

Simulasi Penyebaran Penyakit Menular HIV Di Ibu Kota Jakarta Menggunakan Permodelan NetLogo

Ibrahim Dzaky Wicaksana¹, Salma Salsabilla², Andhika Putra Fitrahirsca³

^{1,2,3} Teknik Industri, Universitas Muhammadiyah Gombong, Kebumen, Jawa Tengah, Indonesia.
Email: ibrahimdzaky123@gmail.com

Abstract—Human Immunodeficiency Virus (HIV) remains a major public health problem in Jakarta, Indonesia, with a significant increase in reported cases. This study aims to analyze the pattern of HIV transmission using an agent-based modeling approach through the NetLogo software. Individuals are modeled as agents with health status and awareness levels that interact based on specific transmission probabilities. The simulation is conducted under three intervention scenarios, namely religious values, government regulations, and contraceptive use. The results show that interventions based on religious values are able to promote safer behaviors but tend to be fluctuating, while government policies provide a more stable impact through regulations and healthcare services. Contraceptive use emerges as the most effective intervention in reducing new infections and maintaining the dominance of a healthy population. This study demonstrates that agent-based modeling is effective in understanding the dynamics of HIV transmission and can serve as a basis for formulating more optimal prevention strategies.

Keywords— agent-based modeling, DKI Jakarta, HIV, intervention, NetLogo

Abstrak — Penyakit Human Immunodeficiency Virus (HIV) masih menjadi masalah kesehatan masyarakat utama di DKI Jakarta dengan peningkatan kasus yang signifikan. Penelitian ini bertujuan menganalisis pola penyebaran HIV menggunakan pendekatan agent-based modeling melalui perangkat lunak NetLogo. Individu dimodelkan sebagai agen dengan status kesehatan dan tingkat kesadaran yang berinteraksi berdasarkan probabilitas penularan tertentu. Simulasi dilakukan dalam tiga skenario intervensi, yaitu nilai agama, peraturan pemerintah, dan penggunaan alat kontrasepsi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa intervensi berbasis nilai agama mampu membentuk perilaku lebih aman namun bersifat fluktuatif, sementara kebijakan pemerintah memberikan dampak lebih stabil melalui regulasi dan layanan kesehatan. Penggunaan alat kontrasepsi menjadi intervensi paling efektif dalam menekan infeksi baru dan menjaga dominasi populasi sehat. Penelitian ini membuktikan bahwa pemodelan berbasis agen efektif untuk memahami dinamika penyebaran HIV dan dapat menjadi dasar perumusan strategi pencegahan yang lebih optimal.

Kata Kunci— agent-based modeling, DKI Jakarta, HIV, intervensi, NetLogo

I. PENDAHULUAN

Penyakit Human Immunodeficiency Virus (HIV) masih menjadi tantangan besar dalam sistem kesehatan masyarakat Indonesia, terutama di wilayah perkotaan seperti DKI Jakarta. Kondisi ini sejalan dengan fokus pembangunan nasional melalui Asta Cita Presiden, khususnya poin keempat yang menekankan peningkatan pelayanan kesehatan dan pengendalian penyakit menular. Upaya ini menjadi semakin penting mengingat peningkatan signifikan kasus HIV dalam beberapa tahun terakhir. Berdasarkan data Badan Pusat Statistik (BPS), jumlah kasus HIV di DKI Jakarta meningkat drastis dari 103 kasus pada tahun 2022 menjadi 5.115 kasus pada tahun 2024 [1], menunjukkan lonjakan yang sangat tajam dan mengindikasikan potensi percepatan penyebaran penyakit pada kelompok populasi tertentu. Lonjakan ini menegaskan perlunya pendekatan analitis yang mampu memetakan dinamika penyebaran HIV secara sistematis dan berbasis data.

Penyebaran HIV di DKI Jakarta dipengaruhi oleh berbagai kelompok pemangku kepentingan (stakeholder) yang memiliki dampak berbeda terhadap dinamika epidemi. Primary stakeholder, seperti Orang dengan HIV/AIDS (ODHA), kelompok berisiko (pekerja seks, pengguna jarum suntik, pasangan seksual, LGBTQ), merupakan kelompok yang paling langsung terlibat dalam rantai penularan. Secondary stakeholder seperti tenaga medis dan fasilitas kesehatan berperan dalam deteksi dini, penanganan medis, edukasi, dan pendampingan. Sementara itu, key stakeholder seperti pemerintah daerah dan institusi keagamaan memiliki pengaruh strategis dalam merumuskan kebijakan, menciptakan regulasi, dan membentuk norma sosial yang berkaitan dengan perilaku seksual, pencegahan penularan, dan pengurangan stigma terhadap ODHA. Keterlibatan semua stakeholder ini menunjukkan bahwa penanggulangan HIV bukan hanya masalah medis, tetapi juga sosial, budaya, hukum, dan moral.

Upaya pengendalian HIV di Indonesia juga didukung oleh landasan hukum yang kuat. Undang-Undang Nomor 36 Tahun 2009 [2] tentang Kesehatan menjadi dasar hukum

nasional yang mengatur penanggulangan penyakit menular, termasuk HIV/AIDS. Peraturan Presiden Nomor 72 Tahun 2012 tentang Sistem Kesehatan Nasional menegaskan pentingnya sistem kesehatan yang terintegrasi dalam menangani penyakit menular [3]. Selain itu, Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 23 Tahun 2022 secara khusus mengatur penanggulangan HIV, AIDS, dan infeksi menular seksual (IMS) melalui pendekatan komprehensif yang mencakup pencegahan, pelayanan kesehatan, dan pengurangan dampak sosial [4]. Ketiga regulasi ini menjadi landasan penting bagi pemerintah daerah DKI Jakarta dalam merumuskan program penanggulangan HIV.

Selain regulasi formal, norma keagamaan juga memiliki pengaruh kuat terhadap perilaku masyarakat yang berkaitan dengan risiko penularan HIV. Dalam Islam, larangan tegas terhadap perilaku seksual berisiko tercantum dalam QS. Al-Isra ayat 32 yang menyatakan larangan mendekati zina [5]. Ajaran Kristen melalui Matius 5:27–32 dan 1 Korintus 6:18 juga menekankan pentingnya menjaga kemurnian tubuh dan menjauhi perbuatan seksual yang tidak benar [6]. Kitab Hindu Manusmriti melarang hubungan seksual di luar pernikahan dan menganggapnya sebagai dosa berat [7]. Sila ketiga Pancasila Buddhis melarang perilaku seksual yang tidak pantas atau tidak wajar [8]. Demikian pula, ajaran Konfusianisme menekankan pentingnya tatanan sosial dan kesusilaan (Li), yang secara implisit menolak seks bebas dan perilaku seksual berisiko [9]. Nilai-nilai agama ini membentuk konteks sosial yang mempengaruhi perilaku individu, persepsi risiko, dan tingkat stigma terhadap ODHA.

Meningkatnya kompleksitas faktor medis, sosial, dan budaya dalam penyebaran HIV di DKI Jakarta menuntut adanya metode analisis yang mampu memodelkan interaksi antar individu secara dinamis. Salah satu pendekatan yang relevan adalah agent-based modeling, di mana individu diperlakukan sebagai agen yang memiliki perilaku beragam dan dapat berinteraksi satu sama lain [10]. Platform NetLogo menjadi salah satu perangkat yang banyak digunakan karena mampu mensimulasikan dinamika populasi secara visual dan fleksibel. Melalui simulasi NetLogo, penelitian ini bertujuan untuk memetakan pola penyebaran HIV berdasarkan variabel-variabel perilaku berisiko, intensitas kontak, dan faktor intervensi, sehingga dapat memberikan gambaran yang lebih jelas mengenai potensi perkembangan kasus di DKI Jakarta.

Dengan demikian, penelitian ini tidak hanya menyoroti fenomena epidemi HIV dari sisi angka statistik, tetapi juga mengintegrasikan aspek kebijakan, sosial budaya, agama, dan perilaku manusia dalam memahami dinamika penyebarannya. Hasil analisis ini diharapkan dapat memberikan kontribusi ilmiah serta menjadi dasar pertimbangan bagi pemerintah daerah dan pemangku kepentingan lain dalam merumuskan strategi penanggulangan HIV yang lebih efektif, sejalan dengan visi Asta Cita Presiden dalam peningkatan kesehatan masyarakat.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. HIV sebagai Masalah Kesehatan Masyarakat

Human Immunodeficiency Virus (HIV) merupakan penyakit menular yang masih menjadi tantangan utama kesehatan masyarakat di berbagai negara, termasuk Indonesia. Peningkatan kasus HIV menunjukkan bahwa upaya pencegahan dan pengendalian masih memerlukan penguatan, khususnya di wilayah perkotaan dengan mobilitas penduduk tinggi seperti DKI Jakarta. Data Badan Pusat Statistik menunjukkan adanya lonjakan kasus HIV yang signifikan dalam beberapa tahun terakhir, sehingga diperlukan strategi penanganan yang lebih efektif dan berbasis bukti [1].

Secara global, UNAIDS melaporkan bahwa epidemi HIV masih terus berlangsung dengan jutaan orang hidup dengan HIV dan risiko penularan yang tetap tinggi pada kelompok populasi tertentu. Kondisi ini menegaskan pentingnya pendekatan komprehensif yang mencakup aspek medis, sosial, dan perilaku dalam upaya pengendalian HIV [10].

B. Kebijakan dan Regulasi Penanggulangan HIV di Indonesia

Penanggulangan HIV di Indonesia memiliki landasan hukum yang kuat melalui Undang-Undang Nomor 36 Tahun 2009 tentang Kesehatan, yang menegaskan kewajiban pemerintah dalam pencegahan dan pengendalian penyakit menular [2]. Selain itu, Peraturan Presiden Nomor 72 Tahun 2012 tentang Sistem Kesehatan Nasional menekankan pentingnya sistem kesehatan yang terintegrasi untuk menjamin pelayanan kesehatan yang merata dan berkesinambungan [3].

Kementerian Kesehatan Republik Indonesia juga menetapkan kebijakan khusus terkait penanggulangan HIV, AIDS, dan infeksi menular seksual melalui regulasi yang mencakup upaya promotif, preventif, kuratif, dan rehabilitatif [4]. Kebijakan ini menjadi dasar bagi pemerintah daerah dalam merancang program pencegahan HIV yang disesuaikan dengan karakteristik wilayah masing-masing.

C. Agent-Based Modeling dalam Studi Penyakit Menular

Agent-based modeling (ABM) merupakan pendekatan pemodelan yang merepresentasikan individu sebagai agen dengan karakteristik dan perilaku tertentu, serta mampu berinteraksi satu sama lain dalam suatu lingkungan simulasi. Pendekatan ini sesuai untuk mempelajari penyakit menular karena dapat menggambarkan dinamika interaksi individu, heterogenitas perilaku, dan dampak intervensi secara fleksibel.

Penggunaan perangkat lunak NetLogo memungkinkan visualisasi penyebaran penyakit secara dinamis, sehingga peneliti dapat mengevaluasi berbagai skenario intervensi dan memahami pola perubahan populasi dari waktu ke waktu [10].

III. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan metode eksperimen berbasis simulasi untuk menganalisis penyebaran penyakit menular HIV. Pemodelan yang digunakan adalah agent-based modeling (ABM), di mana individu dalam populasi dimodelkan

sebagai agen dengan karakteristik status kesehatan dan tingkat kesadaran terhadap HIV. Simulasi dilakukan menggunakan perangkat lunak NetLogo, yang mampu memvisualisasikan interaksi antarindividu secara dinamis dalam suatu populasi.

Objek penelitian adalah penyebaran HIV pada populasi masyarakat yang dimodelkan secara virtual untuk merepresentasikan kondisi Provinsi DKI Jakarta. Setiap agen memiliki status kesehatan, yaitu sehat, terinfeksi HIV, atau meninggal, serta tingkat kesadaran yang memengaruhi perilaku berisiko. Penularan HIV terjadi ketika agen sehat berinteraksi dengan agen terinfeksi berdasarkan probabilitas penularan tertentu. Intervensi berupa peningkatan kesadaran dan layanan kesehatan dimasukkan ke dalam model untuk melihat pengaruhnya terhadap dinamika penyebaran HIV.

Output simulasi berupa jumlah individu sehat dan sadar HIV, jumlah individu terinfeksi HIV, serta jumlah individu meninggal akibat HIV. Simulasi dijalankan dalam beberapa skenario, yaitu intervensi dari agama, peraturan pemerintah, dan penggunaan alat kontrasepsi, kemudian hasilnya dianalisis secara deskriptif kuantitatif melalui perbandingan grafik dan tren perubahan populasi. Hasil analisis digunakan untuk menilai efektivitas intervensi dalam meningkatkan jumlah individu sehat serta menurunkan jumlah individu terinfeksi dan kematian akibat HIV.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

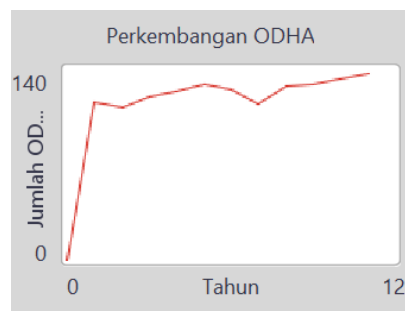
Simulasi penyebaran HIV dijalankan dalam tiga skenario intervensi, yaitu intervensi berbasis nilai agama, kebijakan pemerintah, dan penggunaan alat kontrasepsi. Masing-masing skenario direpresentasikan melalui penyesuaian parameter pada model NetLogo.

Jumlah penduduk sehat pada setiap skenario intervensi menunjukkan perbedaan yang cukup signifikan. Pada skenario intervensi berbasis nilai agama, jumlah individu sehat menurun lalu meningkat pada pertengahan tahun. Pada akhir tahun mengalami penurunan lagi sebesar 18%. Nilai-nilai moral dan norma sosial yang ditekankan dalam ajaran agama berkontribusi dalam membentuk pola perilaku yang lebih aman, sehingga menjaga proporsi populasi sehat tetap tinggi dalam jangka panjang. Meskipun peningkatannya tidak secepat skenario lainnya, stabilitas jumlah individu sehat menunjukkan bahwa pendekatan berbasis nilai sosial memiliki dampak positif yang berkelanjutan.

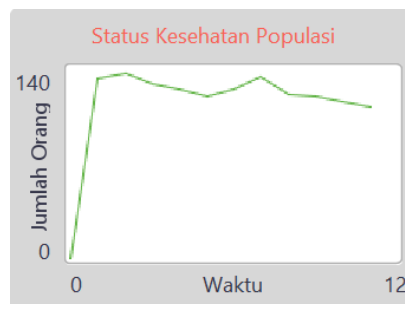
Pada skenario intervensi agama, jumlah ODHA meningkat secara bertahap, tetapi di pertengahan tahun menurun lalu pada akhir tahun ke-10 mengalami peningkatan sebesar 18%. Sementara itu, jumlah penduduk sehat cenderung meningkat pada pertengahan tahun sebesar 18%.

Tabel 1 Jumlah ODHA Intervensi Agama

TAHUN	JUMLAH
0-2	816
3-4	1328
5-6	1844
7-8	2259
9-10	2847



Gambar 1 Grafik ODHA Intervensi Agama



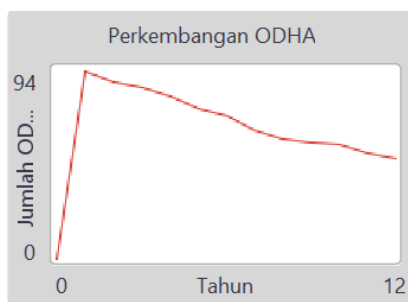
Gambar 2 Grafik Status Kesehatan Populasi Intervensi Agama

.Pada skenario peraturan pemerintah, peningkatannya cukup stabil tetapi pada tahun ke-7 lebih tinggi dari tahun lainnya untuk jumlah ODHA. Sementara itu, jumlah penduduk sehat cenderung menurun secara stabil tetapi pada tahun ke-7 lebih menurun dari tahun lainnya. Hal ini disebabkan oleh peningkatan efektivitas intervensi melalui regulasi dan layanan kesehatan.

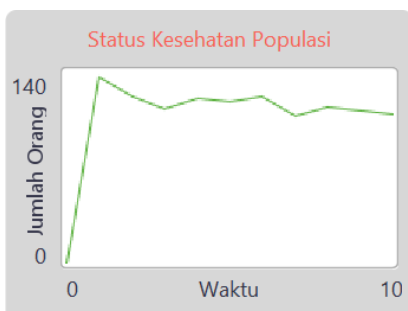
Pada skenario intervensi ini, jumlah penduduk sehat lebih stabil dibandingkan skenario agama. Pada tahun ke-7 lebih tinggi dari tahun lainnya. Hal ini disebabkan oleh adanya regulasi formal, program edukasi kesehatan, serta layanan medis yang lebih terstruktur, seperti pemeriksaan rutin dan pengobatan antiretroviral. Kebijakan ini membantu menekan laju penularan dan mempercepat proses pemulihan, sehingga sebagian besar populasi tetap berada dalam kondisi sehat sepanjang periode simulasi.

Tabel 2 Jumlah ODHA Intervensi Peraturan Pemerintah

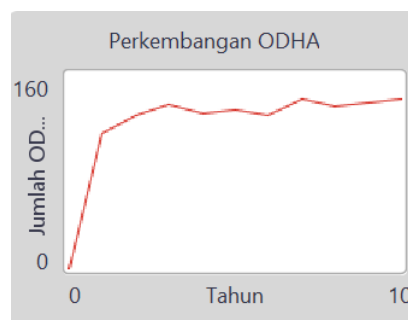
TAHUN	JUMLAH
0-2	821
3-4	1241
5-6	1762
7-8	2277
9-10	2793



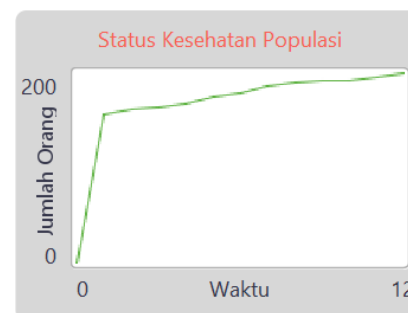
Gambar 3 Grafik ODHA Intervensi Peraturan Pemerintah



Gambar 4 Grafik Status Kesehatan Populasi Intervensi Peraturan Pemerintah



Gambar 5 Grafik ODHA Intervensi Peraturan Pemerintah



Gambar 6 Grafik Status Kesehatan Populasi Intervensi Alat Kontrasepsi

Pada skenario penggunaan alat kontrasepsi, laju infeksi baru menurun secara signifikan sebesar 43%, sehingga jumlah ODHA dari tahun ke tahun tetap rendah. Jumlah penduduk sehat mendominasi populasi hingga akhir periode simulasi. Sementara itu, pada skenario penggunaan alat kontrasepsi, jumlah penduduk sehat menjadi yang paling dominan sejak awal simulasi. Penggunaan alat kontrasepsi secara langsung menurunkan risiko penularan HIV saat terjadi kontak, sehingga infeksi baru dapat ditekan secara signifikan. Akibatnya, jumlah individu sehat tidak hanya tinggi, tetapi juga lebih stabil dibandingkan dua skenario lainnya. Hasil ini menunjukkan bahwa intervensi medis yang bersifat preventif memiliki efektivitas paling tinggi dalam menjaga kesehatan populasi.

Tabel 3 Jumlah ODHA Intervensi Alat Kontrasepsi

TAHUN	JUMLAH
0-2	786
3-4	1318
5-6	1556
7-8	1832
9-10	2434

Berdasarkan hasil simulasi pada ketiga skenario intervensi, dapat dilihat bahwa jenis intervensi sangat memengaruhi dinamika jumlah ODHA dan penduduk sehat. Intervensi berbasis nilai agama mampu membentuk perilaku yang lebih aman, namun hasilnya masih menunjukkan fluktuasi sehingga pengaruhnya belum sepenuhnya stabil. Intervensi melalui peraturan pemerintah

memberikan dampak yang lebih konsisten karena didukung oleh regulasi formal, edukasi kesehatan, dan layanan medis yang terstruktur. Sementara itu, penggunaan alat kontrasepsi terbukti menjadi intervensi yang paling efektif dalam menekan laju infeksi baru, sehingga jumlah ODHA tetap rendah dan penduduk sehat mendominasi populasi. berdasarkan beberapa jurnal yang sudah ada, Salah satu upaya pencegahan yang terbukti efektif adalah penggunaan alat kontrasepsi, khususnya kontrasepsi penghalang seperti kondom. Penggunaan alat kontrasepsi secara konsisten dan benar dapat secara signifikan mencapai angka 85,7% dari jurnal yang sudah ada menurunkan risiko penularan HIV karena mampu mencegah kontak langsung dengan cairan tubuh yang berpotensi mengandung virus.

V. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil simulasi penyebaran HIV di Ibu Kota Jakarta menggunakan pemodelan NetLogo, dapat disimpulkan bahwa penyebaran HIV dipengaruhi oleh interaksi perilaku individu, tingkat risiko, serta bentuk intervensi yang diterapkan. Model berbasis agen mampu menggambarkan dinamika penularan secara visual dan sistematis, sehingga memberikan pemahaman yang lebih jelas mengenai perkembangan jumlah ODHA dan penduduk sehat dari waktu ke waktu.

Hasil simulasi menunjukkan bahwa setiap skenario intervensi memberikan dampak yang berbeda. Intervensi berbasis nilai agama berperan dalam membentuk perilaku yang lebih aman, namun hasilnya masih bersifat fluktuatif karena tingkat kepatuhan masyarakat yang beragam. Intervensi melalui peraturan pemerintah memberikan hasil yang lebih stabil karena didukung oleh regulasi formal, edukasi kesehatan, serta layanan medis seperti pemeriksaan

rutin dan pengobatan ARV, sehingga mampu menekan laju penularan HIV secara lebih konsisten.

Sementara itu, penggunaan alat kontrasepsi menjadi intervensi paling efektif dalam menurunkan risiko penularan HIV. Penggunaan alat kontrasepsi secara langsung mengurangi kemungkinan infeksi baru, sehingga jumlah ODHA tetap rendah dan penduduk sehat mendominasi populasi hingga akhir simulasi. Secara keseluruhan, kombinasi antara intervensi sosial, kebijakan pemerintah, dan tindakan medis preventif sangat diperlukan untuk pengendalian penyebaran HIV yang lebih optimal di wilayah perkotaan seperti Jakarta.

Berdasarkan hasil penelitian, disarankan agar pemerintah daerah terus memperkuat program pencegahan HIV melalui edukasi kesehatan, pemeriksaan rutin, serta peningkatan akses terhadap pengobatan antiretroviral. Selain itu, kampanye penggunaan alat kontrasepsi perlu diperluas karena terbukti paling efektif dalam menekan laju penularan HIV, serta mampu menjaga jumlah penduduk sehat tetap tinggi dan stabil.

Untuk penelitian selanjutnya, model simulasi NetLogo dapat dikembangkan dengan menambahkan variabel seperti usia, tingkat pendidikan, dan mobilitas penduduk agar hasil simulasi menjadi lebih realistis. Penggunaan data yang lebih rinci juga diharapkan dapat menghasilkan analisis yang lebih akurat sebagai dasar perumusan kebijakan kesehatan di masa depan.

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Program Studi Teknik Industri Universitas Muhammadiyah Gombong atas dukungan akademik, bimbingan, serta fasilitas yang diberikan selama proses penyusunan dan pelaksanaan penelitian ini. Penulis juga menyampaikan apresiasi kepada LPPM/LPPIK Universitas Muhammadiyah Gombong atas dukungan kelembagaan dan arahan yang diberikan sehingga penelitian ini dapat diselesaikan dengan baik. Semoga hasil penelitian ini dapat memberikan kontribusi yang bermanfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan, khususnya di bidang teknik industri.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Badan Pusat Statistik, “Jumlah Kasus HIV/AIDS Menurut Provinsi,” BPS, 2024. [Online]. Available: <https://www.bps.go.id>
- [2] Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 36 Tahun 2009 tentang Kesehatan.
- [3] Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 72 Tahun 2012 tentang Sistem Kesehatan Nasional.
- [4] Kementerian Kesehatan Republik Indonesia, “Profil Kesehatan Indonesia 2023,” Kemenkes RI, Jakarta, 2024.
- [5] Kementerian Agama Republik Indonesia, “Al-Qur’an dan Terjemahannya: Surah Al-Isra Ayat 32,” Jakarta: Lajnah Pentashihan Mushaf Al-Qur’an, 2019.
- [6] Lembaga Alkitab Indonesia, Alkitab Terjemahan Baru, Jakarta: LAI, 2019. (Matius 5:27–32; 1 Korintus 6:18).
- [7] R. Prasad, Manusmriti: The Laws of Manu, New Delhi: Motilal Banarsidass, 2018.
- [8] Dhammaviro, Pancasila Buddhis dan Etika Kehidupan, Jakarta: Buddhis Center Indonesia, 2017.
- [9] Confucius, The Analects, Translated by A. Waley, London: Routledge, 2016.
- [10] UNAIDS, “Global HIV & AIDS Statistics – 2024 Fact Sheet,” UNAIDS, 2024. [Online]. Available: <https://www.unaids.org>