	27
6	Pemancungen	Padang Selatan	9	0,0032	0,2895	28	27
7	Rawang	Padang Selatan	246	0,0878	0,3572	28	36
8	Andalas	Padang Timur	26	0,0093	0,3665	37	37
9	Parak Karakah	Padang Timur	65	0,0232	0,3897	38	38

Gambar 5. menyajikan hasil pengujian dari simulasi sistem dalam memprediksi cakupan ASI eksklusif

Gambar 5 menyajikan hasil pengujian dari simulasi sistem dalam memprediksi cakupan ASI eksklusif pada bayi di bawah usia 6 bulan. Hasil simulasi tahun 2024 menunjukkan tingkat konsistensi yang sangat tinggi yang mengindikasikan bahwa model mampu mengenali pola data dan menghasilkan prediksi yang akurat. Hasil ini membuktikan stabilitas model dan potensinya untuk mendukung analisis spasial serta perencanaan kebijakan dalam meningkatkan cakupan ASI eksklusif di masa mendatang. Simulasi tersebut mencapai tingkat akurasi keseluruhan sebesar 98,48%, yang menunjukkan kesesuaian kuat antara data prediksi dan data cakupan ASI eksklusif aktual tahun 2024. Akurasi pada tingkat kecamatan berkisar antara 74% hingga 98%, yang mengonfirmasi bahwa model probabilistik secara efektif menangkap variasi spasial yang terjadi. Jika dibandingkan dengan berbagai model kesehatan berbasis SIG yang menggunakan pendekatan regresi atau interpolasi statistic yang pada umumnya mencapai tingkat akurasi antara 85% hingga 90% dalam pemetaan kasus kesehatan pendekatan Monte Carlo menunjukkan kinerja prediksi yang lebih unggul. Selain itu, integrasi hasil simulasi ke dalam antarmuka WebGIS memungkinkan visualisasi dinamis terhadap kategori cakupan yang diprediksi, sehingga mempermudah dinas kesehatan dalam mengidentifikasi wilayah prioritas untuk intervensi. Pendekatan ini tidak hanya menjembatani analisis spasial dan pemodelan prediktif, namun juga mengubah GIS dari sekadar alat deskriptif menjadi sistem pendukung keputusan yang bersifat proaktif, yang mampu memberikan rekomendasi berbasis data bagi perencanaan program peningkatan cakupan ASI eksklusif.

4. KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil mengembangkan dan menguji model simulasi Monte Carlo berbasis WebGIS untuk memprediksi cakupan ASI eksklusif di Kota Padang. Hasil penelitian menunjukkan tingkat akurasi keseluruhan sebesar 98,48%, yang membuktikan bahwa metode probabilistik mampu memberikan kinerja prediksi yang lebih unggul dibandingkan pendekatan deterministik berbasis regresi yang banyak digunakan pada studi sebelumnya. Hal ini menunjukkan bahwa variasi stokastik pada data kesehatan dapat ditangkap dengan lebih baik melalui pemodelan berbasis probabilitas. Kebaruan penelitian ini terletak pada penerapan kerangka pemodelan hibrida yang mengintegrasikan simulasi stokastik dengan visualisasi spasial dalam platform WebGIS. Integrasi tersebut tidak hanya menghasilkan prediksi yang lebih akurat, tetapi juga memungkinkan pemetaan interaktif cakupan kesehatan di masa mendatang. Dengan demikian, GIS tidak hanya berfungsi sebagai alat deskriptif, tetapi ditingkatkan perannya menjadi sistem pendukung keputusan yang adaptif, prediktif, dan berbasis bukti ilmiah untuk membantu pemangku kepentingan kesehatan membuat keputusan strategis. Selain diterapkan untuk analisis ASI eksklusif, sistem yang dikembangkan memiliki potensi untuk diadaptasi dalam prediksi indikator kesehatan masyarakat lainnya, seperti cakupan imunisasi, risiko stunting, maupun kondisi kesehatan ibu. Ke depannya, penelitian dapat dikembangkan dengan mengintegrasikan teknik optimasi berbasis machine learning atau memasukkan dataset multiyear agar akurasi prediksi meningkat dan cakupan analisis kesehatan spasial menjadi lebih komprehensif, relevan, dan berkelanjutan untuk kebutuhan kesehatan masyarakat modern.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis menyampaikan terima kasih kepada Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi (Kemendikristek) dan Universitas Adzka atas dukungan pendanaan penelitian melalui surat/kontrak Nomor 131/C3/DT.05.00/PL/2025, 013/LL10/DT.05.00/PL/2025, 010.6/LPPM-Penelitian/UA/2025. Semoga hasil penelitian ini memberikan manfaat dan kerja sama yang baik dapat terus berlanjut di masa mendatang.

REFERENCES

- [1] Khotimah, K., Satillah, S. A., Fitriani, V., Miranti, M., Maulida, M., Hasmalena, H., ... & Zulaiha, D. (2024). Analisis manfaat pemberian ASI eksklusif bagi ibu menyusui dan perkembangan anak. *PAUDIA: Jurnal Penelitian Dalam Bidang Pendidikan Anak Usia Dini*, 254-266. <https://doi.org/10.26877/paudia.v13i2.505>
- [2] Sari, Y. R., Yuviska, I. A., & Sunarsih, S. (2020). Faktor-faktor yang mempengaruhi pemberian asi eksklusif pada bayi usia 0-6 bulan. *JKM (Jurnal Kebidanan Malahayati)*, 6(2), 161-170. 10.33024/jkm.v6i2.1726
- [3] Akbar, H., & Saleh, S. N. H. (2021). Hubungan Tingkat Pengetahuan Ibu dengan Pemberian ASI Eksklusif pada Bayi 0-6 Bulan di Puskesmas Motoboi Kecil. *Journal of Health Education and Literacy*, 4(1), 34-39. <https://doi.org/10.31605/j-health.v4i1.1003>
- [4] Rani, H., Yunus, M., Katmawanti, S., & Wardani, H. E. (2022). Systematic literature review determinan pemberian ASI eksklusif di Indonesia. *Sport Science and Health*, 4(4), 376-394. <https://doi.org/10.17977/um062v4i42022p376-394>
- [5] Wardhani, R. K., Dinastiti, V. B., & Fauziah, N. (2021). Pendidikan Kesehatan Untuk Meningkatkan Asi Eksklusif. *Journal of Community Engagement in Health*, 4(1), 149-154. <https://doi.org/10.30994/jceh.v4i1.129>
- [6] Afrida, R. R., & Sulistyorini, Y. (2024). Hubungan pemberian ASI eksklusif terhadap perkembangan bayi: A systematic literature review. *Holistik Jurnal Kesehatan*, 18(6), 795-803. <https://doi.org/10.33024/hjk.v18i6.369>
- [7] Nurashia, S., Dewi, M. K., & Syarah, M. (2024). Hubungan Kecemasan dan Pemenuhan Nutrisi Ibu Terhadap Keberhasilan Pemberian ASI Eksklusif Pada Bayi Usia 0-6 Bulan di Puskesmas Tegalgede Kabupaten Garut Tahun 2024. *Innovative: Journal Of Social Science Research*, 4(5), 4202-4210. <https://doi.org/10.31004/innovative.v4i5.15432>
- [8] Riana, H., Jumiyati, J., & Afni, N. (2024). Pentingnya Pemberian ASI Eksklusif Bagi Bayi di Posyandu Kelurahan Ulunggolaka. *Jurnal Akademik Pengabdian Masyarakat*, 2(6), 89-99. <https://doi.org/10.61722/japm.v2i6.2779>
- [9] Efendi, S., Sriyanah, N., Cahyani, A. S., & Hikma, S. (2021). Pentingnya pemberian asi eksklusif untuk mencegah stunting pada anak. *Idea Pengabdian Masyarakat*, 1(02), 107-111. <https://doi.org/10.53690/ipm.v1i01.71>
- [10] Haque, B. R. (2024). Faktor Dominan Tentang Persepsi Ibu Menyusui Tentang Kecukupan Asi. *Journal of Midwifery and Public Health*, 4(1), 20-33. <http://dx.doi.org/10.25157/jmph.v4i1.13739>
- [11] Qatrunnada, N., Fahrizal, F., Irawan, D., Oktarina, R., & Zahara, R. (2024). Pemetaan Distribusi Prevalensi Dan Faktor Risiko Kejadian Stunting Berbasis Sistem Informasi Geografis Di Kabupaten Muara Enim Tahun 2022. *Jurnal Riset Kesehatan Nasional*, 8(1), 22-28. <https://doi.org/10.37294/jrkn.v8i1.543>
- [12] Sari, W. P., Firdaus, A. F., Dzaki, D. F., Kurniawan, N. F., & Hidayat, R. M. (2025). Sistem Informasi Geografis Pemetaan Fasilitas Kesehatan di Kabupaten Bandung. *Jurnal Kridatama Sains dan Teknologi*, 7(01), 123-145. <https://doi.org/10.53863/kst.v7i01.1523>
- [13] Karsana, I. W. W., & Mahendra, G. S. (2021). Sistem Informasi Geografis Pemetaan Lokasi Puskesmas Menggunakan Google Maps Api Di Kabupaten Badung. *J-Icon: Jurnal Komputer Dan Informatika*, 9(2), 160-167. <https://doi.org/10.35508/jicon.v9i2.5214>
- [14] Faisal, M., & Bakti, A. M. (2023). Implementasi Algoritma Monte Carlo Untuk Memprediksi Permintaan Aksesori Mobil. *JURIKOM (Jurnal Riset Komputer)*, 10(2), 356-366. <https://doi.org/10.30865/jurikom.v10i2.5907>
- [15] N. N. K. Sari, "Sistem informasi geografis fasilitas kesehatan BPJS di Kota Palangka Raya berbasis Android," *Jurnal Teknologi Informasi: Jurnal Keilmuan dan Aplikasi Bidang Teknik Informatika*, vol. 14, no. 1, pp. 30–39, 2020. doi: <https://doi.org/10.47111/jti.v14i1.402>
- [16] F. S. Karunia, P. Assiroj, I. A. Prabadi, F. Gunawan, and K. A. Mustari, "Systematic literature review peta kerawanan keimigrasian berbasis sistem informasi geografis," *JATI (Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika)*, vol. 8, no. 3, pp. 3593–3602, 2024. doi: <https://doi.org/10.36040/jati.v8i3.9744>
- [17] S. N. Aziza, L. Somantri, and I. Setiawan, "Analisis pemetaan tingkat rawan banjir di Kecamatan Bontang Barat Kota Bontang berbasis sistem informasi geografis," *Jurnal Pendidikan Geografi Undiksha*, vol. 9, no. 2, pp. 109–120, 2021. doi: <https://doi.org/10.23887/jjpg.v9i2.35173>
- [18] A. R. Ananda, G. F. Nama, and M. Mardiana, "Pengembangan sistem informasi geografis pemerintahan Kota Metro dengan metode SSADM (Structured System Analysis and Design Method)," *Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan*, vol. 10, no. 1, 2022. doi: <https://doi.org/10.23960/jitet.v10i1.2261>
- [19] N. Sahrudin and S. Sularno, "Rancang bangun sistem informasi geografis menemukan lokasi dokter hewan berbasis Android," *Jurnal Teknologi dan Sistem Informasi Bisnis*, vol. 5, no. 1, pp. 21–32, 2023. doi: <https://doi.org/10.47233/jteksis.v5i1.732>
- [20] A. Afif and J. R. Mulia, "Simulasi Monte Carlo untuk memprediksi tingkat kesehatan masyarakat," *Jurnal Responsive Teknik Informatika*, vol. 8, no. 1, pp. 55–61, 2024. doi: <https://doi.org/10.36352/jr.v8i01.896>
- [21] A. E. Syaputra, "Akumulasi metode Monte Carlo dalam memperkirakan tingkat penjualan keripik Sanjai," *Jurnal Informatika Ekonomi Bisnis*, pp. 209–216, 2023. doi: <https://doi.org/10.37034/infbev.v5i1.222>
- [22] M. Ihksan and Y. Yunus, "Simulasi Monte Carlo dalam memprediksi tingkat pendapatan penjualan kuliner," *Jurnal Informatika Ekonomi Bisnis*, pp. 28–33, 2021. doi: <https://doi.org/10.37034/infbev.v3i1.63>
- [23] A. E. Syaputra, "Akumulasi metode Monte Carlo dalam memperkirakan tingkat penjualan keripik Sanjai," *Jurnal Informatika Ekonomi Bisnis*, pp. 209–216, 2023. doi: <https://doi.org/10.37034/infbev.v5i1.222>

- [24] N. S. Ardiani, G. W. Nurcahyo, and S. Sumijan, “Simulasi Monte Carlo untuk prediksi tingkat kebutuhan aset penunjang pembelajaran (studi kasus di SMK Negeri 1 Merangin),” *Innovative: Journal of Social Science Research*, vol. 4, no. 6, pp. 9801–9819, 2024. doi: <https://doi.org/10.31004/innovative.v4i6.18812>
- [25] O. Veza, N. Y. Arifin, and S. S. Tyas, “Analisis dan perancangan arsitektur pemodelan simulasi dalam menentukan calon mahasiswa nonaktif,” *Jurnal Teknik Ibnu Sina (JT-IBSI)*, vol. 7, no. 1, pp. 16–26, 2022. doi: <https://doi.org/10.36352/jt-ibsi.v7i01.265>
- [26] A. Sudianto, M. Wasil, and M. Mahpuz, “Penerapan sistem informasi geografis dalam pemetaan sebaran kasus gizi buruk,” *Infotek: Jurnal Informatika dan Teknologi*, vol. 4, no. 2, pp. 142–150, 2021. doi: <https://doi.org/10.29408/jit.v4i2.3559>.
- [27] Simbolon, N., & Sianturi, F. A. (2023). Penerapan Metode Monte Carlo Pada Prediksi Jumlah Kunjungan Pasien Di Rumah Sakit Umum. *Jurnal Ilmiah Komputasi*, 22(1), 55-62. <https://doi.org/10.32409/jikstik.22.1.3391>
- [28] D. Ferdinal, I. Nursukmi, R. R. Putra, and C. Wadisman, “Prediksi obat kronis penyakit diabetes melitus menggunakan metode Monte Carlo,” *Jurnal Komputer Teknologi Informasi Sistem Informasi*, vol. 3, no. 1, pp. 665–672, 2024. doi: <https://doi.org/10.62712/juktisi.v3i1.182>
- [29] C. E. Murwaningtyas, W. S. Haryono, M. A. Uge, and T. Kristofel, “Perbandingan metode Monte Carlo Antithetic Variate dan Control Variate dalam penentuan harga opsi barrier knock-out,” *Euler: Jurnal Ilmiah Matematika, Sains dan Teknologi*, vol. 12, no. 1, pp. 37–44, 2024, doi: <https://doi.org/10.37905/euler.v12i1.25128>
- [30] J. R. Mulia and A. Afif, “Simulasi Monte Carlo untuk memprediksi jumlah penerimaan bantuan sosial pangan,” *Jurnal Responsive Teknik Informatika*, vol. 7, no. 2, pp. 123–132, 2023. doi: <https://doi.org/10.36352/jr.v7i02.758>
- [31] J. R. Mulia, A. Afif, and K. H. Manurung, “Aplikasi simulasi prediksi pemakaian obat kronis dengan metode Monte Carlo,” *Jurnal Sistem Informasi dan Sistem Komputer*, vol. 10, no. 1, pp. 60–71, 2025. doi: <https://doi.org/10.51717/simkom.v10i1.734>