



Model *Continuous-Time Markov Chain* untuk Penyebaran Hoaks di Media Sosial: Adaptasi Stokastik Populasi Tertutup dari Model Deterministik

Anggun Praptaningsih^{1*}, Fatmah Syarah¹, Ridhwan Dery Iradat²

¹ Matematika, Fakultas Sains dan Teknologi, UIN Syarif Hidayatullah, Jakarta, Indonesia.

² Fisika, Fakultas Sains dan Teknologi, UIN Syarif Hidayatullah, Jakarta, Indonesia.

DOI: <https://doi.org/10.29303/goescienceed.v7i4.3293>

Article Info:

Received : 18 Agustus 2026
Revised : 08 September 2026
Accepted : 26 September 2026
Published : 08 Oktober 2026

Correspondence:

Anggun Praptaningsih

Phone:

Abstract: Hoaxes are non-factual information that spreads rapidly across social media, potentially disrupting social stability. Previous studies have primarily modeled the spread of hoaxes using deterministic differential equations. However, in real-world scenarios, deterministic models have a significant limitation: they fail to capture the inherent randomness that explains why a hoax might escalate uncontrollably or vanish completely without a trace. Therefore, this study develops a stochastic approach to hoax spreading involving five compartments (Ignorant, Latent, Hoax-Spreader, Debunker, and Stifler). The model assumes a closed population and is formulated using a Continuous-Time Markov Chain (CTMC). Simulation results reveal that the mean trajectory derived from 300 stochastic realizations differs significantly from the deterministic solution. The deterministic model predicts a widespread transmission whenever the basic reproduction number is greater than one. In contrast, the stochastic simulation exhibits a bimodal outcome: in the vast majority of realizations (84.3%), the hoax simply dies out, while only a small fraction leads to a widespread outbreak. These findings demonstrate that stochastic modeling provides crucial probabilistic insights into the extinction of a hoax – dynamics that deterministic models are unable to capture.

Keywords: Continuous-Time Markov Chain; Hoax Spreading; Mathematic Model; Stochastic Process

Citation: Praptaningsih, A., Iradat, R. D., & Syarah, F. (2026). Model Continuous-Time Markov Chain untuk Penyebaran Hoaks di Media Sosial: Adaptasi Stokastik Populasi Tertutup dari Model Deterministik. *Jurnal Pendidikan, Sains, Geologi, Dan Geofisika (GeoScienceEd Journal)*, 7(4), 6108–6113. <https://doi.org/10.29303/goescienceed.v7i4.3293>

Pendahuluan

Media sosial merupakan media interaktif yang menjadi sarana komunikasi dan pertukaran informasi yang terus berkembang sangat cepat (Qadir, 2024). Sayangnya, kondisi ini turut memfasilitasi penyebaran berita bohong atau hoaks dan disinformasi. Mengingat dampaknya yang secara nyata dapat mengganggu stabilitas sosial, ekonomi, hingga politik, maka intervensi yang tepat sangat dibutuhkan (Pathak, Mahajan, Singh, Patil, & Nair, 2020). Namun, untuk merumuskan strategi mitigasi yang efektif membutuhkan pemahaman yang presisi terkait bagaimana sebenarnya hoaks itu menjalar di tengah masyarakat. Di sinilah pendekatan kuantitatif memegang peranan krusial.

Secara matematis, karakter penyebaran hoaks memiliki banyak kesamaan dengan penularan penyakit endemik. Gagasan ini pertama kali dicetuskan oleh Daley & Kendall (1964) yang membagi populasi ke dalam tiga kompartemen individu yang belum terpapar (*ignorant*), penyebar hoaks (*spreader*), dan mereka yang berhenti menyebarkan (*stifler*). Formulasi klasik ini kemudian disederhanakan oleh Maki & Thompson (1973) ke dalam konsep rantai Markov waktu kontinu (CTMC). Perkembangan yang lebih luas dilakukan dengan menambah berbagai mekanisme tambahan seperti yang dilakukan Yue & Huo (2022) dengan model SICK yaitu dengan menambah kompartemen C (*Cooling*) di mana individu yang memasuki masa tenang sebelum benar-benar berhenti menyebarkan hoaks. Kemudian,

Email: anggun.praptaningsih@uinjkt.ac.id

Zhang, Deng, Li, & Liu (2022) dengan model SIDRQ yaitu model yang menggabungkan mekanisme kecurigaan, kekebalan, lupa, dan pembimbing dengan mengasumsikan populasi terbuka.

Selain itu, seiring dengan semakin kompleksnya interaksi manusia modern, model-model dasar ini terus mengalami perluasan. Salah satu pengembangan yang paling relevan diajukan oleh Salsabilla Harista & Subhan (2023), yang merancang model penyebaran hoaks lima kompartemen, yakni *Ignorant (I)*, *Latent (L)*, *Hoaks-Spreader (R)*, *Debunker (D)*, dan *Stifler (S)*. Model ini secara spesifik mengakomodasi peran penyanggah hoaks atau narasi tandingan (debunker) dengan menggunakan pendekatan sistem persamaan diferensial biasa (deterministik) pada populasi konstan.

Meski model deterministik Harista dan Subhan (Salsabilla Harista & Subhan, 2023) cukup komprehensif dalam melihat kestabilan sistem melalui titik ekuilibrium dan angka reproduksi dasar, namun pendekatan tersebut belum mampu melihat elemen keacakan yang terjadi di lapangan. Model deterministik memiliki batasan yang akan selalu menghasilkan kurva lintasan yang persis sama selama nilai awal dan parameternya tidak diubah. Keterbatasan ini sejalan dengan pandangan Allen (2008) yang menegaskan bahwa kerangka deterministik seringkali gagal memodelkan fase awal dari suatu wabah – atau dalam hal ini, penyebaran hoaks – karena mengabaikan dinamika demografis. Selain itu, dikatakan bahwa ketika jumlah awal penyebar informasi masih sangat kecil, efek stokastik atau probabilitas pertemuan antarindividu memegang kendali penuh atas dinamika sistem (Britton, 2010).

Pada kondisi transisi yang sensitif inilah elemen keacakan menentukan apakah sebuah hoaks akan langsung mereda seketika (*extinction*) atau justru memicu menjadi kepanikan massal (*outbreak*). Padahal di dunia nyata, dinamika penyebaran hoaks sangatlah fluktuatif dan acak. Dua berita bohong yang tersebar bisa saja berakhir dengan nasib yang sangat berbeda, satu isu mungkin tenggelam dalam hitungan jam, sementara yang lain bisa menjadi perdebatan nasional hanya karena faktor probabilitas pada interaksi antarindividu. Kesenjangan seperti inilah yang mustahil ditangkap hanya dengan sudut pandang deterministik.

Berangkat dari celah penelitian tersebut, studi ini mengusulkan modifikasi stokastik terhadap model lima kompartemen penyebaran hoaks. Secara spesifik, tujuan dari penelitian ini antara lain: (1) merumuskan model deterministik penyebaran hoaks (rumor) lima kompartemen (Salsabilla Harista & Subhan, 2023) ke dalam kerangka *Continuous Time Markov Chain* (CTMC) dengan asumsi populasi tertutup; (2) mengimplementasikan algoritma Gillespie untuk mensimulasikan model tersebut agar dapat merekam

dinamika probabilistik yang terjadi; (3) membandingkan hasil simulasi stokastik dengan solusi model deterministik tertutup untuk memperoleh gambaran probabilistik mengenai seberapa besar peluang sebuah hoaks akan tenggelam dengan sendirinya (*extinction*) dibandingkan dengan potensi meluasnya penyebaran hoaks (*outbreak*).

Metode

Penelitian ini merupakan penelitian dasar (teoritis) yang diawali dengan mengadaptasi model deterministik lima kompartemen (Salsabilla Harista & Subhan, 2023) ke dalam asumsi populasi tertutup, yaitu dengan menghilangkan parameter imigrasi dan emigrasi dari sistem persamaan asli sehingga total populasi konstan secara otomatis. Model tertutup yang diperoleh kemudian diformulasikan dengan kerangka CTMC dengan mendefinisikan seluruh kemungkinan peristiwa transisi antarkompartemen beserta laju masing-masing.

Selanjutnya, algoritma Gillespie atau *Stochastic Simulation Algorithm* (Gillespie & Gillespie, 1977; Masuda & Vestergaard, 2021) diimplementasikan untuk mensimulasikan lintasan-lintasan stokastik dari model CTMC tersebut. Simulasi dijalankan sebanyak 300 realisasi independen dengan parameter dan kondisi awal yang sama. Pada setiap realisasi, seluruh perubahan kompartemen (I, L, R, D, S) di setiap peristiwa dicatat, kemudian dievaluasi pada titik waktu tertentu untuk menghitung rata-rata dan simpangan baku tiap kompartemen di setiap titik waktu. Dari seluruh realisasi tersebut juga dihitung ukuran akhir wabah (*final size*), yaitu nilai S saat simulasi berhenti ($L = R = D = 0$), beserta statistik deskriptifnya dan proporsi realisasi yang tergolong wabah kecil (ukuran akhir wabah kurang dari 10% populasi total) dibandingkan wabah besar.

Hasil rata-rata simulasi stokastik tersebut kemudian dibandingkan dengan solusi numerik model deterministik yang bersesuaian. Perbandingan dilakukan secara visual melalui *overlay* grafik rata-rata lintasan CTMC terhadap solusi ODE. Selain itu, perbandingan juga dilakukan secara kuantitatif melalui selisih nilai puncak (*peak value*) dan waktu puncak (*peak time*) pada kompartemen L, R , dan D antara kedua pendekatan.

Sebagai indikator tambahan, dibandingkan pula nilai akhir populasi *Stifler (S)* pada kedua model. Tahap akhir penelitian adalah menginterpretasikan hasil perbandingan tersebut dan menarik kesimpulan. Simulasi numerik dalam penelitian ini dilakukan menggunakan bahasa pemrograman Python dengan pustaka NumPy dan SciPy untuk solusi ODE, serta implementasi algoritma Gillespie yang dibangun secara mandiri.

Hasil dan Diskusi

Model Dasar (Lima Kompartemen Populasi Terbuka)

Model acuan Salsabilla Harista & Subhan (2023) mendefinisikan lima kompartemen:

I (*Ignorant*): kelompok individu yang belum pernah mendengar hoaks,

L (*Latent*): kelompok individu yang telah terpapar hoaks, namun belum menentukan sikap,

R (*Hoaks-Spreader*): kelompok individu yang menyebarkan hoaks,

D (*Debunker*): kelompok individu yang aktif menyanggah, dan

S (*Stifler*): kelompok individu yang telah mengetahui hoaks, namun berhenti membicarakannya.

Model tersebut dibangun berdasarkan beberapa asumsi. Dalam populasi diasumsikan terdapat hoaks dan kontra-hoaks secara bersamaan, dengan populasi bersifat terbuka melalui proses imigrasi dan emigrasi pada laju konstan. Imigrasi diasumsikan terjadi pada kelompok *Ignorant*, sedangkan emigrasi terjadi di setiap kelompok. Individu *Ignorant* dapat berubah menjadi individu *Latent* apabila melakukan kontak dengan *Hoax-Spreader* atau *Debunker*.

Individu *Latent* selanjutnya dapat berubah menjadi *Hoax-Spreader*, *Debunker*, atau langsung menjadi *Stifler*. Individu *Hoax-Spreader* dan *Debunker* dapat berhenti menjadi *Stifler* apabila kehilangan minat terhadap informasi terkait, dan individu *Hoax-Spreader* berpotensi berubah menjadi *Debunker* apabila menyadari kebenaran informasi mengenai hoaks yang ia sebar. Terdapat 10 parameter yang digunakan, yaitu ε (laju imigrasi), ρ (laju emigrasi), μ dan k (laju kontak individu *Ignorant* dengan *Hoax-Spreader* dan *Debunker*), α , β , γ (laju perpindahan dari *Latent* menjadi *Hoax-Spreader*, *Debunker*, dan *Stifler*), serta δ , ξ , θ (laju perpindahan dari *Hoax-Spreader* dan *Debunker* menjadi *Stifler* atau *Debunker*), diperoleh sistem persamaan diferensial berikut:

$$\begin{aligned}\frac{dI}{dt} &= \varepsilon N - \mu IR - kID - \rho I \\ \frac{dL}{dt} &= \mu IR + kID - (\alpha + \beta + \gamma + \rho)L \\ \frac{dR}{dt} &= \alpha L - (\delta + \xi + \rho)R \\ \frac{dD}{dt} &= \beta L + \xi R - (\theta + \rho)D \\ \frac{dS}{dt} &= \delta R + \theta D + \gamma L - \rho S\end{aligned}$$

dengan $N = I + L + R + D + S$.

Populasi N konstan jika dan hanya jika $\varepsilon = \rho$ karena $\frac{dN}{dt} = (\varepsilon - \rho)N$. Hal inilah yang menjadi titik tolak adaptasi pada penelitian ini.

Model Deterministik Populasi Tertutup

Penelitian ini mengasumsikan populasi bersifat tertutup, yaitu tidak terdapat proses imigrasi maupun emigrasi individu selama periode pengamatan. Asumsi ini sesuai untuk pengamatan penyebaran hoaks dalam rentang waktu pendek hingga menengah (harian sampai bulanan), di mana pergantian anggota populasi pengamatan misalnya anggota suatu grup media sosial atau pengguna aktif suatu topik tertentu dapat diabaikan. Dengan menghilangkan seluruh suku εN dan $\rho(\cdot)$ dari sistem persamaan asli, diperoleh sistem persamaan diferensial model tertutup sebagai berikut.

$$\frac{dI}{dt} = -\mu IR - kID \quad (1)$$

$$\frac{dL}{dt} = \mu IR + kID - (\gamma + \alpha + \beta)L \quad (2)$$

$$\frac{dR}{dt} = \alpha L - (\delta + \xi)R \quad (3)$$

$$\frac{dD}{dt} = \beta L + \xi R - \theta D \quad (4)$$

$$\frac{dS}{dt} = \delta R + \theta D + \gamma L \quad (5)$$

dengan $N = I + L + R + D + S$ dan model disumsikan tertutup, maka

$$\frac{dN}{dt} = \frac{dI}{dt} + \frac{dL}{dt} + \frac{dR}{dt} + \frac{dD}{dt} + \frac{dS}{dt} = 0,$$

sehingga N konstan.

Berikut adalah deskripsi parameter yang ada pada persamaan.

μ : laju perpindahan kelompok individu yang tidak mengetahui hoaks (I) menjadi kelompok yang terpapar (L) karena adanya kontak dengan penyebar hoaks (R).

k : laju perpindahan kelompok individu yang tidak mengetahui hoaks (I) menjadi kelompok yang terpapar (L) karena adanya kontak dengan penyanggah hoaks (D).

α : laju perpindahan kelompok individu yang terpapar hoaks (L) dan mempercayai hoaks menjadi kelompok penyebar hoaks (R).

β : laju perpindahan kelompok individu yang terpapar hoaks (L) dan tidak mempercayai hoaks menjadi kelompok penyanggah hoaks (D).

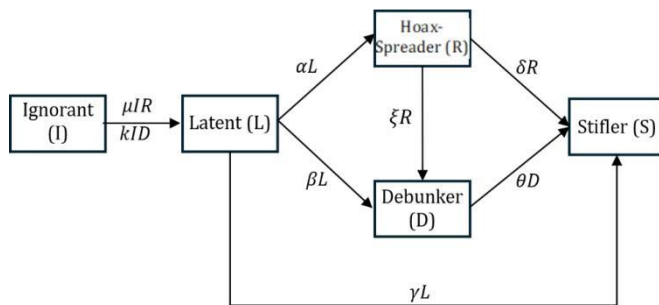
ξ : laju perpindahan kelompok individu penyebar hoaks (R) menjadi kelompok penyanggah hoaks (D) karena telah mengetahui fakta.

δ : laju perpindahan kelompok individu penyebar hoaks (R) menjadi kelompok yang berhenti menyebarkan hoaks (S).

θ : laju perpindahan kelompok individu penyanggah hoaks (D) menjadi kelompok yang berhenti menyebarkan hoaks (S).

γ : laju perpindahan kelompok individu yang terpapar hoaks (L) menjadi kelompok yang berhenti mempercayai hoaks (S).

Diagram alir model tertutup ini disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Alir Model Tertutup Penyebaran Hoax (I-L-R-D-S)

Analisis Titik Keseimbangan dan Solusi Numerik Model Deterministik Populasi Tertutup

Titik keseimbangan diperoleh dengan menetapkan

$$\frac{dI}{dt} = \frac{dL}{dt} = \frac{dR}{dt} = \frac{dD}{dt} = \frac{dS}{dt} = 0$$

pada sistem (1)–(5). Dari persamaan (3), $\alpha L = (\delta + \xi)R$; karena $\alpha, \delta, \xi > 0$, maka $R = 0$ hanya jika $L = 0$. Dengan cara serupa, dari persamaan (4), $L = 0$ dan $R = 0$ mengakibatkan $D = 0$. Substitusi $L = R = D = 0$ ke persamaan (1) dan (5) memenuhi kedua persamaan tersebut untuk sembarang nilai I dan S . Dengan demikian, diperoleh bahwa seluruh titik keseimbangan model tertutup berbentuk:

$$E^* = (I^*, 0, 0, 0, S^*), \text{ dengan } I^* + S^* = N, I^*, S^* \geq 0$$

Hasil ini menunjukkan adanya perbedaan dengan model dasar (model terbuka). Pada model dasar, titik kesetimbangannya, yaitu E_0 dan E_1 , masing-masing nilainya tunggal dan pasti. Sementara pada model tertutup, tidak punya satu titik keseimbangan tunggal tetapi ada banyak kemungkinan titik keseimbangan sekaligus yang bergantung pada berapa individu yang akhirnya tetap di kelompok *Ignorant* (I^*) dan berapa yang berakhir di kelompok *Stifler* (S^*). Jadi, nilai akhirnya bisa berbeda-beda tergantung kondisi awal dan parameter yang dipakai. Sifat ini merupakan ciri khas model epidemi tanpa dinamika vital (tanpa kelahiran/kematian), sebagaimana juga dijumpai pada model SIR klasik.

Selanjutnya, karena $\frac{dI}{dt} \leq 0$ untuk seluruh t (I hanya dapat berkurang atau tetap), maka $I(t)$ monoton

tidak naik dan terbatas di bawah oleh 0, sehingga limit $I(t) \rightarrow I_\infty$ ada untuk $t \rightarrow \infty$. Karena sistem bersifat terbatas (seluruh kompartemen $\leq N$) dan tidak terdapat sumber baru untuk L, R , maupun D , maka $L(t), R(t), D(t) \rightarrow 0$ untuk $t \rightarrow \infty$, dan lintasan sistem konvergen menuju salah satu titik pada kontinum kesetimbangan E^* di atas, dengan I_∞ dan $S_\infty = N - I_\infty$ ditentukan oleh kondisi awal dan nilai parameter.

Hasil integrasi numerik menunjukkan bahwa sistem konvergen menuju titik kesetimbangan $I_\infty = 0,00$ dan $S_\infty = 459,39$ pada $t = 3000$ (dengan L, R, D masing-masing mendekati 0, 12,05, dan 28,56 – belum sepenuhnya nol karena waktu simulasi terbatas, namun secara asimtotik menuju kontinum kesetimbangan di atas), dengan puncak kompartemen L, R , dan D berturut-turut sebesar 196,81 (pada $t = 684,2$), 31,94 (pada $t = 1052,6$), dan 37,55 (pada $t = 1233,1$). Total populasi $N = I + L + R + D + S$ tervalidasi tetap konstan sebesar 500 di sepanjang simulasi. Solusi numerik inilah yang menjadi pembanding langsung terhadap rata-rata 300 realisasi CTMC pada pembahasan simulasi, sehingga perbandingan yang dilakukan sama-sama model tertutup, hanya berbeda pada pendekatan deterministik dan stokastik.

Formulasi Continuous-Time Markov Chain (CTMC)

Berdasarkan persamaan (1) – (5), sistem dapat diformulasikan sebagai rantai Markov waktu kontinu dengan ruang keadaan berupa vektor (I, L, R, D, S) bilangan bulat non-negatif, dan delapan jenis peristiwa transisi sebagaimana disajikan pada Tabel 1. Setiap peristiwa memindahkan satu individu dari satu kompartemen ke kompartemen lain, sehingga N tetap konstan sepanjang simulasi.

Tabel 1. Daftar Kejadian CTMC Model Tertutup Penyebaran Hoaks

Peristiwa	Perubahan state	Laju transisi
I terpapar via kontak R	$I - 1, L + 1$	μIR
I terpapar via kontak D	$I - 1, L + 1$	kID
$L \rightarrow R$	$L - 1, R + 1$	αL
$L \rightarrow D$	$L - 1, D + 1$	βL
$L \rightarrow S$	$L - 1, S + 1$	γL
$R \rightarrow S$	$R - 1, S + 1$	δR
$R \rightarrow D$	$R - 1, D + 1$	ξR
$D \rightarrow S$	$D - 1, S + 1$	θD

Algoritma Gillespie (Masuda & Vestergaard, 2021) digunakan untuk mensimulasikan lintasan CTMC di atas. Pada setiap langkah, laju total a_0 dihitung sebagai jumlah seluruh laju kejadian yang mungkin terjadi ($a_0 = \sum a_i$). Waktu tunggu hingga kejadian berikutnya dibangkitkan dari distribusi eksponensial $\tau = \left(\frac{1}{a_0}\right) \ln\left(\frac{1}{r_1}\right)$, dengan r_1 adalah bilangan acak seragam

pada (0,1). Jenis kejadian yang terjadi dipilih secara proporsional terhadap besarnya laju masing-masing menggunakan bilangan acak kedua, yaitu r_2 . Simulasi dihentikan ketika $L = R = D = 0$ (hoaks dan kontra-hoaks sama-sama telah reda) atau waktu simulasi mencapai batas yang ditentukan.

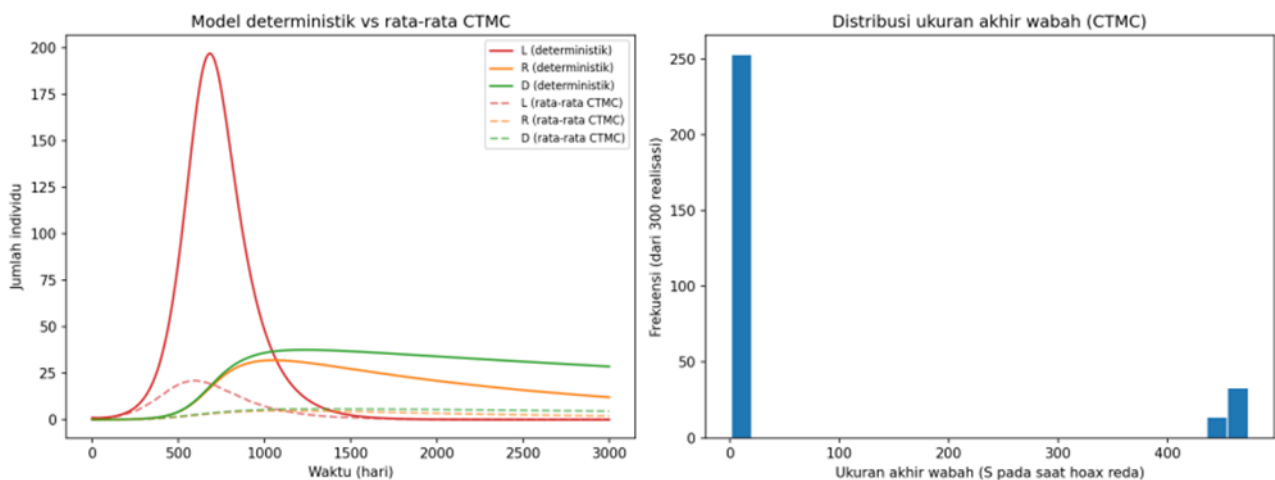
Simulasi Stokastik dan Perbandingan dengan Model Deterministik

Simulasi dilakukan menggunakan parameter yang diadaptasi dari skenario penyebaran hoaks ($R_0 >$

1) pada penelitian acuan (Salsabilla Harista & Subhan, 2023), disajikan pada Tabel 2 dengan kondisi awal $I(0) = 499$, $L(0) = 1$, $R(0) = D(0) = S(0) = 0$, merepresentasikan satu individu yang mulai terpapar hoaks pada populasi berukuran $N = 500$. Sistem persamaan diferensial dari model deterministik (1)–(5) diselesaikan secara numerik menggunakan metode integrasi ODE standar, sedangkan model stokastik disimulasikan sebanyak 300 realisasi independen menggunakan algoritma Gillespie. Hasil kedua pendekatan dibandingkan pada Gambar 2.

Tabel 2. Nilai Parameter yang Digunakan dalam Simulasi

Parameter	N	k	α	μ	β	θ	δ	γ	ξ
Nilai	500	0,0004	0,0005	0,0004	0,0005	0,0002	0,0005	0,005	0,00005



Gambar 2. (kiri) Perbandingan lintasan model deterministik dan rata-rata 300 realisasi CTMC; (kanan) Distribusi ukuran akhir wabah (nilai S saat hoaks reda) dari 300 realisasi CTMC

Model deterministik menunjukkan puncak kompartemen Latent (L) sebesar 196,8 individu pada hari ke-684, diikuti pertumbuhan Hoax-Spreader dan Debunker yang mencapai puncak masing-masing 31,9 dan 37,6 individu, dengan hampir seluruh populasi ($S=459,4$ dari $N=500$) akhirnya berstatus *Stifler*. Hasil ini konsisten dengan prediksi model deterministik bahwa ketika bilangan reproduksi dasar melebihi satu, hoaks akan menyebar dan pada akhirnya melibatkan sebagian besar populasi.

Sebaliknya, simulasi stokastik menunjukkan hasil yang berbeda secara signifikan. Dari 300 realisasi, rata-rata ukuran akhir wabah (jumlah individu berstatus *Stifler* ketika hoaks reda) adalah 72,8 individu (14,6% dari populasi) dengan simpangan baku yang sangat besar (166,7). Nilai ukuran akhir wabah berkisar dari minimum 1 individu hingga maksimum 474 individu, menunjukkan sebaran yang sangat lebar dan bersifat bimodal sebagaimana terlihat pada histogram di Gambar 2 (kanan). Sebanyak 253 dari 300 realisasi (84,3%) menghasilkan wabah kecil (ukuran akhir kurang

dari 10% populasi), sedangkan sisanya berkembang menjadi wabah besar yang mendekati ukuran prediksi model deterministik.

Temuan ini merupakan kontribusi utama penelitian ini: model deterministik hanya memberikan satu skenario tunggal (wabah besar yang pasti terjadi), sedangkan model CTMC mengungkap bahwa mayoritas kejadian penyebaran hoaks dengan parameter dan kondisi awal yang identik justru akan mereda dengan cepat, dan hanya sebagian kecil yang benar-benar berkembang menjadi wabah besar.

Perilaku bimodal semacam ini merupakan ciri khas proses percabangan (*branching process*) di sekitar ambang kritis, dan tidak dapat diperoleh dari analisis deterministik semata.

Kontribusi Praktis

Hasil ini memiliki kontribusi praktis bagi pemangku kepentingan yang menangani penyebaran berita bohong atau hoaks. Pendekatan stokastik memungkinkan pernyataan yang lebih dengan secara

probabilistik, misalnya: terdapat peluang sekitar 84% suatu hoaks dengan karakteristik tertentu akan mereda dengan sendirinya, namun 16% peluang hoaks meluas sehingga memerlukan intervensi klarifikasi segera. Informasi semacam ini dapat menjadi dasar pertimbangan prioritas dalam alokasi sumber daya *fact-checking*.

Kesimpulan

Penelitian ini mengembangkan model Continuous-Time Markov Chain (CTMC) untuk penyebaran hoaks di media sosial, diadaptasi dari model deterministik lima kompartemen (Ignorant, Latent, Hoaks-Spreader, Debunker, Stifler) dengan asumsi populasi tertutup. Model tertutup terbukti mempertahankan populasi konstan secara otomatis tanpa syarat tambahan dan memiliki kontinum titik kesetimbangan $E^*=(I^*,0,0,0,S^*)$ yang konsisten dengan sifat model epidemi tanpa dinamika vital. Simulasi menggunakan algoritma Gillespie terhadap 300 realisasi menunjukkan bahwa perilaku stokastik berbeda signifikan dari model deterministik: meskipun model deterministik memprediksi wabah besar yang pasti terjadi, mayoritas realisasi stokastik (84,3%) menunjukkan hoaks mereda dengan cepat, sementara hanya sebagian kecil hoaks menyebar secara luas. Temuan ini menegaskan nilai tambah pendekatan stokastik dalam memberikan gambaran probabilistik yang lebih realistis mengenai dinamika penyebaran hoaks, yang tidak dapat diperoleh dari pendekatan deterministik saja.

Penelitian lanjutan disarankan untuk melakukan validasi parameter model menggunakan data empiris penyebaran hoaks di media sosial Indonesia, serta mengeksplorasi analisis distribusi kuasi-stasioner untuk memahami perilaku sistem menjelang kepunahan hoaks secara lebih mendalam.

Ucapan Terimakasih

Penulis ingin menyampaikan apresiasi kepada peneliti terdahulu atas model deterministik penyebaran hoaks yang diadopsi dan dikembangkan di penelitian ini. Ucapan terima kasih juga penulis sampaikan kepada rekan-rekan atas masukan, kritik, dan saran pada penelitian ini. Selain itu juga ucapan terima kasih penulis sampaikan atas fasilitas komputasi dan akses literatur dalam mendukung kelancaran proses penyusunan manuskrip ini.

Referensi

Allen, L. J. S. (2008). An Introduction to Stochastic Epidemic Models. In Lecture Notes in Mathematics: Mathematical Epidemiology (Vol. 1945). Springer, Berlin, Heidelberg.

- Britton, T. (2010). Stochastic epidemic models: A survey. *Mathematical Biosciences*, 225(1), 24–35. <https://doi.org/10.1016/j.mbs.2010.01.006>
- Daley, D. J., & Kendall, D. G. (1964). Epidemics and Rumours. *Nature*, 204, 1118. <https://doi.org/10.1038/2041118a0>
- Gillespie, D. T., & Gillespie, D. T. (1977). Exact Stochastic Simulation of Coupled Chemical Reactions.
- Maki, D. P., & Thompson, M. (1973). *Mathematical Models and Applications: With Emphasis on the Social, Life, and Management Sciences*. Prentice Hall, Upper Saddle River.
- Masuda, N., & Vestergaard, C. L. (2021). Gillespie algorithms for stochastic multiagent dynamics in populations and networks *The Structure and Dynamics of Complex Networks*. <https://doi.org/10.xxxx/xxxxxxx>
- Pathak, A. R., Mahajan, A., Singh, K., Patil, A., & Nair, A. (2020). Analysis of Techniques for Rumor Detection in Social Media. *Procedia Computer Science*, 167, 2286–2296. Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2020.03.281>
- Qadir, A. (2024). Media Sosial (Definisi, Sejarah, dan Jenis-jenisnya). *Al-Furqon: Jurnal Agama, Sosial, Dan Budaya*, 3.
- Salsabilla Harista, T., & Subhan, M. (2023). Model Penyebaran Rumor di Media Sosial. *Journal Of Mathematics UNP*, 8(2), 93–103.
- Yue, X., & Huo, L. (2022). Dynamical behavior of a stochastic SIRC rumor model incorporating media coverage. *Frontiers in Physics*, 10. <https://doi.org/10.3389/fphy.2022.1010428>
- Zhang, W., Deng, H., Li, X., & Liu, H. (2022). Dynamics of the Rumor-Spreading Model with Control Mechanism in Complex Network. *Journal of Mathematics*, 2022. <https://doi.org/10.1155/2022/5700374>