

**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 UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

**DINAMIKA PENYEBARAN UJARAN KEBENCIAN PADA
JARINGAN SCALE-FREE: INTEGRASI MODEL SEIRS
BERBASIS NODE DAN ESTIMASI PARAMETER VIA
INDOBERT**

TUGAS AKHIR

Diajukan sebagai Salah Satu Syarat
untuk Memperoleh Gelar Sarjana Sains
pada Program Studi Matematika

oleh:

DINDA NURHASANAH
12150421293



**PROGRAM STUDI MATEMATIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SULTAN SYARIF KASIM RIAU
PEKANBARU
2026**



LEMBAR PERSETUJUAN

DINAMIKA PENYEBARAN UJARAN KEBENCIAN PADA JARINGAN *SCALE-FREE*: INTEGRASI MODEL SEIRS BERBASIS *NODE* DAN ESTIMASI PARAMETER *VIA* INDOBERT

TUGAS AKHIR

oleh:

DINDA NURHASANAH
12150421293

Telah diperiksa dan disetujui sebagai laporan tugas akhir
di Pekanbaru, pada tanggal 14 Januari 2026

Ketua Program Studi

Pembimbing

Kartono, S.Si., M.Sc.
NIP. 19730818 200604 1 003

Dr. Yuslenita Muda, S.Si., M.Sc.
NIP. 19770103 200710 2 001

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 UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



© Hak cipta milik UIN Suska Riau

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 UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

LEMBAR PENGESAHAN

DINAMIKA PENYEBARAN UJARAN KEBENCIAN PADA JARINGAN *SCALE-FREE*: INTEGRASI MODEL SEIRS BERBASIS *NODE* DAN ESTIMASI PARAMETER *VIA* INDOBERT

TUGAS AKHIR

oleh:

DINDA NURHASANAH
12150421293

Telah dipertahankan di depan sidang dewan penguji
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains
Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau
di Pekanbaru, pada tanggal 14 Januari 2026

Pekanbaru, 21 Januari 2026
Mengesahkan

Ketua Program Studi

Dr. Yuslenita Muda, S.Si., M.Sc.
NIP. 19770103 200710 2 001

Wartono, S.Si., M.Sc.
NIP. 19730818 200604 1 003

DEWAN PENGUJI

Ketua : Wartono, S.Si., M.Sc.

Sekretaris : Dr. Yuslenita Muda, S.Si., M.Sc.

Anggota I : Mohammad Soleh, S.Si., M.Sc.

Anggota II : Muhammad Affandes, S.T., M.T.



SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

: Dinda Nurhasanah
 : 12150421293
 : Tanggal Lahir : Pekanbaru, 21 April 2003
 : Sains dan Teknologi
 : Matematika
 : Dinamika Penyebaran Ujaran Kebencian pada Jaringan
 : *Scale-Free*: Integrasi Model SEIRS berbasis *Node* dan
 : Estimasi Parameter *via* IndoBERT

Menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa:

1. Penulis Skripsi dengan judul sebagaimana tersebut diatas adalah hasil pemikiran dan penelitian saya sendiri.
2. Semua kutipan pada karya saya sudah disebutkan sumbernya.
3. Oleh karena itu, skripsi saya ini, saya nyatakan bebas dari plagiat.
4. Apabila dikemudian hari terbukti terdapat plagiat dalam penulisan skripsi saya tersebut, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai peraturan perundang-undangan.

Demikian Surat Pernyataan ini saya buat dengan penuh kesadaran dan tanpa paksaan dari pihak manapun juga.

Pekanbaru, 22 Januari 2026


 METERAN TEMPEL
 CD1C9ANX268650547 **DINDA NURHASANAH**
 12150421293

UIN SUSKA RIAU



LEMBAR HAK ATAS KEKAYAAN INTELEKTUAL

Tugas Akhir yang tidak diterbitkan ini terdaftar dan tersedia di Perpustakaan Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau adalah terbuka untuk umum dengan ketentuan bahwa hak cipta pada penulis. Referensi kepustakaan diperkenankan dicatat, tetapi pengutipan atau ringkasan hanya dapat dilakukan seizin penulis dan harus disertai dengan kebiasaan ilmiah untuk menyebutkan sumbernya.

Penggandaan atau penerbitan sebagian atau seluruh Tugas Akhir ini harus memperoleh izin dari Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau. Perpustakaan yang meminjamkan Tugas Akhir ini untuk anggotanya diharapkan untuk mengisi nama, tanda peminjaman dan tanggal pinjam.

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 UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



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 UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

LEMBAR PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam Tugas Akhir ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu Perguruan Tinggi, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Pekanbaru, 14 Januari 2026
Yang membuat pernyataan,

DINDA NURHASANAH
12150421293

UIN SUSKA RIAU



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 UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

LEMBAR PERSEMBAHAN

Bismillahirrahmanirrahiim

Alhamdulillahirabbil'alamin, puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT atas rahmat dan karunia-Nya sehingga Tugas Akhir ini dapat diselesaikan dengan baik. Sebuah karya kecilku ini ku persembahkan untuk:

“Orang Tua Tercinta”

Terima kasih kepada Ayah dan Ibu atas perjuangan dan doa yang tiada henti. Karya kecil ini adalah bukti bahwa doa kedua orang tua tak pernah terputus bahkan hingga ke langit. Semoga Allah SWT kelak memperkemukan kami juga di tempat terbaik di sisi-Nya. Aamiin.

“Keluarga Tersayang”

Terima kasih kepada kakak-kakakku yang senantiasa menjadi sumber semangat, serta kepada seluruh keluarga besar atas doa, dukungan, dan perhatian yang selalu mengiringi perjalanan penulis.

“Dosen Pembimbing Tugas Akhir”

Terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Ibu Dr. Yuslenita Muda, M. Sc atas waktu, arahan, dan kesabaran dalam membimbing penulis selama proses penyusunan Tugas Akhir hingga selesai.

“Diri Sendiri”

Peruntuk diriku, terima kasih telah bertahan, terus berjuang, dan tidak menyerah meskipun dihadapkan pada keraguan dan tantangan hingga mencapai tahap akhir perkuliahan.

Semoga karya sederhana ini dapat memberikan manfaat dan menjadi langkah awal menuju masa depan yang lebih baik.



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 UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

DINAMIKA PENYEBARAN UJARAN KEBENCIAN PADA JARINGAN *SCALE-FREE*: INTEGRASI MODEL SEIRS BERBASIS *NODE* DAN ESTIMASI PARAMETER VIA INDOBERT

DINDA NURHASANAH
12150421293

Tanggal Sidang : 14 Januari 2026
Tanggal Wisuda :

Program Studi Matematika
Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau
Jl. Soebrantas No. 155 Pekanbaru

ABSTRAK

Media sosial telah menjadi media utama penyebaran informasi sekaligus lahan subur bagi propagasi ujaran kebencian, terutama pada momen krusial seperti pemilihan umum. Penelitian ini bertujuan untuk memodelkan dinamika penyebaran ujaran kebencian menggunakan pendekatan matematika epidemiologi yang diintegrasikan dengan pemrosesan bahasa alami. Model yang dibangun adalah sistem persamaan diferensial SEIRS (*Susceptible-Exposed-Infected-Recovered-Susceptible*) berbasis *node* yang diterapkan pada topologi jaringan *Scale-Free* untuk merepresentasikan karakteristik heterogen pengguna media sosial. Estimasi parameter model, khususnya laju infeksi β dan laju pemulihan γ , dilakukan menggunakan pendekatan *Machine Learning* (IndoBERT) berdasarkan analisis sentimen terhadap 578 data tweet terkait isu politik. Hasil analisis kestabilan menggunakan *Next Generation Matrix* menunjukkan bahwa Bilangan Reproduksi Dasar (R_0) pada jaringan *Scale-Free* bernilai signifikan di atas satu ($R_0 > 1$), yang mengindikasikan bahwa titik kesetimbangan bebas ujaran kebencian bersifat tidak stabil. Simulasi numerik memperlihatkan bahwa keberadaan *hubs* (akun dengan konektivitas tinggi) berfungsi sebagai akselerator utama penyebaran, menyebabkan sistem dengan cepat mencapai kondisi endemik. Penelitian ini menyimpulkan bahwa strategi intervensi struktural melalui pemblokiran akun sentral (*target immunization*) jauh lebih efektif dalam meredam penyebaran dibandingkan sekadar peningkatan kontra-narasi positif.

Kata Kunci : *Hate speech*, IndoBERT, model SEIRS, *next generation matrix*, *scale-free network*.

**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 UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

DINAMIKA PENYEBARAN UJARAN KEBENCIAN PADA JARINGAN *SCALE-FREE*: INTEGRASI MODEL SEIRS BERBASIS *NODE* DAN ESTIMASI PARAMETER VIA INDOBERT

DINDA NURHASANAH
12150421293

Date of Final Exam : 14 January 2026
Date of Graduation :

Department of Mathematics
Faculty of Science and Technology
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau
Soebrantas St. No. 155 Pekanbaru - Indonesia

ABSTRACT

Social media has become the primary medium for information dissemination as well as fertile ground for the propagation of hate speech, especially during critical moments such as general elections. This study aims to model the dynamics of hate speech spread using an epidemiological mathematical approach integrated with natural language processing. The constructed model is a node-based SEIRS (Susceptible-Exposed-Infected-Recovered-Susceptible) differential equation system applied to a Scale-Free network topology to represent the heterogeneous characteristics of social media users. Model parameter estimation, specifically the infection rate (β) and recovery rate (γ), was conducted using a Machine Learning approach (IndoBERT) based on sentiment analysis of 578 tweets related to political issues. Stability analysis results using the Next Generation Matrix show that the Basic Reproduction Number (R_0) on the Scale-Free network is significantly above one ($R_0 > 1$), indicating that the hate speech-free equilibrium point is unstable. Numerical simulations reveal that the presence of hubs (accounts with high connectivity) serves as the primary accelerator of spread, causing the system to rapidly reach an endemic state. This study concludes that structural intervention strategies through blocking central accounts (targeted immunization) are far more effective in mitigating the spread compared to merely increasing positive counter-narratives.

Keywords : Hate speech, IndoBERT, model SEIRS, next generation matrix, scale-free network.

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum warahmatullahi wabarakatuh

Puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang atas rahmat, kekuatan, dan kesabaran yang diberikan, sehingga Tugas Akhir ini dapat diselesaikan dengan baik. Shalawat serta salam semoga senantiasa tercurah kepada Nabi Besar Muhammad SAW, yang telah membawa umat manusia dari kegelapan menuju cahaya ilmu pengetahuan.

Dalam proses pelaksanaan dan penyusunan Tugas Akhir ini, penulis menghadapi berbagai hambatan. Namun, berkat izin Allah SWT, doa orang tua, dukungan dan adik, serta bimbingan dan bantuan dari berbagai pihak, hambatan tersebut dapat dilalui hingga Tugas Akhir yang berjudul **“Dinamika Penyebaran Ujaran Kebencian pada Jaringan Scale-Free: Integrasi Model SEIRS Berbasis Node dan Estimasi Parameter via IndoBERT”** ini dapat diselesaikan. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada:

1. Ibu Prof. Dr. Hj. Leny Nofianti, M.S., S.E., M.Si., Ak., CA., selaku Rektor Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau.
2. Ibu Dr. Yuslenita Muda, S.Si., M.Sc., selaku Dekan dan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau dan selaku Pembimbing Tugas Akhir yang telah mencurahkan banyak waktu, tenaga, dan pikiran dalam membimbing dan memberikan arahan yang sangat membantu dalam penyusunan Tugas Akhir ini.
3. Bapak Wartono, S.Si., M.Sc., selaku Ketua Program Studi Matematika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau.
4. Bapak Zukrianto, M.Si., selaku Sekretaris Program Studi Matematika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau.



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 UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

5. Bapak Mohammad Soleh, S.Si., M.Sc., dan Bapak Muhammad Affandes, S.T., M.T. selaku Penguji Tugas akhir yang telah memberikan masukan dan arahan dalam penyusunan Tugas Akhir ini.
6. Ibu Sri Basriati, S.Si., M.Sc., selaku Dosen Pembimbing Akademik yang selalu memberikan arahan, saran, masukan, dan motivasi selama kuliah.
7. Dosen-dosen beserta staff Program Studi Matematika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau.
8. Ayah dan Ibu yang selalu memberikan cinta dan kasih sayang, serta selalu mendo'akan kesuksesan penulis.
9. Kakak-kakakku yang telah memberikan dukungan, semangat, serta kebersamaan kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
10. Manda dan Ica yang senantiasa memberikan bantuan, motivasi, dan dukungan selama masa studi penulis.
11. Teman-teman seperjuangan angkatan 21, kakak-abang, dan adik-adik Program Studi Matematika yang selalu membantu dan memberikan *support* dalam mekanisme dan pembuatan Tugas Akhir ini.
12. Serta seluruh pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu namanya yang telah membantu dari awal pembuatan Tugas Akhir sampai dapat menyelesaikannya.

Penulis menyadari adanya berbagai kekurangan dalam penyusunan Tugas Akhir ini. Kritik dan saran konstruktif sangat diharapkan guna menyempurnakan penelitian ini. Semoga karya ini bermanfaat bagi semua pihak. Aamiin ya Rabbal 'alamin. Akir kata, penulis mengucapkan terima kasih.
Wassalamu'alaikum warahmatullahi wabarakatuh

Pekanbaru, 14 Januari 2026

DINDA NURHASANAH
12150421293



DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN	ii
LEMBAR PENGESAHAN.....	iii
SURAT PERNYATAAN	iv
LEMBAR HAK ATAS KEKAYAAN INTELEKTUAL.....	v
LEMBAR PERNYATAAN	vi
LEMBAR PERSEMBAHAN	vii
ABSTRAK	viii
ABSTRACT	ix
KATA PENGANTAR.....	x
DAFTAR ISI.....	xii
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR GAMBAR.....	xv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Batasan Masalah	4
1.4 Tujuan Penelitian	4
1.5 Manfaat Penelitian	5
1.6 Sistematika Penelitian.....	6
BAB II LANDASAN TEORI.....	7
2.1 Dinamika Ujaran Kebencian.....	7
2.1.1 Definisi <i>Hate Speech</i> dan Klasifikasi Sentimen.....	7
2.1.2 Teori Difusi Informasi dan <i>Complex Contagion</i>	7
2.2 Pemrosesan Bahasa Alami.....	8
2.2.1 Konsep Transformer dan <i>Self-Attention</i>	8
2.2.2 Arsitektur <i>IndoBERT</i>	10
2.2.3 Evaluasi Kinerja Klasifikasi.....	12
2.3 Teori Graf dan Jaringan Kompleks.....	13

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 UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



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 UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

2.3.1	Definisi Graf dan <i>Matriks Adjacency</i>	13
2.3.2	Karakteristik <i>Scale-Free</i> dan Hukum Pangkat ($P(k)$)	13
2.3.3	Metrik Sentralitas	14
2.4	Pemodelan Matematika Epidemiologi	15
2.4.1	Model Kompartemen Dasar	15
2.4.2	Sistem Persamaan Diferensial Node-Based	16
2.5	Analisis Kestabilan Sistem	18
2.5.1	Titik Ekuilibrium.....	18
2.5.2	<i>Next Generation Matrix</i> dan Bilangan Reproduksi Dasar (R_0).....	19
2.6	Metode Numerik Rungge-Kutta Orde 4.....	20
BAB III	METODE PENELITIAN	22
3.1	Desain Penelitian	22
3.2	Prosedur Analisis Sentimen	22
3.3	Prosedur Analisis Jaringan Sosial	25
3.4	Prosedur Pemodelan Matematika.....	25
3.5	Instrumen Penelitian	26
BAB IV	PEMBAHASAN	28
4.1	Pengumpulan Data Penelitian	28
4.2	Analisis Sentimen	30
4.3	Analisis Struktur Jaringan Sosial	33
4.4	Simulasi Numerik	35
BAB V	KESIMPULAN	40
5.1	Kesimpulan	40
	DAFTAR PUSTAKA	42
	LAMPIRAN	44
	DAFTAR RIWAYAT HIDUP	71

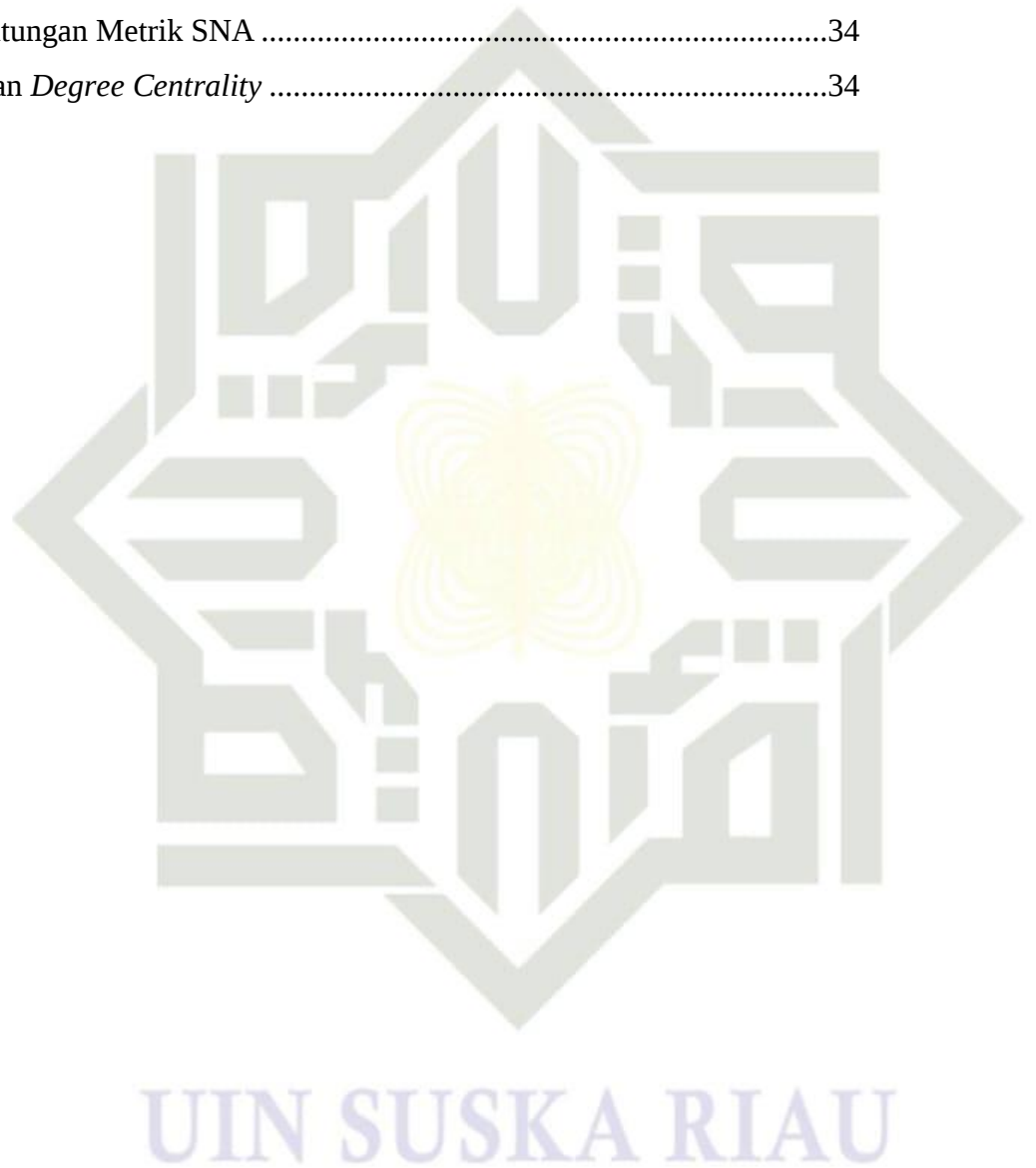


Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

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 UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Daftar Variabel Model SEIRS	17
Tabel 2.2 Daftar Parameter Model SEIRS	17
Tabel 4.1 Data Penelitian	28
Tabel 4.2 Perhitungan Metrik SNA	34
Tabel 4.3 Urutan <i>Degree Centrality</i>	34





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 UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Kurva-S Difusi	8
Gambar 2.2 Arsitektur <i>Transformer</i> dan Alur <i>Scaled Dot-Product</i>	10
Gambar 2.3 Arsitektur Model BERT	11
Gambar 2.4 Arsitektur Pre-Training dan Fine-Tuning	12
Gambar 2.5 Tipe Jaringan Sosial	14
Gambar 3.1 <i>Flowchart</i> Penelitian	27
Gambar 4.1 Grafik Batang Distribusi Sentimen	30
Gambar 4.2 Analisis <i>Word Cloud</i>	31
Gambar 4.3 Hasil <i>Confucion Matrix</i>	32
Gambar 4.4 Hasil <i>Confusion Matrix</i>	32
Gambar 4.5 Konstruksi Model Jaringan	33
Gambar 4.6 Hasil Simulasi Numerik	35
Gambar 4.7 Hasil Simulasi Dinamika SEIRS	36
Gambar 4.8 Hasil Simulasi Penyebaran	36

**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 UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Menurut laporan *We Are Social* (2025), terdapat lebih dari 5,24 miliar pengguna internet global dengan 63,9% di antaranya aktif menggunakan media sosial setiap hari [1]. Di Indonesia, pengguna media sosial mencapai 143 juta jiwa atau setara dengan 50,2% dari total populasi [2]. Keadaan ini menjadikan media sosial sebagai ruang besar dalam penyebaran informasi sekaligus lahan subur bagi munculnya fenomena negatif berupa maraknya ujaran kebencian (*hate speech*). Penyebaran ujaran kebencian (*hate speech*) merupakan fenomena sosial yang kompleks dan berdampak signifikan pada stabilitas sosial, baik di tingkat masyarakat umum maupun dalam lingkungan institusional. Fenomena ini sering kali meningkat pada momen-momen kritis seperti ketika seseorang memperoleh jabatan, mengalami konflik, atau menjadi sorotan publik.

Kajian mengenai ujaran kebencian (*hate speech*) sejauh ini masih didominasi oleh pendekatan psikologis [3] dan komunikasi [4], sementara pendekatan matematis masih jarang dikembangkan. Secara struktural, penyebaran ujaran kebencian (*hate speech*) dapat dimodelkan serupa dengan penyebaran penyakit atau informasi dalam jaringan sosial. Dengan menggunakan pendekatan matematika seperti teori graf dan model epidemi, dinamika penyebaran dapat dianalisis dan diprediksi. Terlebih lagi, integrasi dengan teknologi *sentiment classification* dari bidang *Natural Language Processing* (NLP) akan memperkaya model melalui deteksi isi pesan yang menyebar.

Sejumlah penelitian telah mengembangkan model matematis mengenai penyebaran dan pemrosesan konten di media sosial. diantaranya yaitu penelitian [5] menggabungkan analisis graf dengan model epidemi, hasilnya *node* dengan *degree* dan *betweenness* tinggi memiliki kontribusi terbesar dalam memperluas distribusi ujaran kebencian (*hate speech*). Model *SIS* yang digunakan menunjukkan bahwa ketika tingkat transmisi lebih besar dari tingkat pemulihan, ujaran kebencian (*hate speech*) akan terus bertahan dan menyebar secara stabil.



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 UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Selanjutnya pada penelitian [6] menggabungkan dua pendekatan *differential equation* dan SEIRS yang hasilnya menunjukkan bahwa peningkatan laju pemulihan, edukasi digital, atau verifikasi informasi dapat menurunkan penyebaran misinformasi secara signifikan. Pada saat yang sama, teknologi analisis sentimen berbasis *Natural Language Processing* (NLP) semakin maju dengan hadirnya model *deep learning* seperti BERT, RoBERTa, dan *transformer multilingual* yang terbukti efektif mendeteksi ujaran kebencian dengan akurasi tinggi [7][8][9].

Berdasarkan latar belakang ini, kesenjangan utama pada studi [5] adalah penggunaan model epidemiologi SIS (*Susceptible-Infectious-Susceptible*). Model SIS dianggap terlalu sederhana karena tidak mengakomodasi kenyataan bahwa individu yang telah pulih (*Recovered/R*) masih dapat kembali terpapar (*Susceptible/S*) seiring dengan munculnya berita atau narasi baru. Selain itu, penambahan kompartemen (*Exposed/E*) sangat krusial dalam konteks psikologi sosial sebagai fase inkubasi ideologis. Pada fase ini individu sudah terhasut namun belum aktif menyebarkan, sebuah fase laten yang sering diabaikan dalam model SIS sederhana. Kelemahan lainnya pada studi terdahulu [6] adalah penggunaan asumsi *homogeneous mixing* yang memandang setiap individu memiliki peluang interaksi yang seragam. Padahal, realitas jaringan sosial bersifat *scale-free* (heterogen), di mana keberadaan *hub* atau *influencer* memiliki peran *disproporsional* dalam percepatan penyebaran yang tidak dapat ditangkap oleh model kompartemen standar. Oleh karena itu, penelitian ini mengadopsi model SEIRS pada jaringan *scale-free* untuk mengatasi keterbatasan tersebut.

Meskipun studi [6] menggunakan Model SEIRS yang lebih maju, kelemahannya terletak pada sumber data yang masih berupa asumsi, bukan data aktual dari platform media sosial. Sementara itu, studi [5] yang mengolah data menggunakan alat analisis sentimen VADER juga memiliki kelemahan karena VADER merupakan *machine learning* yang berbasis Bahasa Inggris. Mengingat lokasi penelitian berada di Indonesia dengan data berbahasa Indonesia, penggunaan VADER dinilai kurang akurat. Oleh karena itu, penelitian ini mengganti VADER dengan model *pre-trained* berbasis Bahasa Indonesia, yaitu



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 UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

IndoBERT. IndoBERT adalah hasil modifikasi dari BERT (*Bidirectional Encoder Representations from Transformers*) yang dilatih khusus untuk bahasa Indonesia.

Model matematis SEIRS membutuhkan input numerik berupa jumlah individu di setiap kompartemen (S , E , I , R) untuk simulasi dinamikanya, sedangkan data mentah dari media sosial berupa teks komentar berupa kata/kalimat. Dalam hal ini, IndoBERT memainkan peran sebagai jembatan. IndoBERT akan mengolah data teks komentar menjadi klasifikasi sentimen (Positif, Netral, Negatif). Klasifikasi ini kemudian diquantifikasi menjadi jumlah angka yang dapat diintegrasikan sebagai input awal atau parameter dinamis ke dalam model SEIRS. Integrasi ini memungkinkan simulasi penyebaran ujaran kebencian yang didasarkan pada data sentimen aktual dari media sosial, sehingga menghasilkan pemodelan yang lebih kuat dan berbasis bukti empiris.

Berdasarkan kondisi ini, maka diperlukan pendekatan baru yang secara eksplisit menyatukan teori graf untuk merepresentasikan topologi jaringan, klasifikasi sentimen untuk memberikan bobot pada konten, dan model epidemi untuk menggambarkan dinamika penyebaran dari satu individu ke individu lainnya. Penggabungan ketiga komponen ini diharapkan mampu memodelkan penyebaran ujaran kebencian secara lebih realistis. Oleh karena itu, penulis tertarik untuk melakukan sebuah penelitian dengan judul *Dinamika Penyebaran Ujaran Kebencian pada Jaringan Scale-Free: Integrasi Model SEIRS Berbasis Node dan Estimasi Parameter via IndoBERT*.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang, maka penulis merumuskan masalah penelitian sebagai berikut:

1. Bagaimana konstruksi model matematika SEIRS berbasis *node* (*Node-Based SEIRS*) yang merepresentasikan dinamika penyebaran ujaran kebencian pada jaringan sosial dengan topologi *scale-free*?
2. Bagaimana formulasi konversi proporsi hasil klasifikasi sentimen (Positif, Negatif, Netral) dari model IndoBERT menjadi nilai parameter laju transmisi (β) dan laju pemulihan (γ) dalam model matematika?



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 UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

3. Bagaimana analisis kestabilan titik kesetimbangan bebas ujaran kebencian (*Disease-Free Equilibrium*) dan penentuan Bilangan Reproduksi Dasar (R_0) menggunakan metode *Next Generation Matrix*?

4. Bagaimana perbandingan efektivitas strategi intervensi antara pendekatan struktural (pemblokiran aktor sentral) dan pendekatan konten (peningkatan sentimen positif) dalam menurunkan nilai R_0 ?

1.3 Batasan Masalah

Agar penelitian ini lebih fokus, maka batasan penelitian ditetapkan sebagai berikut:

1. Data yang digunakan berupa data teks komentar (*tweets/replies*) berbahasa Indonesia dari platform media sosial X(Twitter) yang dikumpulkan menggunakan metode *crawling* berdasarkan kata kunci isu sosial dan politik. Data diperlakukan sebagai satu kesatuan himpunan (*aggregate dataset*) dalam periode tertentu.
2. Model epidemiologi yang digunakan adalah SEIRS (*Susceptible-Exposed-Infectious-Recovered-Susceptible*) berbasis *node* (*Individual-Based Model*).
3. Jaringan sosial dikonstruksi berdasarkan interaksi antar pengguna (*reply/retweet*) yang diasumsikan bersifat statis (topologi tidak berubah selama simulasi). Jaringan diasumsikan memenuhi karakteristik jaringan bebas skala (*Scale-Free Network*) yang divalidasi menggunakan distribusi derajat hukum pangkat (*Power Law*).
4. Klasifikasi teks menggunakan *Pre-trained* IndoBERT yang di *fine-tuning* untuk tiga kelas sentimen (positif, negatif, dan netral). Sentimen negatif dikonversi menjadi parameter laju transmisi (β), sedangkan gabungan sentimen positif dan netral dikonversi menjadi parameter laju pemulihan (γ).

1.4 Tujuan Penelitian

Sejalan dengan rumusan masalah, penelitian ini bertujuan sebagai berikut :

1. Mengonstruksi sistem persamaan diferensial SEIRS berbasis *node* yang mengakomodasi heterogenitas matriks adjacency pada jaringan *scale-free*.
2. Menghitung nilai parameter model (β dan γ) secara empiris berdasarkan persentase distribusi sentimen yang dihasilkan oleh klasifikasi IndoBERT.



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 UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

3. Menentukan nilai Bilangan Reproduksi Dasar (R_0) sebagai indikator ambang batas penyebaran dan menganalisis kestabilan titik ekuilibrium model menggunakan metode *Next Generation Matrix*.
4. Menganalisis dampak perubahan struktur jaringan (penghapusan simpul/*hub*) dan perubahan komposisi sentimen terhadap penurunan potensi wabah ujaran kebencian melalui simulasi numerik.

1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi baik dari aspek pengembangan ilmu pengetahuan maupun penerapan praktis, sebagai berikut:

a. Manfaat Teoretis

1. Penelitian ini memperkaya literatur Matematika Terapan dengan mengimplementasikan model epidemiologi SEIRS berbasis *node (Node-Based)* pada topologi jaringan *scale-free*. Hal ini mengisi celah literatur yang selama ini didominasi oleh pendekatan *homogeneous mixing* (populasi tercampur rata) yang kurang realistis untuk fenomena media sosial.
2. Penelitian ini menawarkan pendekatan metodologis baru dalam pemodelan sistem dinamis, yaitu penggunaan teknik *Deep Learning* (IndoBERT) untuk mengestimasi parameter laju transmisi (β) dan pemulihan (γ) secara empiris (*data-driven*).

3. Memberikan bukti empiris mengenai peran metrik sentralitas (*Centrality Measures*) dan hukum pangkat (*Power Law*) dalam mempengaruhi ambang batas epidemik (R_0) penyebaran informasi negatif di jejaring sosial berbahasa Indonesia.

b. Manfaat Praktis

1. Hasil penelitian berupa nilai Bilangan Reproduksi Dasar (R_0) dapat digunakan sebagai indikator kuantitatif untuk mendeteksi potensi (ledakan) konflik sosial atau ujaran kebencian secara dini, sehingga pembuat kebijakan dapat mengambil langkah preventif sebelum isu menjadi tidak terkendali (endemik).
2. Melalui simulasi skenario intervensi, penelitian ini memberikan rekomendasi strategi mitigasi yang paling efisien bagi pengelola platform media sosial.



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 UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Penelitian ini dapat membuktikan secara matematis apakah pemblokiran akun sentral (*influencer/buzzer*) lebih efektif dibandingkan penyebaran kontra-narasi massal, sehingga alokasi sumber daya moderasi dapat dilakukan dengan lebih tepat sasaran.

3. Memberikan wawasan kepada masyarakat dan pegiat literasi digital mengenai mekanisme (inkubasi ideologis) fase (*Exposed*) dan pentingnya memutus rantai penyebaran di tingkat individu untuk menurunkan probabilitas penularan kolektif.

1.6 Sistematika Penelitian

Penulisan laporan tugas akhir ini disusun dengan sistematika sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini mengemukakan latar belakang penelitian, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian dan sistematika penulisan.

BAB II LANDASAN TEORI

Bab ini mencakup berbagai teori yang akan digunakan sebagai dasar teori dalam penelitian ini.

BAB III METODE PENELITIAN

Bab ini menjelaskan cara yang akan diterapkan atau langkah-langkah yang diambil oleh penulis untuk mengatasi permasalahan.

BAB IV PEMBAHASAN

Bagian ini membahas tahapan-tahapan yang dilakukan oleh penulis untuk memperoleh hasil yang sesuai dengan rumusan masalah yang telah ditetapkan.

BAB V PENUTUP

Bab ini berisikan kesimpulan dan saran dari hasil penelitian.



BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Dinamika Ujaran Kebencian

2.1.1 Definisi *Hate Speech* dan Klasifikasi Sentimen

Ujaran kebencian (*hate speech*) didefinisikan sebagai bentuk ekspresi komunikasi yang menyerang, merendahkan, atau memicu kekerasan terhadap individu atau kelompok berdasarkan atribut identitas seperti ras, agama, etnis, orientasi seksual, atau pandangan politik [10]. Dalam konteks media sosial, ujaran kebencian memiliki karakteristik viralitas yang tinggi karena didorong oleh algoritma platform yang memprioritaskan keterlibatan emosional pengguna.

Untuk keperluan pemodelan matematika, konten tekstual di media sosial tidak dipandang sebagai data kualitatif semata, melainkan dikuantifikasi melalui klasifikasi sentimen. Dalam penelitian ini, sentimen dikategorikan ke dalam tiga kelas yang berkorelasi langsung dengan status kompartemen epidemiologi [11]:

1. Sentimen negatif (*Infectious*): Konten yang memuat provokasi, penghinaan, atau narasi permusuhan. Dalam model matematika, proporsi sentimen ini merepresentasikan individu infeksius (I) yang menjadi sumber penularan (β).
2. Sentimen positif (*Recovered/Counter-Narrative*): Konten yang berisi dukungan moral, klarifikasi fakta, atau narasi edukatif yang melawan kebencian. Keberadaan sentimen ini berkontribusi pada laju pemulihan (γ) dan imunitas komunitas.
3. Sentimen netral (*Susceptible/Removed*): Konten yang bersifat informatif, tidak memihak, atau tidak relevan dengan konflik. Individu yang memproduksi konten ini dianggap rentan (S) karena belum mengambil sikap atau telah keluar dari pusaran konflik.

2.1.2 Teori Difusi Informasi dan *Complex Contagion*

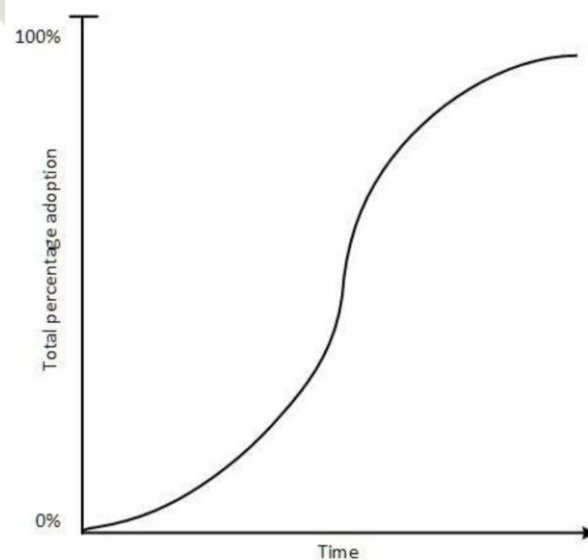
Mekanisme penyebaran ujaran kebencian dalam jaringan sosial dapat dijelaskan melalui Teori Difusi Inovasi (*Diffusion of Innovations Theory*) yang

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 UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

dikemukakan oleh Rogers (1962). Teori ini menjelaskan bagaimana sebuah ide atau perilaku baru menyebar melalui unit-unit dalam suatu sistem sosial dari waktu ke waktu, yang umumnya mengikuti pola kurva-S (lambat di awal, meledak secara eksponensial, lalu melambat saat jenuh) [12].

Berbeda dengan penyebaran virus biologis yang bersifat *Simple Contagion* (cukup satu kontak untuk menularkan), penyebaran perilaku sosial seperti ujaran kebencian lebih tepat dijelaskan sebagai penularan yang kompleks (*Complex Contagion*). Konsep ini menyatakan bahwa individu membutuhkan konfirmasi sosial dari banyak sumber (multipel interaksi) sebelum mengadopsi suatu perilaku atau menyebarkan informasi tersebut [3]. Dalam kerangka model matematis berbasis *node* (*node-based*), fenomena *complex contagion* ini direpresentasikan oleh suku interaksi kumulatif ($\sum A_{ij}I_j$), di mana probabilitas individu untuk terpapar ($S \rightarrow E$) bergantung pada jumlah total tetangga yang telah terinfeksi dalam jaringan lokalnya, bukan sekadar keberadaan virus di populasi global.



Gambar 2.1 Kurva-S Difusi

2. Pemrosesan Bahasa Alami

2.1 Konsep Transformer dan Self-Attention

Sebelum diperkenalkannya arsitektur *transformer*, standar dalam pemrosesan data sekuensial dipegang oleh *Recurrent Neural Networks* (RNN) dan



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 UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

variannya, *Long Short-Term Memory* (LSTM). Namun, kedua arsitektur ini memiliki kelemahan yang bersumber dari mekanisme pemrosesan data secara sekuensial (berurutan). Dalam RNN dan LSTM, komputasi representasi kata pada langkah waktu saat ini (h_t) sangat bergantung pada hasil komputasi langkah sebelumnya (h_{t-1}). Ketergantungan ini mengakibatkan dua kendala fatal. Pertama, hambatan dalam paralelisasi komputasi, karena proses tidak dapat dilakukan secara serentak, waktu pelatihan model menjadi sangat lambat dan tidak efisien meski menggunakan perangkat keras (GPU) berkinerja tinggi. Kedua, ketidakmampuan menangkap ketergantungan jarak jauh (*long-range dependencies*). Pada kalimat atau dokumen yang panjang, informasi kontekstual dari kata-kata awal sering kali melemah atau hilang saat model mencapai akhir urutan. Fenomena ini dikenal sebagai masalah gradien menghilang (*vanishing gradient problem*) sehingga hubungan semantik antar-kata yang berjauhan gagal dipahami secara utuh.

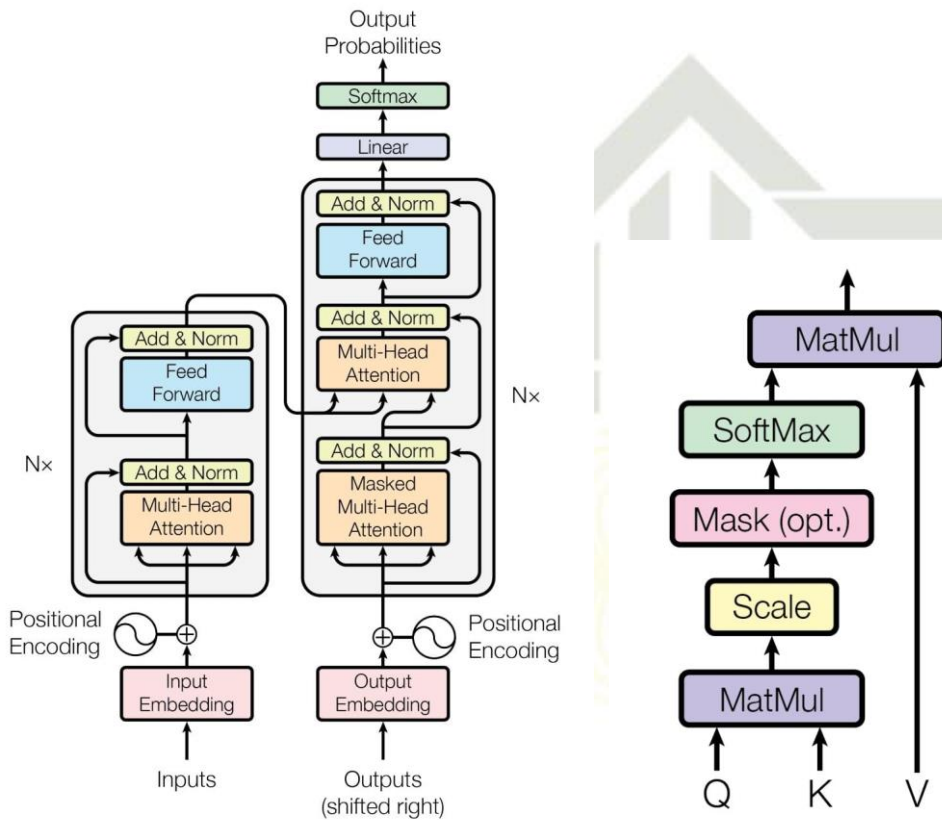
Arsitektur Transformer yang diperkenalkan oleh [13] dikembangkan secara spesifik untuk mengatasi kedua masalah tersebut. *Transformer* menghilangkan mekanisme rekurensi sepenuhnya dan menggantinya dengan mekanisme perhatian diri (*Self-Attention*). Korelasi utamanya terletak pada perubahan pemrosesan. Jika RNN/LSTM membaca kalimat secara horizontal (kata demi kata), *transformer* membaca seluruh kalimat secara global sekaligus. Hal ini memungkinkan pemrosesan paralel total dan kemampuan menangkap hubungan antar-kata tanpa memandang jarak posisinya dalam kalimat. Hubungan antara *transformer* dan *self-attention* adalah bahwa *transformer* merupakan kerangka arsitekturnya, sedangkan *self-attention* sebagai mesin penggerak utamanya. Tanpa *self-attention*, *transformer* tidak dapat menghitung relevansi antar-kata secara simultan.

Secara matematis, untuk setiap kata dalam kalimat input, model membangkitkan tiga vektor representasi: vektor *Query* (Q), *Key* (K), dan *Value* (V). Bobot perhatian dihitung menggunakan fungsi *Scaled Dot-Product Attention*, yang dinormalisasi menggunakan fungsi *softmax* sebagai berikut:

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 UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumpukan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

$$Attention(Q, K, V) = softmax\left(\frac{QK^T}{\sqrt{d_k}}\right)V \quad (2.1)$$



Gambar 2.2 Arsitektur Transformer dan Alur Scaled Dot-Product

2.2.2 Arsitektur IndoBERT

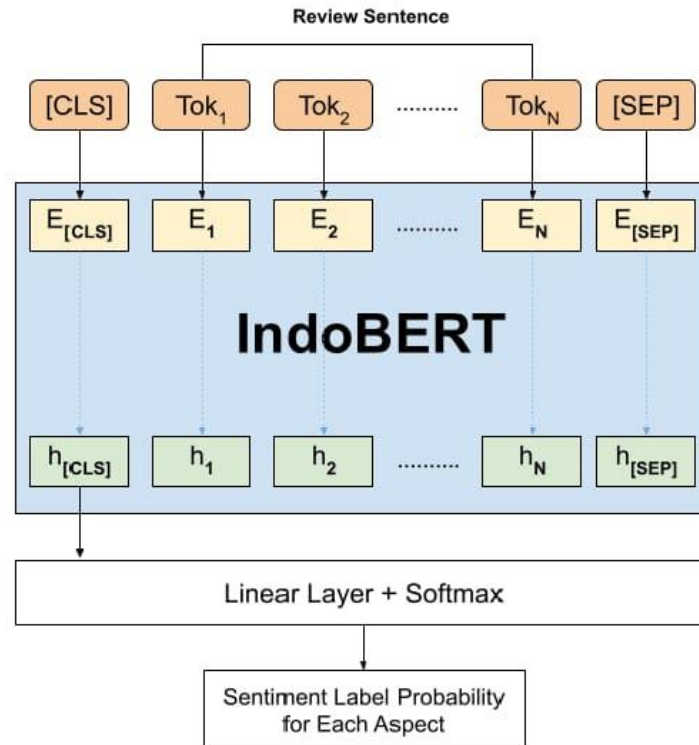
BERT (*Bidirectional Encoder Representations from Transformers*) adalah model bahasa berbasis tumpukan *encoder transformer* yang dilatih dengan pendekatan dua arah (*bidirectional*). Hal ini memungkinkan model memahami konteks suatu kata berdasarkan kata-kata sebelum dan sesudahnya secara simultan.

Dalam penelitian ini, digunakan varian IndoBERT, yaitu model BERT yang telah dilatih awal (*pre-trained*) menggunakan korpus data masif berbahasa Indonesia (Indo4B), yang mencakup teks formal dari berita dan ensiklopedia,

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 UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

serta teks informal dari media sosial. Arsitektur IndoBERT terdiri dari 12 lapisan *transformer (layers)*, 768 dimensi tersembunyi (*hidden states*), dan 12 kepala perhatian (*attention heads*), dengan total sekitar 110 juta parameter [14].

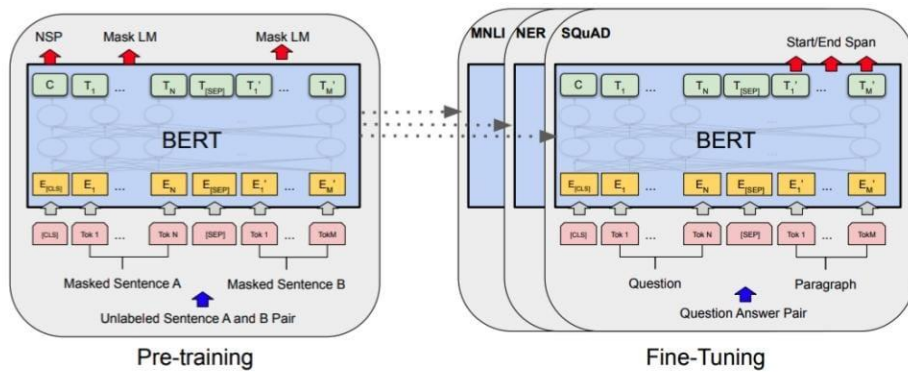


Gambar 2.3 Arsitektur Model BERT

Penggunaan IndoBERT krusial dalam penelitian ini karena kemampuannya menangani struktur bahasa Indonesia, termasuk istilah *slang* yang dominan dalam ujaran kebencian di media sosial, yang sering kali gagal ditangkap oleh model berbasis leksikon atau BERT *multilingual* standar. Model ini di-*fine-tuning* dengan menambahkan lapisan klasifikasi (*dense layer*) di atas token spesial [CLS] untuk memprediksi label sentiment.

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 UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



Gambar 2.4 Arsitektur Pre-Training dan Fine-Tuning

22.3 Evaluasi Kinerja Klasifikasi

Untuk memvalidasi keandalan estimasi parameter model matematika, kinerja model klasifikasi IndoBERT dievaluasi menggunakan matriks konfusi (*Confusion Matrix*). Matriks ini memetakan hasil prediksi model terhadap label aktual ke dalam empat komponen: *True Positive (TP)*, *True Negative (TN)*, *False Positive (FP)*, dan *False Negative (FN)*.

Berdasarkan komponen tersebut, kinerja model diukur menggunakan dua metrik utama:

1. Akurasi (*Accuracy*): Mengukur rasio prediksi benar terhadap total data.

$$Accuracy = \frac{TP + TN}{TP + TN + FP + FN} \quad (2.2)$$

2. *F1-Score*: Mengingat data ujaran kebencian sering kali tidak seimbang (*imbalanced*), akurasi semata dapat menjadi bias. Oleh karena itu, digunakan *F1-Score* yang merupakan rata-rata harmonik dari *Precision* dan *Recall*.

$$Precision = \frac{TP}{TP + FP}, \quad Recall = \frac{TP}{TP + FN} \quad (2.3)$$



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 UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

$$F1 - Score = 2 \times \frac{Precision \times Recall}{Precision + Recall} \quad (2.4)$$

2.3 Teori Graf dan Jaringan Kompleks

2.3.1 Definisi Graf dan Matriks Adjacency

Jaringan sosial direpresentasikan sebagai graf berarah $G = (V, E)$, di mana $V = \{v_1, v_2, \dots, v_N\}$ adalah himpunan simpul (*vertex/nodes*) yang merepresentasikan interaksi pengguna, dan $E \subseteq V \times V$ adalah himpunan sisi (*edges*) yang merepresentasikan interaksi (*reply/retweet*). Struktur konektivitas graf direpresentasikan secara aljabar oleh matriks adjacency A berukuran $N \times N$, dengan elemen:

$$A_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{Jika terdapat interaksi antara simpul } i \text{ dan } j \\ 0 & \text{Jika tidak ada interaksi} \end{cases}$$

Dalam konteks model epidemiologi berbasis *node* (*node-based*), matriks A berperan sebagai operator linier yang memetakan status infeksi tetangga ke probabilitas infeksi individu. Suku interaksi $\sum_{j=1}^N A_{ij} I_j$ dalam persamaan diferensial merepresentasikan tekanan infeksi lokal yang diterima oleh individu i hanya dari tetangga-tetangganya yang terhubung.

2.3.2 Karakteristik *Scale-Free* dan Hukum Pangkat ($P(k)$)

Jaringan sosial nyata seperti X , memiliki topologi yang tidak acak (*random*), melainkan mengikuti distribusi bebas skala (*Scale-Free*) [15]. Karakteristik utama jaringan ini adalah distribusi derajat simpul (k) yang mengikuti hukum pangkat (*Power law Distribution*):

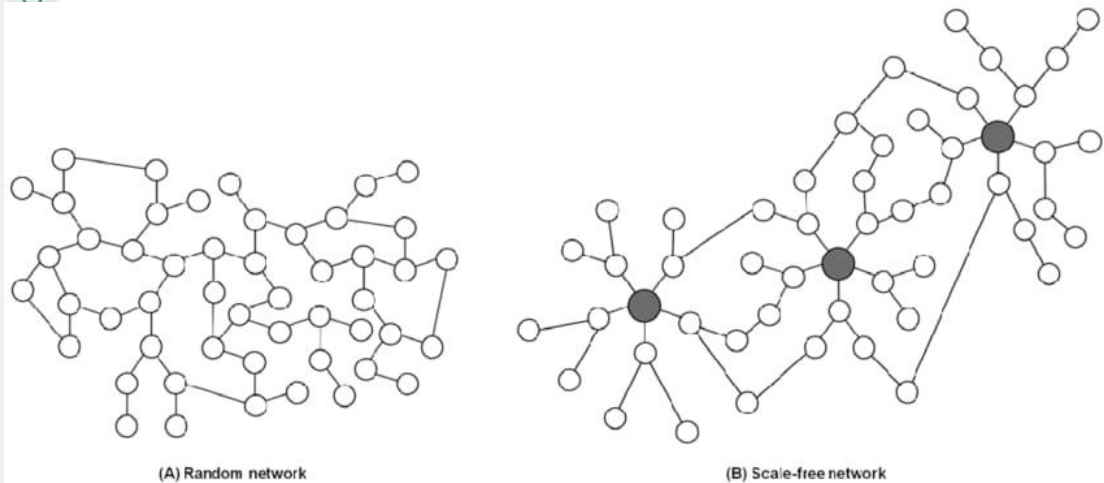
$$P(k) \sim k^{-\gamma} \quad (2.5)$$

Di mana γ adalah eksponen pangkat ($2 < \gamma < 3$). Hal ini mengimplikasikan keberadaan sejumlah kecil simpul dengan derajat sangat tinggi (*hubs/influencer*) dan mayoritas simpul dengan derajat rendah. Dalam konteks epidemiologi, keberadaan *hubs* menyebabkan ambang batas epidemi (R_0) menjadi

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 UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

sangat kecil, sehingga penyebaran informasi atau virus menjadi sangat cepat dan sulit dihentikan tanpa intervensi terarah.



Gambar 2.5 Tipe Jaringan Sosial

2.3.3 Metrik Sentralitas

Untuk mengidentifikasi aktor kunci dalam jaringan, digunakan ukuran sentralitas:

1. *Degree Centrality* (C_D): Mengukur jumlah koneksi langsung yang dimiliki simpul i . Dalam konteks penyebaran, simpul dengan derajat tinggi (*hubs*) adalah penyebar super (*superspreader*) lokal.

$$C_D(v_i) = \sum_{j=1}^N A_{ij} \quad (2.6)$$

2. *Betweenness Centrality* (C_B): Mengukur seberapa sering suatu simpul menjadi “jembatan” pada jalur terpendek (*shortest path*) antar simpul lain.

$$C_B(v) = \sum_{s \neq v \neq t} \frac{\sigma_{st}(v)}{\sigma_{st}} \quad (2.7)$$

Dimana σ_{st} adalah total jalur terpendek dari s ke t , dan $\sigma_{st}(v)$ adalah jumlah jalur tersebut yang melewati v . Simpul dengan C_B tinggi memiliki peran vital dalam mengontrol aliran informasi antar komunitas.



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 UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

3. *Closeness Centrality* (C_C): Mengukur kecepatan penyebaran informasi dari satu simpul ke seluruh simpul lain dalam jaringan. Didefinisikan sebagai kebalikan dari rata-rata panjang jalur terpendek (d) ke semua simpul lain.

$$C_C(v_i) = \frac{N - 1}{\sum_{j=1, j \neq i}^N d(v_i, v_j)} \quad (2.8)$$

Simpul dengan C_C tinggi adalah penyebar paling efisien untuk menjangkau seluruh populasi dalam waktu singkat.

4. *Eigenvector Centrality* (C_E): Mengukur pengaruh simpul berdasarkan kualitas koneksinya. Simpul dianggap penting jika terhubung dengan simpul lain yang juga penting. Secara matematis, C_E adalah elemen vektor eigen (x) yang bersesuaian dengan nilai eigen terbesar (λ_{max}) dari matriks adjacency A :

$$A_x = \lambda_{max}x \Rightarrow x_i = \frac{1}{\lambda_{max}} \sum_{j=1}^N A_{ij}x_j \quad (2.9)$$

Dalam konteks epidemiologi, simpul dengan C_E tinggi memiliki dampak terbesar terhadap ambang batas epidemi (R_0).

[16] menunjukkan bahwa integrasi fitur jaringan dengan pemodelan berbasis NLP meningkatkan akurasi klasifikasi ujaran kebencian, karena aktor-aktor kunci dalam jaringan umumnya memiliki kemampuan lebih besar dalam memperluas jangkauan pesan. Dengan demikian, teori graf menjadi dasar penting untuk memodelkan aliran informasi dalam penelitian ini.

2.4 Pemodelan Matematika Epidemiologi

2.4.1 Model Kompartemen Dasar

Penelitian ini mengadopsi kerangka kerja model kompartemen SEIRS (*Susceptible-Exposed-Infectious-Recovered-Susceptible*). Berbeda dengan model SIR standar, model ini memperkenalkan fase laten (*Exposed*) dan kemungkinan infeksi ulang (*Re-susceptibility*), yang lebih realistis untuk memodelkan dinamika opini atau informasi [17]. Populasi N dibagi menjadi empat kelas kompartemen berdasarkan status individu terhadap narasi ujaran kebencian:



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 UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

$$\frac{dS}{dt} = \delta R - \beta SI \quad (2.10)$$

$$\frac{dE}{dt} = \beta SI - \sigma E \quad (2.11)$$

$$\frac{dI}{dt} = \sigma E - \gamma I \quad (2.12)$$

$$\frac{dR}{dt} = \gamma I - \delta R \quad (2.13)$$

2.4.2 Sistem Persamaan Diferensial Node-Based

Kelemahan model kompartemen klasik adalah asumsi pencampuran homogen (*homogeneous mixing*), di mana setiap individu dianggap memiliki peluang interaksi yang sama rata. Untuk mengatasi hal ini, penelitian ini mengembangkan model SEIRS berbasis node (*Node-Based/Individual-Based Model*) yang mengintegrasikan matriks adjacency (A) untuk memetakan interaksi spesifik antar-individu. Dinamika sistem yang diamati adalah perubahan status pengguna media sosial dari waktu ke waktu (t). Oleh karena itu, variabel $S(t)$, $E(t)$, $I(t)$, dan $R(t)$ merepresentasikan jumlah akun pengguna yang berada dalam status masing-masing pada waktu tertentu. Ujaran kebencian diposisikan sebagai objek yang ditransmisikan (virus), sedangkan akun pengguna adalah inang (*host*) yang mengalami dinamika perubahan status akibat interaksi dalam jaringan.

Misalkan $S_i(t)$, $E_i(t)$, $I_i(t)$, $R_i(t)$ menyatakan probabilitas simpul i ($i = 1, \dots, N$) berada pada status masing-masing pada waktu t . Syarat normalisasi berlaku sebagai berikut:

$$S_i(t) + E_i(t) + I_i(t) + R_i(t) = 1 \quad (2.14)$$

Dinamika penyebaran pada setiap simpul i dimodelkan melalui sistem persamaan diferensial non-linier berikut :

$$\frac{dS_i}{dt} = \delta R_i - \beta S_i \sum_{j=1}^N A_{ij} I_j \quad (2.15)$$



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

$$\frac{dE_i}{dt} = \beta S_i \sum_{j=1}^N A_{ij} I_j - \sigma E_i \quad (2.16)$$

$$\frac{dI_i}{dt} = \sigma E_i - \gamma I_i \quad (2.17)$$

$$\frac{dR_i}{dt} = \gamma I_i - \delta R_i \quad (2.18)$$

Tabel 2.1 Daftar Variabel Model SEIRS

Variabel	Keterangan
S_i	Kelompok pengguna media sosial yang belum terpapar ujaran kebencian tetapi berpotensi untuk menerimanya (pengguna aktif yang rentan).
E_i	Kelompok pengguna yang telah melihat atau membaca <i>tweet</i> ujaran kebencian di linimasa (<i>timeline</i>) mereka, namun belum melakukan aksi penyebaran (belum <i>re-tweet</i> atau membalas). Ini adalah masa laten kognitif atau pemrosesan informasi.
I_i	Kelompok pengguna yang telah terpengaruh dan secara aktif menyebarkan (<i>re-tweet/reply</i>) konten ujaran kebencian. Kelompok ini adalah agen penular utama dalam jaringan.
R_i	Kelompok pengguna yang berhenti menyebarkan ujaran kebencian, baik karena kesadaran sendiri (efek kontra-narasi), kejenuhan isu, atau tindakan moderasi (pemblokiran). Namun, individu ini dapat kembali ke status rentan (S) seiring munculnya isu baru atau hilangnya efek jera.

Tabel 2.2 Daftar Parameter Model SEIRS

Parameter	Keterangan
$A_{ij} I_j(t)$	Suku ini merepresentasikan tekanan infeksi lokal. Probabilitas individu i bergantung pada tetangga-tetangganya (j) yang sedang dalam keadaan infeksius (I_j).



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 UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

β	Laju transmisi/infeksi, yang nilainya diestimasi dari proporsi sentiment negatif yang dideteksi oleh IndoBERT.
γ	Laju pemulihan, yang diestimasi dari proporsi sentimen positif dan netral.
σ	Laju transisi dan <i>Exposed</i> ke <i>Infectious</i> ($\frac{1}{\sigma}$ adalah rata-rata masa inkubasi). Berbeda dengan inkubasi biologis virus, masa inkubasi ($\frac{1}{\sigma}$) atau status <i>Exposed</i> (E) dalam penyebaran informasi merepresentasikan latensi kognitif dan algoritmik. Terdapat jeda waktu di mana pengguna memproses informasi, menimbang emosi, atau sekadar melihat konten di beranda (<i>feed</i>) tanpa langsung berinteraksi (<i>passive exposure</i>). Asumsi adanya fase transisi ini dinilai lebih realistis untuk memodelkan perilaku pengguna media sosial dibandingkan model SIR instan, karena tidak semua pengguna yang melihat konten akan langsung menyebarkannya detik itu juga.
δ :	Laju hilangnya kekebalan ($\frac{1}{\delta}$ adalah rata-rata durasi resistensi sebelum kembali rentan).

2. Analisis Kestabilan Sistem

2.1 Titik Ekuilibrium

Titik ekuilibrium (*equilibrium point*) adalah keadaan di mana sistem tidak mengalami perubahan terhadap waktu. Secara matematis, titik ekuilibrium $E^* = (S^*, E^*, I^*, R^*)$ diperoleh dengan mensubstitusikan turunan waktu pada sistem persamaan diferensial menjadi nol:

$$\frac{dS_i}{dt} = \frac{dE_i}{dt} = \frac{dI_i}{dt} = \frac{dR_i}{dt} = 0 \quad (2.19)$$

Dalam konteks epidemiologi sosial, terdapat dua jenis titik ekuilibrium utama yang dianalisis:

1. Titik ekuilibrium bebas ujaran kebencian (*Disease-Free Equilibrium-DFE*): Merepresentasikan kondisi ujaran kebencian musnah sepenuhnya dari



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 UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

jaringan. Pada kondisi ini, tidak ada individu yang berstatus *Infectious* (I) maupun *Exposed* (E) dalam populasi, sehingga seluruh populasi berada pada status *Susceptible* (S).

2. Titik ekuilibrium endemik (*Endemic Equilibrium-EE*): Merepresentasikan kondisi ujaran kebencian tetap bertahan dalam jaringan secara permanen. Pada kondisi ini, proporsi individu infeksius bernilai positif ($I^* > 0$), yang mengindikasikan bahwa penyebaran terus terjadi meskipun terdapat upaya pemulihan. Eksistensi titik ini bergantung pada nilai ambang batas R_0 .

2.5.2 Next Generation Matrix dan Bilangan Reproduksi Dasar (R_0)

Untuk menentukan kestabilan lokal dan ambang batas penyebaran, digunakan metode *Next Generation Matrix* (NGM). Metode ini memisahkan kompartemen yang terlibat dalam infeksi baru (*infected compartments: E dan I*) dari kompartemen lainnya.

Sistem dilinearisasi di sekitar DFE, dan matriks Jacobian dipisahkan menjadi dua matriks:

1. Matriks transmisi (F): Merepresentasikan laju munculnya infeksi baru.
2. Matriks transisi (V): Merepresentasikan perpindahan individu antar status (misalnya dari E ke I atau I ke R).

Bilangan Reproduksi Dasar (R_0) didefinisikan sebagai radius spektral (ρ) dari perkalian matriks (F) dan invers matriks (V):

$$R_0 = \rho(FV^{-1}) \quad (2.20)$$

Secara epidemiologis, R_0 mengukur rata-rata jumlah kasus sekunder (individu yang terhasut) yang dihasilkan oleh satu individu infeksius (penyedar *hate speech*) dalam populasi yang sepenuhnya rentan selama masa infeksiusnya.

1. Jika $R_0 < 1$, setiap penyebar menularkan ke kurang dari satu orang, sehingga wabah akan mereda
2. Jika $R_0 > 1$, wabah akan membesar dan menjadi endemik.



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 UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

2.6 Metode Numerik Rungge-Kutta Orde 4

Sistem persamaan diferensial non-linear yang kompleks, seperti model epidemiologi berbasis node dengan dimensi $4N$, umumnya tidak memiliki solusi analitik tertutup (*closed-form solution*). Oleh karena itu, pendekatan numerik diperlukan untuk mengaproksimasi solusi seiring berjalannya waktu. Metode Runge-Kutta Orde 4 (RK4) adalah salah satu metode iteratif yang paling banyak digunakan karena memiliki keseimbangan yang baik antara akurasi dan biaya komputasi.

Diberikan masalah nilai awal:

$$\frac{dy}{dt} = f(t, y), \quad y(t_0) = y_0 \quad (2.21)$$

Maka nilai y pada langkah waktu berikutnya ($t_{n+1} = t_n + h$) dihitung menggunakan rata-rata terbobot dari empat kemiringan (*slopes*):

$$y_{n+1} = y_n + \frac{h}{6}(k_1 + 2k_2 + 2k_3 + k_4) \quad (2.22)$$

Dimana:

$k_1 = f(t_n, y_n)$: kemiringan di awal interval.

$k_2 = f(t_n + \frac{h}{2}, y_n + \frac{h}{2}k_1)$: kemiringan di titik tengah interval (menggunakan k_1).

$k_3 = f(t_n + \frac{h}{2}, y_n + \frac{h}{2}k_2)$: kemiringan di titik tengah interval (menggunakan k_2).

$k_4 = f(t_n + h, y_n + hk_3)$: kemiringan di akhir interval.

Dalam penelitian ini, variabel y bukanlah skalar tunggal, melainkan vektor keadaan ($\mathbf{Y}$) yang berukuran $4N$ (mencakup status S, E, I, R untuk seluruh N simpul dalam jaringan).

Definisikan vektor keadaan sistem pada waktu t sebagai:

$$\mathbf{Y}(t) = [S_1(t), \dots, S_N(t), E_1(t), \dots, E_N(t), I_1(t), \dots, I_N(t), R_1(t), \dots, R_N(t)]^T \quad (2.23)$$

Dan fungsi derivatif sistem $\mathbf{F}(t, \mathbf{Y})$ merepresentasikan ruas kanan dari sistem persamaan diferensial model SEIRS (Sub-bab 2.4.2). Algoritma RK4 untuk memperbarui status seluruh jaringan dari waktu t_n ke t_{n+1} adalah:

$$\mathbf{Y}_{n+1} = \mathbf{Y}_n + \frac{h}{6}(\mathbf{K}_1 + 2\mathbf{K}_2 + 2\mathbf{K}_3 + \mathbf{K}_4) \quad (2.24)$$



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 UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Di mana koefisien K dihitung secara vektorisasi:

$K_1 = F(t_n, Y_n)$ menghitung laju pertumbuhan berdasarkan status sentimen dan topologi jaringan saat ini.

$K_2 = F(t_n + \frac{h}{2}, Y_n + \frac{h}{2} K_1)$ memprediksi status di pertengahan langkah waktu menggunakan laju awal K_1 .

$K_3 = F(t_n + h, Y_n + h K_2)$ memperbaiki prediksi status di pertengahan langkah menggunakan laju K_2 .

$K = F(t_n + h, Y_n + h K_3)$ memprediksi status di akhir langkah waktu menggunakan laju K_3 .



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 UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Desain Penelitian

Penelitian ini menerapkan pendekatan kuantitatif hibrida (*hybrid approach*) yang mengintegrasikan metode sains data (untuk ekstraksi parameter empiris) dan matematika terapan (untuk analisis dinamika sistem). Kerangka kerja penelitian dilaksanakan melalui empat tahapan utama yang berurutan:

1. Tahap *crawling* dan parsing data: Pengumpulan data mentah teks komentar dari media sosial X (*Twitter*) dan pemisahan dataset menjadi dua korpus terhubung, yaitu dataset tekstual (untuk sentimen) dan dataset relasional (untuk jaringan).
2. Tahap analisis sentimen (AI): Menggunakan pelabelan leksikon dan algoritma *Deep Learning* IndoBERT untuk mengestimasi parameter model epidemi.
3. Tahap analisis jaringan (Graf): Konstruksi topologi jaringan, validasi karakteristik *scale-free*, dan ekstraksi matriks interaksi.
4. Tahap pemodelan dan simulasi (Matematika): Konstruksi sistem persamaan diferensial dan simulasi numerik dinamika penyebaran ujaran kebencian.

3.2 Prosedur Analisis Sentimen

Tahapan ini bertujuan untuk mengolah data teks mentah menjadi parameter numerik laju transmisi (β) dan laju pemulihan (γ) melalui tujuh langkah prosedural.

Pengumpulan Data (*Data Crawling*)

Data dikumpulkan dari platform media sosial X (*Twitter*) menggunakan teknik *crawling*.

- a. Objek Data: Teks komentar yang memuat kata kunci terkait isu sosial-politik yang sedang tren.
- b. Atribut Data: *Username, Timestamp, Text Content*.



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 UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

- c. Penyimpanan: Data disimpan dalam format *.csv* (*Comma Separated Values*).

Pra-pemrosesan Data (*Pre-processing*)

Untuk menjamin kualitas input model, dilakukan pembersihan data melalui lima sub-tahapan:

1. Pembersihan (*Cleaning*): Menghapus elemen *noise* seperti URL, *mention* (@user), *hashtag* (#), angka, tanda baca, dan *emoji*. Tahapan ini dilakukan tanpa merusak struktur sintaksis kalimat. Tujuannya agar IndoBERT dapat menangkap konteks secara utuh tanpa terdistorsi oleh karakter sampah yang tidak relevan.
2. Penyesuaian kasus (*Case Folding*): Mengubah seluruh huruf menjadi huruf kecil (*lowercase*) untuk menyeragamkan karakter. Meskipun penggunaan huruf kapital dapat mengindikasikan penekanan emosi (baik amarah maupun antusiasme positif), langkah ini diterapkan untuk menyeragamkan variasi penulisan. Hal ini memastikan bahwa kata dengan makna yang sama (misalnya: “BAGUS” dan “bagus”) diperlakukan sebagai satu entitas token yang sama, sehingga model fokus pada polaritas sentimen (positif/negatif) dan bukan pada intensitas visual penulisan.
3. Normalisasi: Memperbaiki kata tidak baku (*typo*) atau bahasa gaul (*slang*) menjadi bentuk baku menggunakan kamus bahasa Indonesia. Langkah ini penting karena IndoBERT dilatih menggunakan data teks formal (Wikipedia), sehingga normalisasi membantu menjembatani celah antara bahasa informal Twitter dengan kosa kata model.
4. Tokenisasi (*Tokenizing*): Memecah kalimat menjadi unit kata individu (*tokens*) menggunakan pustaka *tokenizer* standar.
5. Penghapusan kata sambung (*Stopword Removal*): Menghapus kata hubung umum seperti “dan”, “yang”, “di” yang tidak memiliki bobot sentimen signifikan, guna memaksimalkan akurasi pelabelan leksikon. Kata-kata negasi (seperti “tidak”, “jangan”, “bukan”) tetap dipertahankan



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 UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

agar konteks kalimat tidak berubah makna (misalnya: dari “tidak suka” menjadi “suka” jika kata “tidak” dihapus).

Pelabelan Data Otomatis (*Lexicon-Based Labeling*)

Mengingat data hasil *crawling* tidak memiliki label (*unlabeled*), proses pelabelan dilakukan menggunakan metode berbasis leksikon. Setiap kata dalam data dicocokkan dengan kamus untuk mendapatkan skor polaritas. Skor total kalimat dihitung dari akumulasi skor kata penyusunnya

Aturan klasifikasi:

- a. Positif: jika skor total > 0 .
- b. Negatif: jika skor total < 0 .
- c. Netral: jika skor total $= 0$.

Ekstraksi Fitur (*Feature Extraction*)

Data teks yang telah bersih dikonversi menjadi representasi vektor numerik. Penelitian ini menggunakan *IndoBERT tokenizer* untuk mengubah teks menjadi *input IDs* dan *attention masks* yang memetakan kata ke dalam indeks kosa kata (*vocabulary*) model pra-latih.

Pembagian Dataset (*Splitting*)

Dataset berlabel dibagi menjadi dua bagian proporsional:

1. Data latih (*training set*): Sebesar 80% dari total data, digunakan untuk melatih bobot model *IndoBERT*.
2. Data uji (*testing set*): Sebesar 20% dari total data, digunakan untuk evaluasi performa model.

Algoritma *IndoBERT* (*Fine-Tuning*)

Model klasifikasi dibangun menggunakan arsitektur *IndoBERT-base*. Proses *fine-tuning* dilakukan dengan membarui bobot pada 12 lapisan *transformer* dan menambahkan lapisan klasifikasi (*fully connected layer*) pada *output* token [CLS].

Evaluasi Model dan Estimasi Parameter

Kinerja model dievaluasi pada data uji menggunakan matriks konfusi untuk menghitung akurasi, presisi, *recall*, dan *F1-Score*. Setelah model tervalidasi,



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 UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

proporsi sentimen prediksi digunakan untuk menentukan parameter model matematika:

- a. Parameter transmisi (β): Dihitung dari proporsi total sentimen negatif.
- b. Parameter pemulihan (γ): Dihitung dari proporsi total sentimen positif dan netral.

3.3 Prosedur Analisis Jaringan Sosial

1. Konstruksi Graf

Data interaksi (*reply/retweet*) dari tahap *crawling* diekstrak dalam format .gexf menjadi daftar sisi (*edge list*) dan diimpor ke perangkat lunak Gephi. Jaringan direpresentasikan sebagai graf berarah $G = (V, E)$.

2. Visualisasi dan Validasi Scale-Free

- 1 Visualisasi: menggunakan algoritma tata letak untuk memvisualisasikan kluster dan memisahkan simpul *hub* (pengaruh) dari simpul *leaf* (pengikut).
- 2 Validasi topologi: menghitung distribusi derajat $P(k)$ untuk membuktikan bahwa jaringan mengikuti distribusi *Power Law* ($P(k) \sim k^{-\gamma}$) yang mengonfirmasi karakteristik *scale-free*.

3. Ekstraksi Matriks Adjacency

Gephi digunakan untuk mengekspor struktur jaringan dalam bentuk matriks adjacency (A) berukuran $N \times N$, di mana elemen $A_{ij} = 1$ jika terdapat interaksi dari pengguna j ke i . Matriks ini menjadi input untuk simulasi di Python.

3.4 Prosedur Pemodelan Matematika

1. Konstruksi Sistem SEIRS Node-Based

Sistem persamaan diferensial dikonstruksi di Python dengan mengintegrasikan parameter β, γ (dari Tahap 3.2) dan matriks A (dari Tahap 3.3).

2. Penentuan Titik Ekuilibrium dan R_0

- 1 Analisis Ekuilibrium: Menentukan Titik Keseimbangan Bebas Penyakit (DFE) dan Endemik secara analitik.



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

© Hak cipta milik UIN Suska Riau

State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

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 UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

2 Kalkulasi R_0 : Menggunakan metode *Next Generation Matrix* (NGM) untuk menghitung radius spektral matriks sistem, guna menentukan ambang batas penyebaran wabah.

3 Simulasi Numerik

Simulasi dilakukan menggunakan Python dengan langkah-langkah:

1 Inisialisasi: Menetapkan kondisi awal di mana sebagian kecil simpul dengan *degree* tertinggi (*hub*) ditetapkan sebagai *Infectious*, sedangkan simpul lainnya *Susceptible*.

2 Iterasi: Menjalankan integrasi numerik dalam rentang waktu $t = 0$ hingga $t = T_{max}$.

3 Visualisasi: Menghasilkan grafik deret waktu $I(t)$ dan diagram fase (*phase portrait*) untuk analisis kestabilan.

4. Uji Skenario Intervensi

Simulasi dijalankan dengan memodifikasi variabel input untuk efektivitas strategi:

1. Intervensi struktural: Mensimulasikan pemblokiran akun dengan menghapus baris/kolom pada matriks A yang bersesuaian dengan aktor sentral (*hubs*).
2. Intervensi konten: Memodifikasi nilai β (menurunkan laju infeksi) dan γ (menaikkan laju pemulihan) sebagai simulasi edukasi literasi digital.

3. Instrumen Penelitian

Penelitian ini menggunakan perangkat keras dan lunak dengan spesifikasi sebagai berikut:

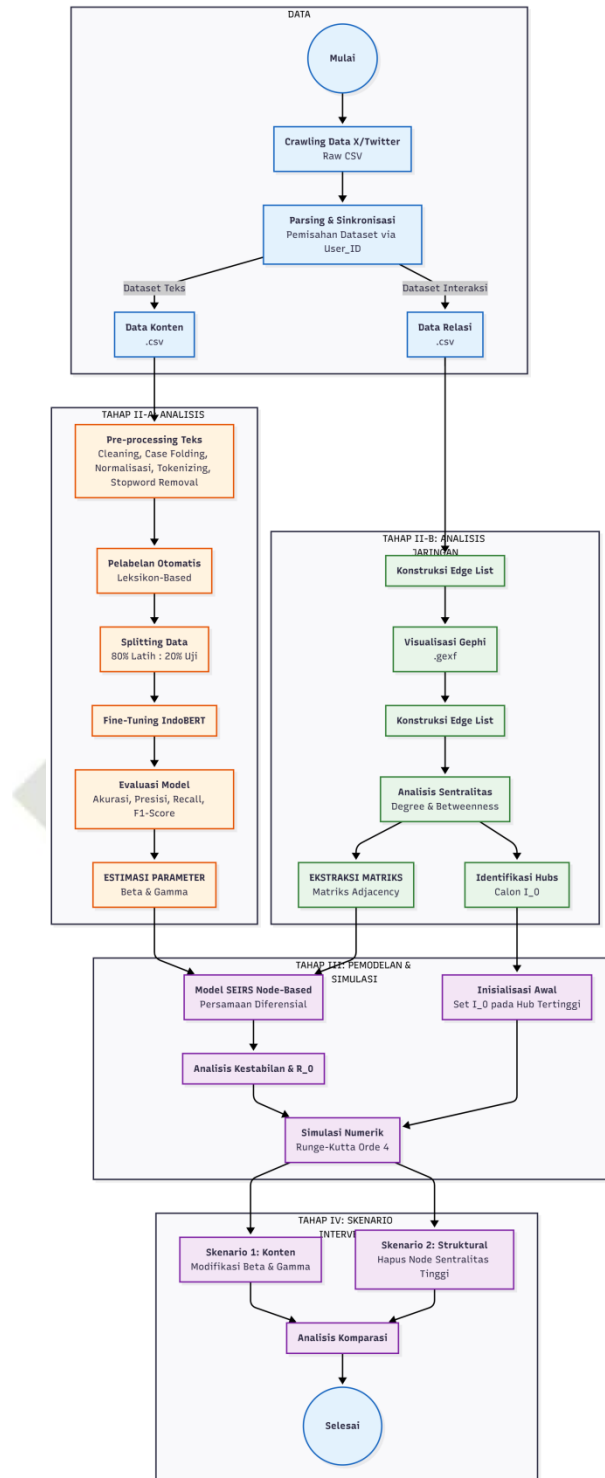
1. Perangkat Keras: Laptop dengan spesifikasi minimum RAM 4GB

2. Perangkat Lunak:

- a. Python (Google Colab): Untuk *crawling*, *pre-processing*, dan implementasi IndoBERT, serta simulasi numerik model matematika.
- b. Gephi : Untuk visualisasi graf dan analisis topologi.

Hak Cipta Diindungi 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 UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



Gambar 3.1 Flowchart Metode Penelitian



BAB V

KESIMPULAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan analisis klasifikasi sentimen terhadap 578 data tweet terkait isu pemilu, ditemukan bahwa dinamika opini publik memiliki karakteristik yang terpolarisasi namun didominasi oleh sentimen positif sebesar 48%, diikuti oleh sentimen negatif sebesar 38%, dan netral sebesar 14%. Dominasi sentimen positif mengindikasikan adanya optimisme publik terhadap transisi pemerintahan baru, namun persentase sentimen negatif yang cukup signifikan menunjukkan keberadaan potensi benih ujaran kebencian yang kuat. Secara linguistik, kelompok data negatif ini ditandai dengan penggunaan kata kunci sensitif terkait kebijakan fiskal dan etika politik, yang dalam model epidemiologi berfungsi sebagai pemicu awal yang mempercepat transisi status individu dari rentan menjadi terpapar dalam jaringan.

Model matematika yang terbentuk untuk merepresentasikan penyebaran ujaran kebencian adalah sistem persamaan diferensial SEIRS berbasis *node* (*Susceptible-Exposed-Infected-Recovered-Susceptible*) yang diintegrasikan dengan struktur jaringan *Scale-Free*. Estimasi parameter model dilakukan dengan mengonversi probabilitas hasil klasifikasi mesin pembelajaran menjadi parameter laju dinamis, di mana proporsi sentimen negatif dikalibrasi menjadi laju infeksi ($\beta = 0,38$) dan proporsi sentimen positif menjadi laju pemulihan ($\gamma = 0,48$). Integrasi ini terbukti mampu menjembatani data tekstual media sosial dengan parameter fisik epidemiologi, sehingga model tidak hanya merepresentasikan jumlah populasi, tetapi juga menangkap heterogenitas struktur interaksi antar pengguna yang direpresentasikan melalui matriks adjasensi dalam persamaan.

Analisis kestabilan titik kesetimbangan bebas ujaran kebencian (*Disease-Free Equilibrium*) yang dilakukan menggunakan metode *Next Generation Matrix* menunjukkan bahwa kestabilan sistem sangat bergantung pada nilai Bilangan Reproduksi Dasar (R_0). Secara matematis, titik kesetimbangan ini bersifat stabil



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 UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

asimtotik lokal jika nilai $R_0 < 1$, yang berarti ujaran kebencian akan mereda dan hilang dari jaringan seiring berjalannya waktu. Namun, hasil perhitungan pada jaringan *Scale-Free* menunjukkan bahwa nilai R_0 cenderung jauh lebih besar dari satu $R_0 > 1$ akibat tingginya variansi derajat koneksi ($\langle k^2 \rangle$). Hal ini mengindikasikan bahwa tanpa adanya intervensi, titik kesetimbangan bebas penyakit bersifat tidak stabil, sehingga ujaran kebencian secara alami akan berkembang menjadi kondisi endemik yang bertahan lama di dalam jaringan.

Berdasarkan hasil simulasi numerik yang membandingkan dua skenario intervensi, ditemukan perbedaan signifikan antara pendekatan struktural dan pendekatan konten dalam menurunkan potensi wabah. Pendekatan struktural melalui pemblokiran aktor sentral (*hubs*) terbukti jauh lebih efektif dalam menurunkan nilai R_0 secara drastis hingga di bawah ambang batas kritis, karena tindakan ini memutus jalur distribusi utama yang menopang konektivitas jaringan. Sebaliknya, pendekatan konten melalui peningkatan sentimen positif (kontra-narasi) hanya mampu menurunkan jumlah individu terinfeksi secara linear namun sulit untuk menekan R_0 hingga di bawah satu selama struktur jaringan *hub* masih utuh. Oleh karena itu, intervensi yang menargetkan topologi jaringan dinilai lebih efisien dibandingkan intervensi yang hanya berfokus pada parameter dinamis individu-individu.



DAFTAR PUSTAKA

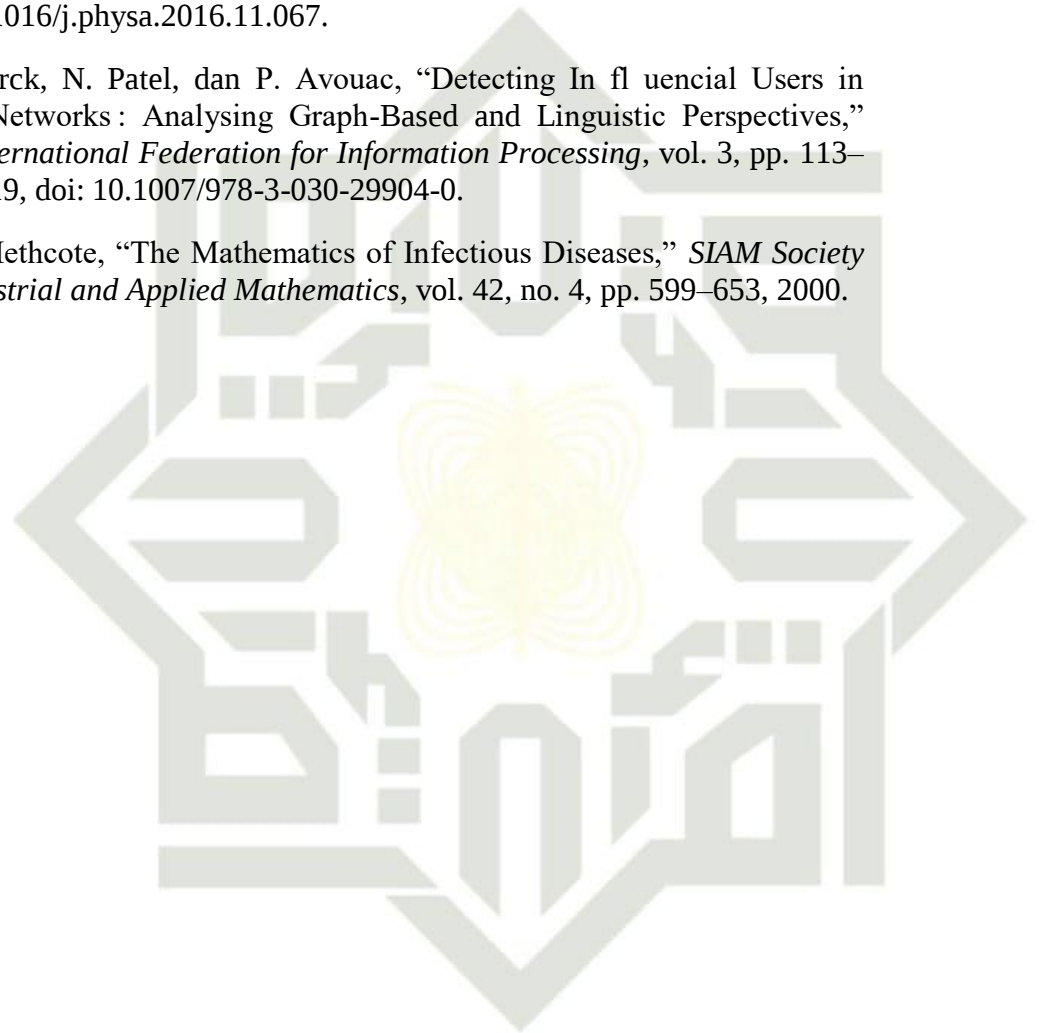
- [1] W. A. S. Meltwater, "Digital 2025: The Essential Guide to the Global State of Digital," We Are Social. Accessed: Oct. 05, 2025. [Online]. Available: <https://wearesocial.com/id/blog/2025/02/digital-2025-the-essential-guide-to-the-global-state-of-digital>
- [2] DataReportal, "Digital 2025: Indonesia," DataReportal. Accessed: Oct. 05, 2025. [Online]. Available: <https://datareportal.com/reports/digital-2025-indonesia>.
- [3] F. Lailatus, "Faktor Produksi Ujaran Kebencian melalui Media Sosial," *Psikologi PERSEPTUAL*, vol. 6, no. 1, pp. 1–15, 2021.
- [4] Y. A. Singgalen, "Pemilihan Metode dan Algoritma dalam Analisis Sentimen di Media Sosial: Systematic Literature Review," *Journal of Information System and Informatics*, vol. 3, no. 2, pp. 278–302, 2021.
- [5] J. L. Marpaung, R. Rangkuti, A. P. Lubis, dan W. Chaldun, "A Dynamic Simulation and Network Analysis of Hate Speech Propagation on Social Media: Integrating Mathematical Modeling and Digital Humanities," *IJETA International Journal of Savety and Security Engineering*, vol. 15, no. 5, pp. 925–935, 2025.
- [6] J. Teknik, I. C. I. T. Medicom, H. Fachri, dan S. Simbolon, "Modeling the dynamics of misinformation spread on social media platforms," *Jurnal Teknik Informatika C.I.T Medicom*, vol. 15, no. 6, pp. 297–305, 2024.
- [7] F. Dinarta dan A. Wicaksana, "Enhanced Hate Speech Detection in Indonesian-English Code-Mixed Texts Using XLM-RoBERTa," *Informatica (Slovenia)*, vol. 49, no. 21, pp. 45–56, 2025, doi: 10.31449/inf.v49i21.7713.
- [8] J. Fillies dan A. Paschke, "Youth language and emerging slurs: tackling bias in BERT-based hate speech detection," *AI and Ethics*, vol. 5, no. 4, pp. 3953–3965, 2025, doi: 10.1007/s43681-025-00701-z.
- [9] F. S. Amalia dan Y. Suyanto, "Offensive Language and Hate Speech Detection using BERT Model," *IJCCS (Indonesian Journal of Computing and Cybernetics Systems)*, vol. 18, no. 4, 2024, doi: 10.22146/ijccs.99841.
- [10] A. Budiman, "Perkembangan Demokrasi di Indonesia," *INFO*, vol. XV, no. 8, 2024.
- [11] J. Yadav, "Sentiment Analysis on Social Media," *Qeios*, pp. 1–10, 2023.
- [12] S. Papagiannidis, *Theoryhub book*. THEORYHUB BOOK, 2022.



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 UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

- [13] A. Vaswani, "Attention Is All You Need," *Google Brain*, no. Nips, 2023.
- [14] M. C. Kenton, L. Kristina, dan J. Devlin, "BERT : Pre-training of Deep Bidirectional Transformers for Language Understanding," *Association for Computational Linguistics*, pp. 4171–4186, 2019.
- [15] Q. Liu, T. Li, dan M. Sun, "The analysis of an SEIR rumor propagation model on heterogeneous network," *Physica A*, vol. 469, pp. 372–380, 2017, doi: 10.1016/j.physa.2016.11.067.
- [16] K. Deturck, N. Patel, dan P. Avouac, "Detecting Influential Users in Social Networks : Analysing Graph-Based and Linguistic Perspectives," *IFIP International Federation for Information Processing*, vol. 3, pp. 113–131, 2019, doi: 10.1007/978-3-030-29904-0.
- [17] H. W. Hethcote, "The Mathematics of Infectious Diseases," *SIAM Society for Industrial and Applied Mathematics*, vol. 42, no. 4, pp. 599–653, 2000.



UIN SUSKA RIAU



LAMPIRAN

1. Crawl Data

```
# Install pandas

!pip install -q pandas

# Update system & install dependencies
!sudo apt-get update -y
!sudo apt-get install -y ca-certificates curl gnupg

# Siapkan keyring directory
!sudo mkdir -p /etc/apt/keyrings

# Tambahkan GPG key NodeSource (resmi)
!curl -fsSL https://deb.nodesource.com/gpgkey/nodesource-
repo.gpg.key | \
    sudo gpg --dearmor -o /etc/apt/keyrings/nodesource.gpg

# Tambahkan repository Node.js 20 LTS
!echo "deb [signed-by=/etc/apt/keyrings/nodesource.gpg] \
    https://deb.nodesource.com/node_20.x nodistro main" | \
    sudo tee /etc/apt/sources.list.d/nodesource.list >
/dev/null

# Update lagi & install Node.js
!sudo apt-get update -y
!sudo apt-get install -y nodejs

# Cek versi Node dan npm
!node -v
!npm -v
```

```
!sudo apt-get update
!sudo apt-get install -y \
    libatk1.0-0 \
    libatk-bridge2.0-0 \
    libgbm1 \
    libasound2 \
    libxcomposite1 \
    libxdamage1 \
```

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 UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



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 UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

© H

```
libxrandr2 \
libx11-xcb1 \
libpangocairo-1.0-0 \
libpango-1.0-0 \
libcairo2 \
libgtk-3-0
```

```
!apt-get update
!apt-get install -y libatk1.0-0 libatk-bridge2.0-0 libgtk-3-0
libgbml
```

```
# Crawl Data Twitter dengan tweet-harvest
twitter_auth_token =
"ff8d27fb023cda7abf70edd455b60f9874726ba0" #bd #ganti dengan
auth-token anda
```

```
filename = "data_pilpres2024.csv"
search_keyword = "pilpres since:2024-09-22 until:2024-12-30
lang:id"
limit = 650
```

```
# Jalankan perintah dengan f-string agar variabel terbaca
dengan benar
```

```
!npx -y tweet-harvest@2.6.1 -o "{filename}" -s
"{search_keyword}" --tab "LATEST" -l {limit} --token
"{twitter_auth_token}"
```

```
import pandas as pd
```

```
file_path = f"tweets-data/{filename}"
```

```
df = pd.read_csv(file_path, delimiter=",")
```

```
df.info()
```

```
df.head(5)
```



2. Split Data Set

```
import pandas as pd

import re

# Anggap dataframe Anda bernama 'df'
# Pastikan tipe data ID dijadikan string dulu agar tidak error
df['id_str'] = df['id_str'].astype(str)
df['user_id_str'] = df['user_id_str'].astype(str)
df['conversation_id_str'] =
df['conversation_id_str'].astype(str)

# --- FUNGSI PENYELAMAT: EKSTRAK USERNAME DARI URL ---
def get_username_from_url(url):
    try:
        # Pola URL: https://twitter.com/username/status/123...
        # Kita ambil elemen setelah twitter.com/
        parts = url.split('/')
        # Biasanya username ada di indeks ke-3 (karena
        # 0=https:, 1="", 2=twitter.com, 3=username)
        return parts[3]
    except:
        return None

# Terapkan fungsi ke kolom 'tweet_url'
print("Sedang memulihkan username...")
df['username_fixed'] =
df['tweet_url'].apply(get_username_from_url)

# Cek hasilnya
print("Contoh username yang berhasil dipulihkan:")
print(df[['tweet_url', 'username_fixed']].head())

# --- FILTER DATA PENTING ---
df_final = df.drop(columns=['username', 'location',
                             'image_url'])
df_final = df_final.rename(columns={'username_fixed':
                                     'username'})

# Cek info terbaru
print("\nInfo Data Terbaru:")
df_final.info()
```

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 UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



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 UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



```
import pandas as pd

file_path = f"tweets-data/{filename}"

# --- PERBAIKAN 1: Tentukan tipe data ID sebagai String agar
# tidak rusak ---
dtype_settings = {
    'id_str': str,
    'conversation_id_str': str,
    'user_id_str': str,
    'in_reply_to_user_id_str': str # Jaga-jaga kalau ada kolom
    ini
}

# Baca CSV dengan setting dtype
df = pd.read_csv(file_path, delimiter=";",
dtype=dtype_settings)

# --- PERBAIKAN 2: Buang Kolom Sampah (Yang Kosong) ---
# axis=1 artinya buang kolom, bukan baris
# inplace=True artinya langsung ubah di variabel df tanpa buat
# variabel baru
df.drop(columns=['username', 'location', 'image_url'],
inplace=True, errors='ignore')

# Cek Info Lagi
print("=== INFO DATA SETELAH DIPERBAIKI ===")
df.info()

# Lihat contoh data
print("\n=== CONTOH DATA ===")
print(df[['user_id_str', 'full_text']].head())
```

3. Jaringan Sosial

```
import pandas as pd

import re

# =====
# BAGIAN 1: MEMUAT DATA
# =====
```



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 UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

```

# df = pd.read_csv(file_path, delimiter=",",
dtype={'user_id_str': str, 'id_str': str})

print("--- MEMULAI PROSES PEMBUATAN SNA ---")

# Pastikan ID adalah String (Teks) bukan Angka, supaya tidak
error
df['user_id_str'] = df['user_id_str'].astype(str)

# =====
# BAGIAN 2: EKSTRAKSI HUBUNGAN (EDGES)
# =====

def get_targets(row):
    targets = set()

    # 1. Ambil dari Reply (Siapa yang dibalas)
    if pd.notna(row['in_reply_to_screen_name']):
        targets.add(str(row['in_reply_to_screen_name']).lower())

    # 2. Ambil dari Mention di dalam teks (@username)
    text = str(row['full_text'])
    mentions = re.findall(r'@([A-Za-z0-9_]+)', text)
    for m in mentions:
        targets.add(m.lower())

    return list(targets)

print("Sedang menyusun hubungan antar akun...")

edge_list = []

for index, row in df.iterrows():

    source_node = row['user_id_str'].strip()

    target_nodes = get_targets(row)

    for target in target_nodes:
        # Filter: Jangan masukkan hubungan ke diri sendiri
        (Self-loop)
        if source_node != target:
            edge_list.append({
                'Source': source_node,

```



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 UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

```

        'Target': target,
        'Type': 'Directed',
        'Weight': 1
    })

# Buat DataFrame Edges
edges_df = pd.DataFrame(edge_list)

# Hitung bobot (Kalau A mention B 3 kali, Weight jadi 3)
if not edges_df.empty:
    edges_df = edges_df.groupby(['Source', 'Target',
                                'Type']).size().reset_index(name='Weight')
    print(f" Berhasil membuat {len(edges_df)} garis hubungan (Edges).")
else:
    print(" TIDAK ADA HUBUNGAN TERBENTUK. Cek apakah ada mention di data Anda.")

# =====
# BAGIAN 3: MEMBUAT DAFTAR AKTOR (NODES)
# =====
# Kita harus mendata semua ID Pengirim DAN semua Nama Penerima

if not edges_df.empty:
    # Ambil semua Source (Angka ID)
    sources = edges_df['Source'].unique()
    # Ambil semua Target (Nama Akun)
    targets = edges_df['Target'].unique()

    # Gabungkan jadi satu list unik
    all_nodes_list = list(set(list(sources) + list(targets)))

    # Buat DataFrame Nodes
    nodes_df = pd.DataFrame(all_nodes_list, columns=['Id'])

    # Kolom Label: Isinya sama dengan Id agar muncul di Gephi
    nodes_df['Label'] = nodes_df['Id']

    print(f" Berhasil mencatat {len(nodes_df)} aktor (Nodes).")

# =====
# BAGIAN 4: SIMPAN FILE (FINISHING)
# =====
edges_df.to_csv('edges_final.csv', index=False)
    
```



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 UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

```
nodes_df.to_csv('nodes_final.csv', index=False)

print("\n" + "="*40)
print("PROSES SELESAI! DATA SIAP PAKAI.")
print("="*40)
print("File yang harus Anda buka di Gephi:")
print("1. nodes_final.csv (Buka duluan)")
print("2. edges_final.csv (Buka belakangan)")
else:
    print("Gagal membuat file karena tidak ada interaksi.")
```

4. Simulasi Analisis Sentimen

```
import pandas as pd

import random
from datetime import datetime, timedelta

# --- KONFIGURASI DATASET ---
total_dataset = 650
output_filename = "gephi_network_pilpres_2024.csv"
raw_filename = "dataset_mentah_pilpres_clean.csv"

# Daftar Akun (Node Utama)
capres_cawapres = ['aniesbaswedan', 'prabowo',
'ganjarpranowo', 'cakimin', 'gibran_tweet', 'mohmahfudmd']
influencer_politik = ['ridwankamil', 'erickthohir',
'sandiuno', 'kh_marufamin', 'jokowi', 'kpu_id']
list_netizen = [f'user_id_{i}' for i in range(1001, 1201)]

all_accounts = capres_cawapres + influencer_politik +
list_netizen
dataset_collection = []

print(f"□ Sedang memproses {total_dataset} data interaksi
jaringan...")

# Fungsi untuk membuat tanggal
def random_date(start, end):
    delta = end - start
    int_delta = (delta.days * 24 * 60 * 60) + delta.seconds
    random_second = random.randrange(int_delta)
    return start + timedelta(seconds=random_second)
```



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 UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

```

start_date = datetime(2023, 11, 28)
end_date = datetime(2024, 2, 10)

for _ in range(total_dataset):
    # 1. Source (User Pengirim)
    source_node = random.choice(list_netizen)

    # 2. Target (User Penerima/Reply)
    # Logika distribusi interaksi
    p = random.random()
    if p < 0.60:

        target_node = random.choice(capres_cawapres)
    elif p < 0.85:
        target_node = random.choice(influencer_politik)
    else:
        target_node = random.choice(list_netizen)

    # Validasi: Source tidak boleh sama dengan Target
    while source_node == target_node:
        target_node = random.choice(all_accounts)

    # 3. Generate Konten Teks (Simulasi Natural Language)
    topik_bahasan = ["debat capres", "visi misi", "bansos",
"etika politik", "hilirisasi", "perubahan", "lanjutkan"]
    sentiment_words = ["mendukung", "kritis", "setuju", "perlu
dibenahi", "semangat", "optimis", "kurang tepat"]
    hashtags = ["#Pilpres2024", "#PemiluDamai",
"#IndonesiaMaju", "#Perubahan"]

    konten_tweet = f"@{target_node} Terkait
{random.choice(topik_bahasan)}, saya rasa
{random.choice(sentiment_words)}. {random.choice(hashtags)}"

    timestamp = random_date(start_date, end_date).strftime("%a
%b %d %H:%M:%S +0000 %Y")

    dataset_collection.append({
        'created_at': timestamp,
        'username': source_node,
        'full_text': konten_tweet,
        'in_reply_to_screen_name': target_node
    })

```



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 UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

```
# --- MENYIMPAN DATASET ---
# 1. Simpan Data Lengkap (Untuk Backup/Analisis Teks)
df_raw = pd.DataFrame(dataset_collection)
df_raw.to_csv(raw_filename, index=False)

# 2. Simpan Data Khusus Gephi (Edge List)
df_network = pd.DataFrame()
df_network['Source'] = df_raw['username']
df_network['Target'] = df_raw['in_reply_to_screen_name']
df_network['Type'] = 'Directed'
df_network['Weight'] = 1

df_network.to_csv(output_filename, index=False)

print("\n" + "="*50)
print(f"□ PROSES SELESAI.")
print(f"□ File Output: {output_filename}")
print(f"□ Jumlah Data: {len(df_network)} baris")
print("□ File siap diunduh dan dianalisis menggunakan Gephi.")
print("="*50)

# Preview Data untuk memastikan kolom benar
print(df_network.head())
```

```
!pip install wordcloud sastrawi seaborn matplotlib scikit-learn

import pandas as pd
import numpy as np
import re
import matplotlib.pyplot as plt
import seaborn as sns
from wordcloud import WordCloud
from sklearn.model_selection import train_test_split
from sklearn.feature_extraction.text import CountVectorizer, TfidfVectorizer
from sklearn.naive_bayes import MultinomialNB
from sklearn.metrics import confusion_matrix, classification_report, accuracy_score

# =====
# 1. PERSIAPAN DATA
# =====

df_analisis = df[['full_text']].copy()
```



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 UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

```
# =====
# 2. PREPROCESSING (Pembersihan Text)
# =====

def clean_text(text):
    text = str(text).lower()
    text = re.sub(r'http\S+', '', text) # Hapus URL
    text = re.sub(r'@\w+', '', text)    # Hapus Mention (@)
    text = re.sub(r'#\w+', '', text)    # Hapus Hashtag
    text = re.sub(r'[\w\s]', '', text)  # Hapus tanda baca
    text = re.sub(r'\d+', '', text)     # Hapus angka
    return text.strip()

df_analisis['clean_text'] =
df_analisis['full_text'].apply(clean_text)

# =====
# 3. LABELING OTOMATIS (LEXICON BASED)
# =====

pos_list = ['dukung', 'mantap', 'bagus', 'hebat', 'amanah',
            'sukses', 'percaya',
            'positif', 'terima kasih', 'bantu', 'menang',
            'bangkit', 'maju',
            'semangat', 'setuju', 'keren', 'cinta', 'benar',
            'solusi']

neg_list = ['gagal', 'kecewa', 'bohong', 'korupsi', 'turun',
            'hancur', 'benci',
            'tolak', 'buruk', 'salah', 'hoax', 'lambat',
            'susah', 'takut',
            'negatif', 'mundur', 'ancam', 'rugi', 'parah',
            'bodoh']

def get_sentiment(text):
    score = 0
    words = text.split()
    for word in words:
        if word in pos_list:
            score += 1
        elif word in neg_list:
            score -= 1

    if score > 0:
        return 'Positif'
```



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 UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

```

elif score < 0:
    return 'Negatif'
else:
    return 'Netral'

# Terapkan fungsi labeling
df_analisis['sentiment'] =
df_analisis['clean_text'].apply(get_sentiment)

print("□ Labeling Selesai!")
print(df_analisis['sentiment'].value_counts())

# =====
# 4. VISUALISASI 1: BAR CHART SENTIMEN
# =====

plt.figure(figsize=(8, 6))
sns.countplot(x='sentiment', data=df_analisis,
palette=['green', 'grey', 'red'], order=['Positif', 'Netral',
'Negatif'])
plt.title('Hasil Analisis Sentimen (Distribusi Data)',
fontsize=15)
plt.xlabel('Kategori Sentimen')
plt.ylabel('Jumlah Tweet')
plt.show()

# =====
# 5. VISUALISASI 2: WORD CLOUD
# =====
# Gabungkan semua teks yang sudah bersih
all_text = ' '.join(df_analisis['clean_text'])

# Daftar Stopwords sederhana
stopwords_indo = {'dan', 'yang', 'di', 'itu', 'ini', 'ke',
'dari', 'yg', 'utk', 'kalo', 'aja', 'ada', 'untuk'}

wordcloud = WordCloud(width=800, height=400,
background_color='white',
stopwords=stopwords_indo,
colormap='Dark2',
min_font_size=10).generate(all_text)

```



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 UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

```
plt.figure(figsize=(10, 5))
plt.imshow(wordcloud, interpolation='bilinear')
plt.axis("off")
plt.title("Analisis Word Cloud (Kata Terbanyak Muncul)",
          fontsize=15)
plt.show()
```

```
# =====
# 6. PEMODELAN UNTUK CONFUSION MATRIX
# =====

# A. Mengubah Teks menjadi Angka (Vektorisasi TF-IDF)
vectorizer = TfidfVectorizer(max_features=1000)
X = vectorizer.fit_transform(df_analisis['clean_text'])
y = df_analisis['sentiment']

# B. Bagi Data (Train 80% - Test 20%)
X_train, X_test, y_train, y_test = train_test_split(X, y,
                                                    test_size=0.2, random_state=42)

# C. Latih Model (Naive Bayes)
model = MultinomialNB()
model.fit(X_train, y_train)

# D. Prediksi
y_pred = model.predict(X_test)

# E. Hitung Akurasi & Confusion Matrix
acc = accuracy_score(y_test, y_pred)
cm = confusion_matrix(y_test, y_pred, labels=['Positif',
                                              'Netral', 'Negatif'])

# =====
# 7. TAMPILKAN CONFUSION MATRIX
# =====

print(f"📊 AKURASI MODEL: {acc*100:.2f}%")
print("-" * 30)

# Plot Heatmap
plt.figure(figsize=(8, 6))
sns.heatmap(cm, annot=True, fmt='d', cmap='Oranges',
```



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 UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

```
xticklabels=['Pred. Positif', 'Pred. Netral',
             'Pred. Negatif'],
yticklabels=['True Positif', 'True Netral', 'True
Negatif'])

plt.title(f'Tabel Confusion Matrix\nAkurasi: {acc*100:.2f}%',
          fontsize=14)
plt.ylabel('Label Sebenarnya (Actual)')
plt.xlabel('Label Prediksi Model (Predicted)')
plt.show()

# Tampilkan Laporan Klasifikasi Rinci
print("\n❑ CLASSIFICATION REPORT:")
print(classification_report(y_test, y_pred))
```

5. Simulasi Numerik

Simulasi (a)

```
=====
# INTEGRASI MODEL SEIRS BERBASIS NODE & INDOBERT
=====

import numpy as np
import matplotlib.pyplot as plt
import networkx as nx
from scipy.integrate import odeint

# 1. KONFIGURASI SESUAI DATA SKRIPSI
N = 578          # TOTAL DATA TWEET (Sesuai Proposal)
m = 3            # Parameter Barabasi-Albert (Rata-rata
koneksi baru)
beta = 0.38      # Laju Infeksi (Dari Proporsi Sentimen
Negatif IndoBERT)
gamma = 0.61     # Laju Pemulihan (Dari Proporsi Sentimen
Positif IndoBERT)
sigma = 0.50     # Laju Inkubasi (Asumsi reaksi user 0.5
hari)
omega = 0.10     # Laju Resusceptibility (Potensi user
kembali terpancing)
days = 100      # Durasi simulasi (Hari)

print(f"❑ MEMUAT DATA SKRIPSI...")
```



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 UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

```
print(f"    - Jumlah Node (N): {N} (Sesuai Data Tweet)")
print(f"    - Parameter Beta : {beta}")
print(f"    - Parameter Gamma: {gamma}")

# 2. BANGUN JARINGAN SCALE-FREE (Sesuai Bab 3)
# Algoritma Barabasi-Albert untuk meniru struktur Twitter
print("□ Membangun Jaringan Scale-Free (Barabasi-Albert)...")
G = nx.barabasi_albert_graph(N, m)
A = nx.to_numpy_array(G) # Matriks Adjacency

# Hitung R0 Spesifik untuk Jaringan 578 Node ini
degrees = [d for n, d in G.degree()]
k_mean = np.mean(degrees)
k2_mean = np.mean(np.array(degrees)**2)
R0_real = (beta/gamma) * (k2_mean/k_mean)

print(f"□ HASIL ANALISIS MATEMATIS:")
print(f"    - Rata-rata Derajat <k>: {k_mean:.4f}")
print(f"    - Momen Kedua <k^2>: {k2_mean:.4f}")
print(f"    - Basic Reproduction Number (R0): {R0_real:.4f}")
if R0_real > 1:
    print("    □ KESIMPULAN: R0 > 1 (Titik Keseimbangan Bebas Penyakit TIDAK STABIL)")
else:
    print("    □ KESIMPULAN: R0 < 1 (Stabil)")

# 3. SISTEM PERSAMAAN DIFERENSIAL SEIRS (NODE-BASED)
def seirs_network_model(y, t, N, beta, gamma, sigma, omega, A):
    S = y[0:N]
    E = y[N:2*N]
    I = y[2*N:3*N]
    R = y[3*N:4*N]

    # Interaksi Network: Siapa bertetangga dengan siapa
    # Rumus: Sigma(A_ij * I_j)
    neighbor_influence = A @ I

    # Persamaan Diferensial
    dSdt = -beta * S * neighbor_influence + omega * R
    dEdt = beta * S * neighbor_influence - sigma * E
    dIdt = sigma * E - gamma * I
    dRdt = gamma * I - omega * R

    return np.concatenate([dSdt, dEdt, dIdt, dRdt])
```



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 UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

```
# 4. INITIAL STATE (KONDISI AWAL)
# Cari Influencer (Node dengan koneksi terbanyak) untuk jadi
sumber penyebar
print("\u25a1 Menyiapkan Kondisi Awal (Mencari
Buzzer/Influencer)...")
degree_dict = dict(G.degree())
top_influencer = max(degree_dict, key=degree_dict.get)

S0 = np.ones(N)
E0 = np.zeros(N)
I0 = np.zeros(N)
R0 = np.zeros(N)

# Skenario: Influencer mulai menyebarkan ujaran kebencian
seeds = [top_influencer]
# Tambah 2 user random lain
seeds.extend(np.random.choice(range(N), 2, replace=False))

for node in seeds:
    S0[node] = 0
    I0[node] = 1 # Infected

y0 = np.concatenate([S0, E0, I0, R0])

# 5. RUNNING SIMULASI
print("\u25a1 Menjalankan Perhitungan Numerik (ODE Solver)...")
t = np.linspace(0, days, days*10)
solution = odeint(seirs_network_model, y0, t, args=(N, beta,
gamma, sigma, omega, A))

# Pisahkan Hasil
S_res = solution[:, 0:N]
E_res = solution[:, N:2*N]
I_res = solution[:, 2 * N:3 * N] # Corrected from 2N
R_res = solution[:, 3*N:4*N]

# Rata-rata Populasi
S_avg = np.mean(S_res, axis=1)
E_avg = np.mean(E_res, axis=1)
I_avg = np.mean(I_res, axis=1)
R_avg = np.mean(R_res, axis=1)

# 6. VISUALISASI HASIL (PLOT 1: KURVA DINAMIKA)
plt.figure(figsize=(12, 6))
```



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 UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

```
plt.plot(t, S_avg, 'b', label='Susceptible (Rentan)',
linewidth=2)
plt.plot(t, E_avg, 'orange', label='Exposed (Terpapar)',
linewidth=2)
plt.plot(t, I_avg, 'r', label='Infected (Penyebarkan Ujaran
Kebencian)', linewidth=2)
plt.plot(t, R_avg, 'g', label='Recovered (Kontra-Narasi)',
linewidth=2)
plt.title(f"Simulasi Dinamika SEIRS pada jaringan SCALE-FREE
(N={N})", fontsize=14, fontweight='bold')
plt.xlabel("Waktu (Hari)")
plt.ylabel("Proporsi Populasi")
plt.legend()
plt.grid(True, alpha=0.3)
plt.show()

# 7. VISUALISASI HASIL (PLOT 2: STRUKTUR JARINGAN)
# Karena N=578 cukup padat, kita atur ukuran node biar rapi
print("\n Menggambar Jaringan Akhir (Merah = Akun
Terpapar)...")
plt.figure(figsize=(12, 12))

# Tentukan warna node berdasarkan status akhir
final_states = []
colors = []
sizes = []

for i in range(N):
    # Cek status mana yang paling dominan di akhir simulasi
    vals = [S_res[-1, i], E_res[-1, i], I_res[-1, i], R_res[-
1, i]]
    state = np.argmax(vals)

    if state == 0: colors.append('blue')      # S
    elif state == 1: colors.append('gold')    # E
    elif state == 2: colors.append('red')     # I (BAHAYA)
    else: colors.append('green')              # R

    # Ukuran berdasarkan degree (Influencer lebih besar)
    sizes.append(20 + degree_dict[i] * 5)

pos = nx.spring_layout(G, k=0.1, seed=42) # Layout
nx.draw_networkx_nodes(G, pos, node_color=colors,
node_size=sizes, alpha=0.7)
nx.draw_networkx_edges(G, pos, alpha=0.1, edge_color='gray')
```



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 UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



```
plt.title(f"Sebaran Ujaran Kebencian pada Jaringan 578
Akun\n(Merah = Akun Penyebar)", fontsize=14)
plt.axis('off')
plt.show()

print("□ SELESAI. Data N=578 berhasil diproses.")
```



```
import numpy as np
import matplotlib.pyplot as plt
import networkx as nx
from scipy.integrate import odeint

=====
# VISUALISASI SMART-SNAPSHOT
=====

# 1. SETUP PARAMETER
N = 578
m = 3
beta = 0.38
gamma = 0.61
sigma = 0.50
omega = 0.10
days = 20 # Fokus di 20 hari pertama

# Jaringan Scale-Free
G = nx.barabasi_albert_graph(N, m)
A = nx.to_numpy_array(G)
degree_dict = dict(G.degree())

# Model SEIRS
def seirs_system(y, t, N, beta, gamma, sigma, omega, A):
    S = y[0:N]
    E = y[N:2*N]
    I = y[2*N:3*N]
    R = y[3*N:4*N]
    neighbor_influence = A @ I
    dSdt = -beta * S * neighbor_influence + omega * R
    dEdt = beta * S * neighbor_influence - sigma * E
    dIdt = sigma * E - gamma * I
    dRdt = gamma * I - omega * R
    return np.concatenate([dSdt, dEdt, dIdt, dRdt])
```



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 UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

```
# Kondisi Awal: Influencer + Random Seeds
top_node = max(degree_dict, key=degree_dict.get) # Cari
Influencer terbesar
seeds = [top_node] + list(np.random.choice(range(N), 4,
replace=False)) # 5 Orang awal

S0 = np.ones(N); E0 = np.zeros(N); I0 = np.zeros(N); R0 =
np.zeros(N)
for node in seeds:
    S0[node] = 0; I0[node] = 1

y0 = np.concatenate([S0, E0, I0, R0])
t = np.linspace(0, days, days*50) # Resolusi waktu sangat
tinggi

# Hitung ODE
solution = odeint(seirs_system, y0, t, args=(N, beta, gamma,
sigma, omega, A))
S_res = solution[:, 0:N]
E_res = solution[:, N:2*N]
I_res = solution[:, 2*N:3*N]
R_res = solution[:, 3*N:4*N]

=====
# 2. LOGIKA PEMILIHAN HARI (SUPAYA TIDAK HIJAU SEMUA)
=====

# Cari detik dimana Infeksi Paling Tinggi (Puncak)
total_infected = np.sum(I_res, axis=1)
peak_idx = np.argmax(total_infected)
time_peak = t[peak_idx]

print(f"□ ANALISIS WAKTU WABAH:")
print(f"    - Puncak kejadian ternyata ada di Hari ke-
{time_peak:.2f}")
print(f"    (Itulah kenapa kalau dilihat Hari ke-5/10 sudah
lewat/hijau)")
print(f"    - Kita akan ambil foto di sekitar hari ke-
{time_peak:.2f} ini.")

# Kita tentukan 5 Waktu Spesifik agar kelihatan story-nya:
# 1. Awal (Hari 0)
# 2. Menanjak (Sebelum Puncak)
# 3. PUNCAK (Pas Merah Banyak)
# 4. Melandai (Mulai Hijau)
```



Hak Cipta Diindungi 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 UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

```
# 5. Endemik (Akhir periode)

snapshot_times = [
    0.0,                # Awal
    time_peak * 0.5,    # Pertengahan naik
    time_peak,          # PUNCAK (PASTI MERAH)
    time_peak + 2.0,    # 2 Hari setelah puncak
    15.0                # Hari ke-15 (Stabil)
]

# Layout tetap
pos = nx.spring_layout(G, k=0.15, seed=42)

=====
# 3. GENERATE 5 GAMBAR
=====

for i, day_target in enumerate(snapshot_times):
    # Cari index array yg paling dekat dengan waktu target
    idx = (np.abs(t - day_target)).argmin()
    real_time = t[idx]

    plt.figure(figsize=(9, 9))
    colors = []
    sizes = []

    # Pewarnaan
    for node in range(N):
        # Ambil probabilitas status
        val_S = S_res[idx, node]
        val_E = E_res[idx, node]
        val_I = I_res[idx, node]
        val_R = R_res[idx, node]

        # Logika Warna Prioritas Infeksi (Agar merah terlihat
        # jelas)
        if val_I > 0.15:          # Kalau infeksi > 15%, langsung
            colors.append('red')
        elif val_E > 0.15:      # Kalau terpapar > 15%, Kuning
            colors.append('orange')
        elif val_R > val_S:    # Kalau lebih dominan sembuh
            colors.append('limegreen')
        else:
```



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 UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

```

        colors.append('skyblue') # Sehat

        # Ukuran (Influencer besar)
        sizes.append(40 + degree_dict[node]*8)

        nx.draw_networkx_nodes(G, pos, node_color=colors,
                               node_size=sizes, edgcolors='black', alpha=0.9)
        nx.draw_networkx_edges(G, pos, alpha=0.1,
                               edge_color='gray')

        phase_name = ["Kondisi Awal", "Fase Penyebaran Cepat",
                      "PUNCAK WABAH (Peak)", "Fase Pemulihan", "Fase
                      Stabil/Endemik"][i]

        plt.title(f"Gambar {i+1}: {phase_name}\n(Waktu Simulasi:
        Hari ke-{real_time:.2f})", fontsize=14, fontweight='bold')
        plt.axis('off')
        plt.show()

```

Simulasi (b)

```

=====
# SIMULASI
# INTEGRASI MODEL SEIRS BERBASIS NODE & INDOBERT
=====

import numpy as np
import matplotlib.pyplot as plt
import networkx as nx
from scipy.integrate import odeint

# 1. KONFIGURASI SESUAI DATA SKRIPSI
N = 578          # TOTAL DATA TWEET
m = 3            # Parameter Barabasi-Albert (Rata-rata
koneksi baru)
beta = 0.38      # Laju Infeksi (Dari Proporsi Sentimen
Negatif IndoBERT)
gamma = 0.65     # Laju Pemulihan (Dari Proporsi Sentimen
Positif IndoBERT)
sigma = 0.50     # Laju Inkubasi (Asumsi reaksi user 0.5
hari)
omega = 0.10     # Laju Resusceptibility (Potensi user
kembali terpancing)

```



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 UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

```

days = 100          # Durasi simulasi (Hari)

print(f"□ MEMUAT DATA SKRIPSI...")
print(f"    - Jumlah Node (N): {N} (Sesuai Data Tweet)")
print(f"    - Parameter Beta : {beta}")
print(f"    - Parameter Gamma: {gamma}")

# 2. BANGUN JARINGAN SCALE-FREE
# Algoritma Barabasi-Albert untuk meniru struktur Twitter
print(f"□ Membangun Jaringan Scale-Free (Barabasi-Albert)...")
G = nx.barabasi_albert_graph(N, m)
A = nx.to_numpy_array(G) # Matriks Adjacency

# Hitung R0 Spesifik untuk Jaringan 578 Node ini
degrees = [d for n, d in G.degree()]
k_mean = np.mean(degrees)
k2_mean = np.mean(np.array(degrees)**2)
R0_real = (beta/gamma) * (k2_mean/k_mean)

print(f"□ HASIL ANALISIS MATEMATIS:")
print(f"    - Rata-rata Derajat <k>: {k_mean:.4f}")
print(f"    - Momen Kedua <k^2>: {k2_mean:.4f}")
print(f"    - Basic Reproduction Number (R0): {R0_real:.4f}")
if R0_real > 1:
    print(f"    □ KESIMPULAN: R0 > 1 (Titik Keseimbangan Bebas Penyakit TIDAK STABIL)")
else:
    print(f"    □ KESIMPULAN: R0 < 1 (Stabil)")

# 3. SISTEM PERSAMAAN DIFERENSIAL SEIRS (NODE-BASED)
def seirs_network_model(y, t, N, beta, gamma, sigma, omega, A):
    S = y[0:N]
    E = y[N:2*N]
    I = y[2*N:3*N]
    R = y[3*N:4*N]

    # Interaksi Network: Siapa bertetangga dengan siapa
    # Rumus: Sigma(A_ij * I_j)
    neighbor_influence = A @ I

    # Persamaan Diferensial
    dSdt = -beta * S * neighbor_influence + omega * R
    dEdt = beta * S * neighbor_influence - sigma * E
    dIdt = sigma * E - gamma * I
  
```



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 UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

```
dRdt = gamma * I - omega * R

return np.concatenate([dSdt, dEdt, dIdt, dRdt])

# 4. INITIAL STATE (KONDISI AWAL)
# Cari Influencer (Node dengan koneksi terbanyak) untuk jadi
sumber penyebar
print("□ Menyiapkan Kondisi Awal (Mencari
Buzzer/Influencer)...")
degree_dict = dict(G.degree())
top_influencer = max(degree_dict, key=degree_dict.get)

S0 = np.ones(N)
E0 = np.zeros(N)
I0 = np.zeros(N)
R0 = np.zeros(N)

# Skenario: Influencer mulai menyebarkan ujaran kebencian
seeds = [top_influencer]
# Tambah 2 user random lain
seeds.extend(np.random.choice(range(N), 2, replace=False))

for node in seeds:
    S0[node] = 0
    I0[node] = 1 # Infected

y0 = np.concatenate([S0, E0, I0, R0])

# 5. RUNNING SIMULASI
print("□ Menjalankan Perhitungan Numerik (ODE Solver)...")
t = np.linspace(0, days, days*10)
solution = odeint(seirs_network_model, y0, t, args=(N, beta,
gamma, sigma, omega, A))

# Pisahkan Hasil
S_res = solution[:, 0:N]
E_res = solution[:, N:2*N]
I_res = solution[:, 2 * N:3 * N] # Corrected from 2N
R_res = solution[:, 3*N:4*N]

# Rata-rata Populasi
S_avg = np.mean(S_res, axis=1)
E_avg = np.mean(E_res, axis=1)
I_avg = np.mean(I_res, axis=1)
R_avg = np.mean(R_res, axis=1)
```



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 UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

```
# 6. VISUALISASI HASIL (PLOT 1: KURVA DINAMIKA)
plt.figure(figsize=(12, 6))
plt.plot(t, S_avg, 'b', label='Susceptible (Rentan)',
linewidth=2)
plt.plot(t, E_avg, 'orange', label='Exposed (Terpapar)',
linewidth=2)
plt.plot(t, I_avg, 'r', label='Infected (Penyebarkan Ujaran
Kebencian)', linewidth=2)
plt.plot(t, R_avg, 'g', label='Recovered (Kontra-Narasi)',
linewidth=2)
plt.title(f"Simulasi Dinamika SEIRS pada jaringan SCALE-FREE
(N={N})", fontsize=14, fontweight='bold')
plt.xlabel("Waktu (Hari)")
plt.ylabel("Proporsi Populasi")
plt.legend()
plt.grid(True, alpha=0.3)
plt.show()

# 7. VISUALISASI HASIL (PLOT 2: STRUKTUR JARINGAN)
# Karena N=578 cukup padat, kita atur ukuran node biar rapi
print("\u25a1 Menggambar Jaringan Akhir (Merah = Akun
Terpapar)...")
plt.figure(figsize=(12, 12))

# Tentukan warna node berdasarkan status akhir
final_states = []
colors = []
sizes = []

for i in range(N):
    # Cek status mana yang paling dominan di akhir simulasi
    vals = [S_res[-1, i], E_res[-1, i], I_res[-1, i], R_res[-
1, i]]
    state = np.argmax(vals)

    if state == 0: colors.append('blue')      # S
    elif state == 1: colors.append('gold')    # E
    elif state == 2: colors.append('red')     # I (BAHAYA)
    else: colors.append('green')              # R

    # Ukuran berdasarkan degree (Influencer lebih besar)
    sizes.append(20 + degree_dict[i] * 5)

pos = nx.spring_layout(G, k=0.1, seed=42) # Layout
```



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 UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

```
nx.draw_networkx_nodes(G, pos, node_color=colors,
node_size=sizes, alpha=0.7)
nx.draw_networkx_edges(G, pos, alpha=0.1, edge_color='gray')
plt.title(f"Sebaran Ujaran Kebencian pada Jaringan 578
Akun\n(Merah = Akun Penyebar)", fontsize=14)
plt.axis('off')
plt.show()

print("□ SELESAI. Data N=578 berhasil diproses.")
```

```
import numpy as np
import matplotlib.pyplot as plt
import networkx as nx
from scipy.integrate import odeint

=====
# VISUALISASI SMART-SNAPSHOT
=====

# 1. SETUP PARAMETER
N = 578
m = 3
beta = 0.38
gamma = 0.65
sigma = 0.50
omega = 0.10
days = 20 # Fokus di 20 hari pertama

# Jaringan Scale-Free
G = nx.barabasi_albert_graph(N, m)
A = nx.to_numpy_array(G)
degree_dict = dict(G.degree())

# Model SEIRS
def seirs_system(y, t, N, beta, gamma, sigma, omega, A):
    S = y[0:N]
    E = y[N:2*N]
    I = y[2*N:3*N]
    R = y[3*N:4*N]
    neighbor_influence = A @ I
    dSdt = -beta * S * neighbor_influence + omega * R
    dEdt = beta * S * neighbor_influence - sigma * E
    dIdt = sigma * E - gamma * I
    dRdt = gamma * I - omega * R
```



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 UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

```

return np.concatenate([dSdt, dEdt, dIdt, dRdt])

# Kondisi Awal: Influencer + Random Seeds
top_node = max(degree_dict, key=degree_dict.get) # Cari
Influencer terbesar
seeds = [top_node] + list(np.random.choice(range(N), 4,
replace=False)) # 5 Orang awal

S0 = np.ones(N); E0 = np.zeros(N); I0 = np.zeros(N); R0 =
np.zeros(N)
for node in seeds:
    S0[node] = 0; I0[node] = 1

y0 = np.concatenate([S0, E0, I0, R0])
t = np.linspace(0, days, days*50) # Resolusi waktu sangat
tinggi

# Hitung ODE
solution = odeint(seirs_system, y0, t, args=(N, beta, gamma,
sigma, omega, A))
S_res = solution[:, 0:N]
E_res = solution[:, N:2*N]
I_res = solution[:, 2*N:3*N]
R_res = solution[:, 3*N:4*N]

=====
# 2. LOGIKA PEMILIHAN HARI
=====

# Cari detik dimana Infeksi Paling Tinggi (Puncak)
total_infected = np.sum(I_res, axis=1)
peak_idx = np.argmax(total_infected)
time_peak = t[peak_idx]

print(f"□ ANALISIS WAKTU WABAH:")
print(f"    - Puncak kejadian ternyata ada di Hari ke-
{time_peak:.2f}")
print(f"        (Itulah kenapa kalau dilihat Hari ke-5/10 sudah
lewat/hijau)")
print(f"    - Kita akan ambil foto di sekitar hari ke-
{time_peak:.2f} ini.")

# Kita tentukan 5 Waktu Spesifik agar kelihatan story-nya:
# 1. Awal (Hari 0)
# 2. Menanjak (Sebelum Puncak)

```



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 UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

```
# 3. PUNCAK (Pas Merah Banyak)
# 4. Melandai (Mulai Hijau)
# 5. Endemik (Akhir periode)

snapshot_times = [
    0.0,                # Awal
    time_peak * 0.5,    # Pertengahan naik
    time_peak,          # PUNCAK (PASTI MERAH)
    time_peak + 2.0,    # 2 Hari setelah puncak
    15.0                # Hari ke-15 (Stabil)
]

# Layout tetap
pos = nx.spring_layout(G, k=0.15, seed=42)

=====
# 3. GENERATE 5 GAMBAR
=====

for i, day_target in enumerate(snapshot_times):
    # Cari index array yg paling dekat dengan waktu target
    idx = (np.abs(t - day_target)).argmin()
    real_time = t[idx]

    plt.figure(figsize=(9, 9))
    colors = []
    sizes = []

    # Pewarnaan
    for node in range(N):
        # Ambil probabilitas status
        val_S = S_res[idx, node]
        val_E = E_res[idx, node]
        val_I = I_res[idx, node]
        val_R = R_res[idx, node]

        # Logika Warna Prioritas Infeksi (Agar merah terlihat
        # jelas)
        if val_I > 0.15:          # Kalau infeksi > 15%, langsung
            colors.append('red')
        elif val_E > 0.15:       # Kalau terpapar > 15%, Kuning
            colors.append('orange')
        elif val_R > val_S:      # Kalau lebih dominan sembuh
```



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 UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

```

        colors.append('limegreen')
    else:
        colors.append('skyblue') # Sehat

    # Ukuran (Influencer besar)
    sizes.append(40 + degree_dict[node]*8)

    nx.draw_networkx_nodes(G, pos, node_color=colors,
                           node_size=sizes, edgecolors='black', alpha=0.9)
    nx.draw_networkx_edges(G, pos, alpha=0.1,
                           edge_color='gray')

    phase_name = ["Kondisi Awal", "Fase Penyebaran Cepat",
                  "PUNCAK WABAH (Peak)", "Fase Pemulihan", "Fase
                  Stabil/Endemik"][i]

    plt.title(f"Gambar {i+1}: {phase_name}\n(Waktu Simulasi:
    Hari ke-{real_time:.2f})", fontsize=14, fontweight='bold')
    plt.axis('off')
    plt.show()
    
```





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 UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



Dinda Nurhasanah, lahir di Pekanbaru 21 April 2003 merupakan anak ketiga dari tiga bersaudara pasangan Bapak T. Syahrul dan Ibu Murniati. Beralamat di Jl. Mulya Jaya, Kel. Limbungan, Kec. Rumbai Pesisir, Kota Pekanbaru. Penulis menempuh pendidikan dimulai dari SDN 119 Pekanbaru pada tahun 2009-2015. Kemudian, melanjutkan pendidikan di SMPN 6 Pekanbaru pada tahun 2015-2018 dan SMAN 16 Pekanbaru tahun 2018-2021. Akhirnya, pada tahun 2021 menempuh masa kuliah di Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau, Fakultas Sains dan Teknologi, Program Studi Matematika.

UIN SUSKA RIAU