

# PREDIKSI PENYEBARAN PENYAKIT HIV AIDS DI INDONESIA MELALUI MODEL EPIDEMIOLOGI SIR

Rizki Amanda , Erika Fatimatul Hidayanti , Cahya Eka Melati

Sains Data, UPN “Veteran” Jawa Timur

email: [22083010045@student.upnjatim.ac.id](mailto:22083010045@student.upnjatim.ac.id), [22083010071@student.upnjatim.ac.id](mailto:22083010071@student.upnjatim.ac.id),  
[22083010090@student.upnjatim.ac.id](mailto:22083010090@student.upnjatim.ac.id)

## **Abstract**

**Background:** HIV (Human Immunodeficiency Virus) is an infection caused by a virus that attacks our immune system. AIDS (Acquired Immunodeficiency Syndrome) is the advanced stage and the most severe consequence of HIV. HIV targets white blood cells in the body, weakening the immune system. In this era of globalization, the spread of HIV and AIDS has become a major focus in maintaining public health. In this context, the role of epidemiology becomes a crucial key that supports health program planning, assesses control progress, and directs efforts to achieve the primary goal of ending the HIV and AIDS epidemic in Indonesia. **Purpose:** Designing and analyzing epidemiological models to predict the spread of HIV and AIDS in Indonesia. **Methods:** The SIR model is an epidemiological model that divides the population into three distinct groups: individuals susceptible to infection (Susceptible - S), individuals infected (Infected - I), and individuals who have recovered from the disease (Recovered - R). **Results:** The results of this simulation indicate that HIV can spread rapidly within a population and lead to significant mortality. **Conclusion:** The SIR model can be utilized to comprehend how HIV spreads and impacts a population.

**Keywords:** HIV, AIDS, Epidemiology, The SIR Model, Infection, Health.

## **Abstraksi**

**Latar Belakang:** HIV (Human Immunodeficiency Virus) adalah infeksi akibat virus yang menyerang sistem kekebalan tubuh kita. AIDS (Acquired immunodeficiency syndrome) adalah tahap lanjut penyakit yang paling parah akibat dari HIV. HIV menyerang sel darah putih di tubuh, melemahkan sistem kekebalan tubuh. Pada era globalisasi ini, penyebaran penyakit HIV dan AIDS menjadi sorotan utama dalam menjaga kesehatan masyarakat. Dalam konteks ini, peran epidemiologi menjadi kunci penting yang mendukung perencanaan program kesehatan, menilai kemajuan pengendalian, dan mengarahkan upaya mencapai tujuan utama, yaitu mengakhiri wabah HIV dan AIDS di Indonesia. **Tujuan:** Merancang dan menganalisis model epidemiologi untuk memprediksi penyebaran penyakit HIV dan AIDS di Indonesia. **Metode:** Model SIR adalah suatu model epidemiologi yang membagi populasi menjadi tiga kelompok yang saling terpisah: individu yang rentan terhadap infeksi (Susceptible - S), individu yang terinfeksi (Infected - I), dan individu yang sembuh dari penyakit (Recovered - R). **Hasil:** Hasil simulasi ini menunjukkan bahwa HIV dapat menyebar dengan cepat dalam populasi dan menyebabkan kematian yang signifikan. **Kesimpulan:** Model SIR dapat digunakan untuk memahami bagaimana HIV menyebar dan memengaruhi populasi.

**Kata Kunci:** HIV, AIDS, Epidemiologi, Model SIR, Infeksi, Kesehatan.

## I. PENDAHULUAN

Pada era globalisasi ini, penyebaran penyakit HIV dan AIDS menjadi sorotan utama dalam menjaga kesehatan masyarakat. Pemerintah Indonesia mengakui bahwa langkah awal yang tak terhindarkan dalam upaya pengendalian HIV dan AIDS adalah memahami epidemi. Dalam konteks ini, peran epidemiologi menjadi kunci penting yang mendukung perencanaan program kesehatan, menilai kemajuan pengendalian, dan mengarahkan upaya mencapai tujuan utama, yaitu mengakhiri wabah HIV dan AIDS di Indonesia [1].

Upaya ini juga terwujud dalam inisiatif internasional, seperti Sidang Umum Khusus Perserikatan Bangsa-Bangsa pada tahun 2001 yang mengakui HIV dan AIDS sebagai krisis kesehatan masyarakat global [2]. Keberhasilan pengendalian tidak hanya tergantung pada upaya perawatan, melainkan juga pada pemahaman mendalam terhadap dinamika penyebaran epidemiologisnya. Estimasi dan proyeksi epidemi HIV dan AIDS menjadi dasar krusial dalam mengidentifikasi kebutuhan layanan, termasuk program pencegahan, perawatan, dukungan, dan pengobatan. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan merancang dan menganalisis model epidemiologi untuk memprediksi penyebaran penyakit HIV dan AIDS di Indonesia. Diharapkan hasil penelitian ini dapat menjadi panduan bagi kebijakan pemerintah dalam mengalokasikan sumber daya dengan lebih efektif, memperkuat peran model epidemiologi sebagai dasar yang kokoh untuk mencapai tujuan kesehatan masyarakat yang berkelanjutan.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

Penelitian sebelumnya yang mencoba memprediksi jumlah kasus HIV dan AIDS telah umum dilakukan melalui pemodelan dan algoritma Interpolasi. Namun, usaha untuk memprediksi tingkat kasus melalui model epidemiologi lebih tepatnya algoritma SIA (Susceptible, Infected, Abstained) masih terbatas. Menurut studi sebelumnya yang dilaksanakan oleh Nurachmah dan Mustikasari (2009) dengan judul "Faktor Pencegahan HIV/AIDS Akibat Perilaku Berisiko Tertular Pada Siswa SLTP," ditemukan bahwa terdapat keterkaitan antara pandangan terhadap faktor internal dan eksternal dalam konteks perilaku berisiko tertular pada siswa SLTP. Selain itu, hasil penelitian tersebut menyoroti bahwa masih diperlukan berbagai upaya pencegahan tambahan untuk mengatasi masalah tersebut.

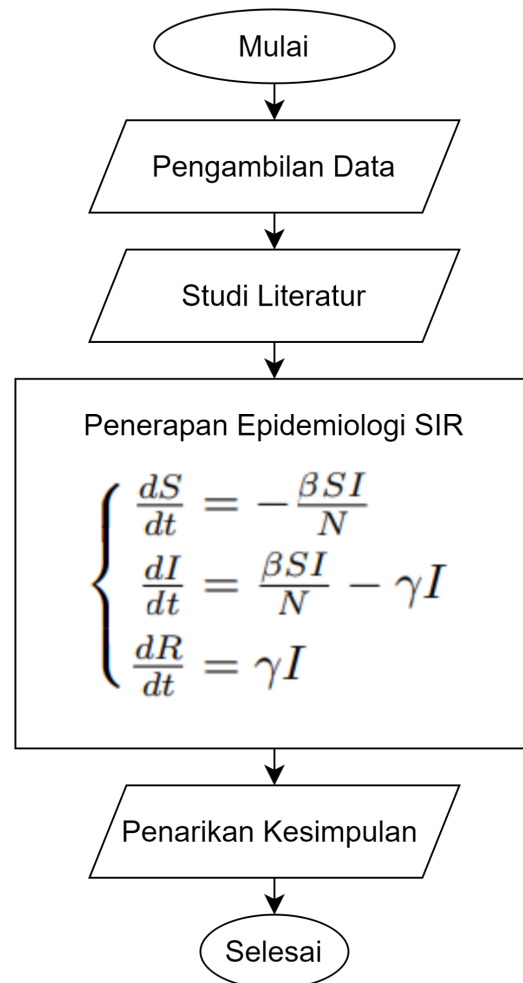
Data epidemiologi HIV dan AIDS dianalisis menggunakan Global Burden of Disease (GBD)-2019 dan Data UNAIDS 2019, yang merupakan laporan komprehensif yang baru-baru ini dirilis [3]. UNAIDS menyediakan data tingkat negara dari tahun 1990 hingga 2019, termasuk data kelompok kunci dan tren global serta regional. Berdasarkan data nasional resmi dari surveilans sentinel dan pengujian HIV rutin, Data UNAIDS menghasilkan perkiraan prevalensi dan mortalitas dengan menggunakan teknik pemodelan khusus [4].

Sementara itu, data GBD untuk HIV dan AIDS (dikodekan sebagai A.1.1 dalam GBD) diperoleh dari Institute of Health Metrics Evaluation (IHME), University of Washington, diunduh dari basis data IHME pada akhir 2020. Perkiraan ini merupakan

bagian dari studi GBD dan mencakup perkiraan tahunan dari 1990 hingga 2019 untuk semua negara dan wilayah [5–7]. GBD memberikan kuantifikasi sistematis terhadap insidensi, prevalensi, disabilitas, dan mortalitas yang disebabkan oleh HIV di berbagai negara [8]. Metrik kesehatan GBD dikumpulkan dari beberapa sumber utama, termasuk penelitian, laporan pemerintah, dan registri rumah sakit, serta Data UNAIDS. Perkiraan dihasilkan oleh teknik pemodelan canggih yang mempertimbangkan ketersediaan, akurasi, dan keandalan data [9]. GBD memodifikasi perkiraannya agar sesuai dengan jumlah total kematian dalam setiap wilayah, yang menjadi perbedaannya dengan Data UNAIDS [10].

### III. METODE PENELITIAN

Pada bagian ini, akan dijelaskan mengenai metode yang diterapkan dalam penelitian ini, serta didukung oleh referensi-literatur yang menjadi dasar teoretis, termasuk apa itu HIV / AIDS, epidemiologi, dan SIR. Rincian langkah-langkah yang diambil dalam penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Flowchart Model SIR

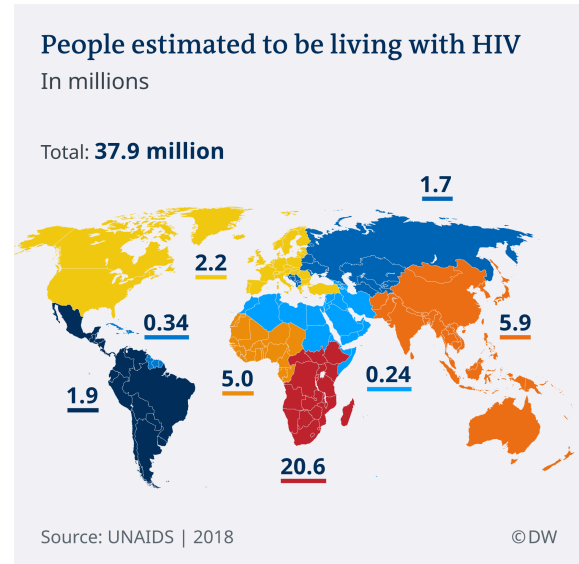
#### 1. Pengertian HIV AIDS

HIV (*Human Immunodeficiency Virus*) adalah infeksi akibat virus yang menyerang sistem kekebalan tubuh kita. AIDS (*Acquired immunodeficiency syndrome*) adalah tahap lanjut penyakit yang paling parah akibat dari HIV. HIV menyerang sel darah putih di tubuh, melemahkan sistem kekebalan tubuh. Hal ini membuat kita lebih mudah jatuh sakit oleh penyakit seperti tuberkulosis, infeksi, dan beberapa jenis kanker. HIV menyebar melalui cairan tubuh seperti darah, air susu ibu, air mani, dan cairan vagina dari orang

yang terinfeksi. Namun, virus ini tidak menular melalui ciuman, pelukan, atau berbagi makanan. HIV juga dapat menular dari ibu ke bayi.

HIV bisa diobati dan dicegah dengan obat *antiretroviral therapy* (ART). Jika tidak diobati, HIV bisa berkembang menjadi AIDS, yang sering terjadi setelah beberapa tahun. Sekarang, *World Health Organization* (WHO) mendefinisikan Penyakit HIV yang Lanjut (AHD) sebagai jumlah sel CD4 kurang dari 200 sel/mm<sup>3</sup> atau pada tahap 3 atau 4 WHO pada orang dewasa dan remaja. Semua anak dengan HIV yang berusia kurang dari 5 tahun dianggap memiliki penyakit HIV yang lanjut [11].

Menurut UNAIDS pada tahun 2022, sekitar 39 juta orang di seluruh dunia hidup dengan HIV, dengan 1,3 juta orang yang baru terinfeksi dan sekitar 630.000 orang meninggal akibat penyakit terkait AIDS. Jumlah orang yang mengakses terapi antiretroviral mencapai 29,8 juta. Sejak awal wabah, sekitar 85,6 juta orang terinfeksi HIV dan 40,4 juta orang meninggal akibat penyakit terkait AIDS. Kematian terkait AIDS telah menurun sebesar 69% sejak puncaknya pada tahun 2004 dan 51% sejak tahun 2010. Pada tahun 2022, 630.000 orang meninggal akibat penyakit terkait AIDS, menurun drastis dari 2,0 juta pada tahun 2004 dan 1,3 juta pada tahun 2010. Kematian terkait AIDS juga menurun sebesar 55% di kalangan perempuan dan gadis serta 47% di kalangan laki-laki dan anak laki-laki sejak tahun 2010. Pada tahun 2018 terdapat total 37.9 Juta Orang orang didunia yang diperkirakan hidup dengan HIV [3].



Gambar 2. *People estimated to be living with HIV*

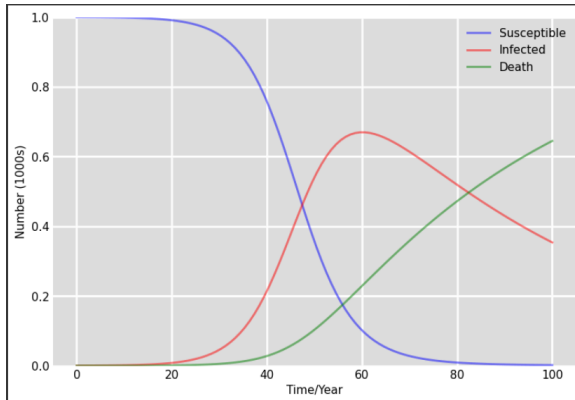
Di Indonesia sendiri, Kementerian Kesehatan (Kemenkes) mencatat, jumlah kasus HIV (*human immunodeficiency virus*) di Indonesia diproyeksikan mencapai 515.455 kasus selama Januari-September 2023. Dari total tersebut, 454.723 kasus atau 88% sudah terkonfirmasi oleh penderitanya atau orang dengan HIV (ODHIV) [13].

## 2. Epidemiologi SIR

Model SIR adalah suatu model epidemiologi yang membagi populasi menjadi tiga kelompok yang saling terpisah: individu yang rentan terhadap infeksi (*Susceptible* - S), individu yang terinfeksi (*Infected* - I), dan individu yang sembuh dari penyakit (*Recovered* - R). Selanjutnya, dengan adanya interaksi antara individu di ketiga kelompok tersebut, kita dapat mengetahui jumlah individu pada kelompok terinfeksi dan dua kelompok lainnya pada suatu waktu tertentu [12].

#### IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dengan menggunakan Metode Epidemiologi Model SIR dan diaplikasikan pada dataset penderita HIV di Indonesia dari tahun 2000-2022 yang kemudian disimulasikan menggunakan bahasa pemrograman *Python*, maka diperoleh hasil sebagai berikut



Gambar3. Grafik Data HIV dengan hasil Metode Epidemiologi Model SIR

Grafik tersebut merupakan hasil Model SIR yang diterapkan dalam dataset HIV yang terjadi di Indonesia. Dimana setiap kurva memiliki interpretasi yang berbeda-beda. Kurva biru menunjukkan Jumlah Orang yang rentan terinfeksi penyakit HIV. Kurva merah menunjukkan jumlah orang yang sudah terinfeksi penyakit HIV. Dan kurva hijau menunjukkan jumlah kematian yang disebabkan oleh penyakit HIV.

Dari simulasi tersebut, didapatkan informasi bahwa mayoritas populasi (*Susceptible*) pada awalnya rentan terhadap HIV, namun menurun seiring waktu karena mereka terinfeksi HIV. Untuk orang yang terinfeksi (*Infected*), pada awalnya masih sedikit orang yang terinfeksi. Namun seiring berjalannya waktu, kurva semakin meningkat yang menjelaskan bahwa

penyebaran virus semakin banyak. Hingga akhirnya kurva mengalami penurunan yang menunjukkan perlambatan infeksi baru dan disebabkan oleh meningkatnya jumlah orang yang meninggal. Dan yang terakhir, yaitu Kurva kematian akibat HIV (*Death*), simulasi awal menunjukkan jumlah orang yang meninggal akibat HIV, yang kemudian semakin meningkat secara bertahap meskipun infeksi baru melambat selama masa simulasi.

Dari hasil pada grafik tersebut diperoleh persamaan Matematika hasil dari simulasi menggunakan bahasa pemrograman *Python* yaitu sebagai berikut :

```
# Menentukan Data Populasi
N = df2['Population'].iloc[-1]

# Menentukan Nilai Awal
# jumlah awal populasi terinfeksi
I0 = df2["All Cases"].iloc[0]
# Jumlah awal individu meninggal
R0 = df2["Death"].iloc[0]
# jumlah populasi yang rentan terinfeksi
S0 = N-I0-R0
# jumlah populasi yang rentan terinfeksi
y0 = S0, I0, R0

# Perkirakan nilai beta & gamma
# estimasi nilai penularan
Beta = 0.2
# estimasi tingkat kematian
Gamma = R0/I0

# Mendefinisikan model SIR
def sir(y, t, N, Beta, Gamma):
    S, I, R = y
    dSdt = -Beta * S * I / N
    dIdt = Beta * S * I / N - Gamma
```

```

* I
    dRdt = Gamma * I
    return ([dSdt, dIdt, dRdt])

# Simulasi periode waktu
t = np.linspace(0, 100, 100)

# Solusi ODE
sol = odeint(sir, y0, t, args=(N,
Beta, Gamma))
S, I, R = sol.T

# Visualisasi hasil
fig = plt.figure(facecolor='w')
ax = fig.add_subplot(111,
facecolor='#ddddd',
axisbelow=True)
ax.plot(t, S/N, 'b', alpha=0.5,
lw=2, label='Susceptible')
ax.plot(t, I/N, 'r', alpha=0.5,
lw=2, label='Infected')
ax.plot(t, R/N, 'g', alpha=0.5,
lw=2, label='Death')
ax.set_xlabel('Time/Year')
ax.set_ylabel('Number (1000s)')
ax.set_ylim(0,1)
ax.yaxis.set_tick_params(length=0)
ax.xaxis.set_tick_params(length=0)
ax.grid( which='major', c='w',
lw=2, ls='--')
legend = ax.legend()
legend.get_frame().set_alpha(0.5)
for spine in ('top', 'right',
'bottom', 'left'):

```

```

ax.spines[spine].set_visible(False)
plt.show()

```

## V. KESIMPULAN

Model SIR dapat digunakan untuk memahami bagaimana HIV menyebar dan memengaruhi populasi. Namun, untuk model SIR yang telah penulis buat, memiliki beberapa keterbatasan, seperti model ini tidak memperhitungkan semua faktor yang mempengaruhi penyebaran HIV (perilaku seksual, akses ke pengobatan, dll) dan hanya memberikan gambaran umum penyebaran HIV.

Hasil simulasi menunjukkan bahwa HIV dapat menyebar dengan cepat dalam populasi dan menyebabkan kematian yang signifikan. Penyebaran virus dapat dikontrol dengan berbagai intervensi, seperti meningkatkan kesadaran masyarakat tentang HIV dan cara pencegahannya, mencegah penularan HIV melalui hubungan seksual, dan juga pengobatan antiretroviral (ARV).

Sehingga simulasi menggunakan model SIR ini dapat membantu mengurangi jumlah orang yang terinfeksi HIV, mencegah kematian akibat HIV, meningkatkan kualitas hidup orang yang terinfeksi HIV dan mengembangkan strategi pencegahan dan pengendalian HIV yang efektif.

## VI. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Direktorat Jenderal Pencegahan dan Pengendalian Penyakit Kementerian Kesehatan Republik Indonesia. 2020. “Estimasi dan Proyeksi HIV AIDS di Indonesia tahun 2019-2024.” 118.
- [2] Mabaso MLH, Zama TP, Mlangeni L, Mbiza S, Mkhize-Kwitshana ZL. 2018. “Association between the Human Development Index and millennium development goals 6 indicators in sub-Saharan Africa from 2000 to 2014.” *implications for the New Sustainable Development Goals. J Epidemiol Glob Health*.
- [3] UNAIDS data 2019. n.d. “Joint United Nations Programme on HIV/AIDS 2019.” <https://www.unaids.org/en/resources/documents/2019/2019-UNAIDS-data>.
- [4] Mahy M, Marsh K, Sabin K, Wanyeki I, Daher J, Ghys PD. n.d. “HIV estimates through 2018: data for decision-making.” *AIDS*. 2019;33:S203–S11. doi: 10.1097/QAD.0000000000002321.
- [5] Khan G, Hashim MJ. n.d. “Burden of virus-associated liver cancer in the Arab world, 1990–2010.” *Asian Pac J Cancer Prev*. 2015;16:265–70. doi: 10.7314/apjcp.2015.16.1.265.
- [6] Khan G, Hashim MJ. n.d. “Global burden of deaths from Epstein-Barr virus attributable malignancies 1990–2010.” *Infect Agents Cancer*. 2014;9:38. doi: 10.1186/1750-9378-9-38.
- [7] Hashim MJ, Al-Shamsi FA, Al-Marzooqi NA, Al-Qasemi SS, Mokdad AH, Khan G. n.d. “Burden of breast cancer in the Arab World: findings from Global Burden of Disease, 2016.” *J Epidemiol Glob Health*. 2018;8:54–8. doi: 10.2991/j.jegh.2018.09.003.
- [8] Murray CJL, Ortblad KF, Guinovart C, Lim SS, Wolock TM, Roberts DA, et al. n.d. “Global, regional, and national incidence and mortality for HIV, tuberculosis, and malaria during 1990–2013: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2013.” *Lancet*. 2014;384:1005–70. doi: 10.1016/S0140-6736(14)60844-8.
- [9] GBD 2015 HIV Collaborators Estimates of global, regional, and national incidence, prevalence, and mortality of HIV, 1980–2015: the Global Burden of Disease Study 2015. *Lancet HIV*. 2016;3:e361–e87. doi: 10.1016/S2352-3018(16)30087-X.
- [10] GBD 2017 HIV collaborators Global, regional, and national incidence, prevalence, and mortality of HIV, 1980–2017. *Lancet HIV*. 2019;6:e831–e59. doi: 10.1016/S2352-3018(19)30196-1. and forecasts to 2030, for 195 countries and territories: a systematic analysis for the Global Burden of Diseases, Injuries, and Risk Factors Study 2017.
- [11] “HIV and AIDS.” 2023. World Health Organization (WHO). <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/hiv-aids>.
- [12] McSwine, Damien. 2023. “.,.”, - YouTube. <https://www.sridianti.com/ipa/model-sir-dan-seir.html>.
- [13] “Penderita HIV Indonesia Mayoritas Berusia 25-49 Tahun per September 2023.” n.d. Databoks. Accessed December 28, 2023. <https://databoks.katadata.co.id/datapublish/2023/12/01/penderita-hiv-indonesia-mayoritas-berusia-25-49-tahun-per-september-2023>.