

**ANALISIS DAN SIMULASI MODEL SEIRS TERHADAP DINAMIKA
INTENSITAS BERMAIN E-FOOTBALL PADA SANTRI PONDOK PESANTREN
AL ASROR SEMARANG**

Salwa Bara Afnan Zufar¹, Muhammad Habiburrohman²

^{1,2}Matematika FMIPA Universitas Negeri Semarang

¹salwabara@students.unnes.ac.id, ²habiburrohman@gmail.unnes.ac.id

ABSTRACT

The objective of this study is to develop an SEIRS model of the dynamics of e-football playing intensity among students at the Al Asror Islamic Boarding School, analyze the equilibrium points and basic reproduction number (R_0) in the SEIRS model, to analyze the stability of the SEIRS model using the Jacobian matrix and eigenvalues, and to conduct numerical simulations using Python to understand the dynamics of e-football playing behavior among students at Al Asror Islamic Boarding School. The research design employed is quantitative research using a mathematical modeling and numerical simulation approach based on the SEIRS (Susceptible–Exposed–Infected–Recovered–Susceptible) epidemiological model. This approach was used to analyze the dynamics of e-football playing intensity among students at Al Asror Islamic Boarding School based on social, emotional, disciplinary, academic, economic, and environmental factors. Based on the data analysis, the initial population conditions were $S=16$, $E=86$, $I=48$, and $R=7$. These results indicate that the majority of students are in the exposed compartment, suggesting a strong influence of social and environmental factors on e-football playing behavior.

Keywords: E-Football, Game, Seirs Model

ABSTRAK

*Tujuan dari penelitian ini adalah membentuk model SEIRS terhadap dinamika intensitas bermain e-football pada santri di Pondok Pesantren Al Asror, Menganalisis titik kesetimbangan dan bilangan reproduksi dasar (R_0) pada model SEIRS, menganalisis kestabilan model SEIRS menggunakan matriks Jacobian dan nilai eigen, melakukan simulasi numerik menggunakan Python untuk mengetahui dinamika perilaku bermain e-football pada santri di Pondok Pesantren Al Asror. Jenis penelitian yang digunakan yaitu penelitian kuantitatif dengan pendekatan pemodelan matematis dan simulasi numerik menggunakan model epidemiologi SEIRS (Susceptible–Exposed–Infected–Recovered–Susceptible). Pendekatan ini digunakan untuk menganalisis dinamika intensitas bermain e-football pada santri di Pondok Pesantren Al Asror berdasarkan faktor sosial, emosional, kedisiplinan, akademik, ekonomi, dan lingkungan. Berdasarkan hasil pengolahan data diperoleh kondisi awal populasi sebesar $S = 16$, $E = 86$, $I = 48$, dan $R = 7$. Hasil tersebut menunjukkan bahwa sebagian besar santri berada pada kompartemen *exposed*, yang menunjukkan tingginya pengaruh sosial dan lingkungan terhadap perilaku bermain e-football.*

Kata Kunci: E-football, Game, Model Seirs

A. Pendahuluan

Perkembangan teknologi informasi dan komunikasi yang berlangsung secara eksponensial telah mengubah lanskap hiburan digital secara global, di mana *game* elektronik (*e-sports*) muncul sebagai salah satu fenomena dominan di kalangan remaja (Fajar et al., 2025). Di Indonesia, tingkat penggunaan *game* online hingga saat ini telah mencapai 73,7 persen dengan total pengguna sebanyak 196,7 juta orang. Pulau Jawa menjadi wilayah dengan persentase pengguna tertinggi sebesar 56,4 persen, meningkat 0,7 persen dibandingkan tahun 2018, diikuti oleh Pulau Sumatera sebesar 22,1 persen, Sulawesi 7,0 persen, Kalimantan 6,3 persen, Bali dan Nusa Tenggara 5,2 persen, serta Maluku dan Papua sebesar 3,0 persen (Larantika et al., 2025).

Tingginya penggunaan *game* online tidak terlepas dari pesatnya perkembangan teknologi dan industri *game* digital. Perkembangan *smartphone* dan akses internet yang semakin mudah memungkinkan *game* online tidak lagi hanya dimainkan di warnet, tetapi juga dapat diakses secara fleksibel melalui perangkat *mobile* (Wahid & Fauzan, 2021).

Kemudahan akses ini membuat individu dapat bermain kapan saja dan di mana saja sesuai keinginan mereka. Selain itu, terdapat *game* online kompetitif menawarkan sistem pertandingan, tantangan antarpemain, sistem *gacha* karakter baru, serta pembaruan fitur secara berkala yang mampu mempertahankan keterlibatan pemain dalam durasi waktu yang panjang. Kondisi tersebut berpotensi menimbulkan perilaku bermain berlebihan yang dapat memengaruhi aspek emosional, kontrol diri, serta kualitas interaksi sosial individu dengan lingkungan sekitarnya (Zeng et al., 2021).

Salah satu *game* yang populer dalam kategori ini adalah *e-football*, yaitu *game* sepak bola virtual yang dikembangkan oleh Konami melalui divisi Konami Computer Entertainment Tokyo dengan dukungan tim produksi Blue Sky. *Game* ini pertama kali dirilis di Jepang dan terus menghadirkan pembaruan versi setiap tahunnya (Nini et al., 2023).

Pro Evolution Soccer (PES) merupakan *game* bergenre sepak bola yang pertama kali diperkenalkan pada tahun 1996 dengan nama *Goal*

Storm. Game ini dikembangkan oleh Konami Computer Entertainment, sebuah perusahaan pengembang *game* asal Jepang. Dalam pemasarannya, KONAMI membedakan nama *game* berdasarkan wilayah distribusi. Untuk pasar Eropa dan Amerika Utara, *game* tersebut dirilis dengan judul *Goal Storm* beserta seri lanjutannya dalam bahasa Inggris, sedangkan di Jepang menggunakan nama *Winning Eleven*. Pada Desember 2001, KONAMI mengganti nama *Goal Storm* menjadi *International Superstar Soccer*, sementara di Jepang tetap mempertahankan seri *Winning Eleven*. Seluruh seri awal *game* tersebut dimainkan menggunakan konsol Sony Playstation 1 (PS1). Perubahan nama menjadi *Pro Evolution Soccer* mulai digunakan sejak 25 Oktober 2001 dan dapat dimainkan pada konsol PS1 maupun PS2. Selanjutnya, pada 7 Agustus 2003, PES 3 mulai dirilis untuk platform PC sehingga *game* ini tidak lagi terbatas pada konsol Playstation saja, tetapi juga tersedia di berbagai perangkat lain seperti Microsoft Xbox dan Nintendo Wii. Hingga kini, seri PES telah berganti nama menjadi *eFootball 2023* dan dapat dimainkan

di berbagai perangkat, termasuk Xbox, PS3, PS4, PS5, Xbox One, dan PC (Rahmantyo, 2023). Karakteristik *game* ini mencakup sistem reward variabel, kompetisi berkelanjutan, dan elemen sosial daring menjadikannya rentan memicu perilaku adiktif pada penggunanya.

Fenomena ini kini merambah ke institusi pendidikan tradisional seperti pondok pesantren yang secara historis dikenal dengan sistem kedisiplinan yang ketat (Fikri, 2022). Masuknya teknologi digital di lingkungan pesantren menciptakan paradoks antara tuntutan perkembangan teknologi dan pemeliharaan tradisi spiritual (Dinata et al., 2023). Dalam sistem sosial yang terstruktur tersebut, seseorang cenderung mengikuti kebiasaan kelompok di sekitarnya sehingga perilaku bermain *game* dapat menyebar secara berkelompok melalui interaksi sosial sehari-hari (Qolbiah Suandy & Susanti, 2025).

Kondisi tersebut memicu berbagai kompleksitas permasalahan. Secara emosional, kompetisi dalam *game* sering kali memicu ketidakstabilan emosional yang berpotensi menimbulkan konflik interpersonal (Maziatul Putri &

Damaiyanti, 2026). Dari sisi kedisiplinan, manajemen waktu yang buruk menyebabkan terganggunya jadwal ibadah rutin dan pola tidur santri (Adi Putra et al., 2023). Dampak tersebut juga memengaruhi aspek akademik yang ditandai dengan penurunan konsentrasi belajar secara signifikan (Larasati et al., 2025). Selain itu, terdapat beban ekonomi tambahan akibat meningkatnya pengeluaran untuk transaksi dalam permainan (in-game purchase) yang dapat mengalihkan alokasi dana pendidikan (Kautsar et al., 2023).

Dalam perspektif matematika terapan, penyebaran perilaku bermain *game* dapat dianalogikan sebagai proses transmisi penyakit menular atau *social infection* (Wigantono et al., 2024.). Dalam dinamika sosial, perilaku tertentu dapat menyebar melalui proses interaksi antarpersona yang dikenal sebagai *social contagion*. Individu yang awalnya rentan dapat terpapar oleh pengaruh lingkungan sosial, kemudian mengalami peningkatan keterlibatan hingga berada pada fase aktif atau intensif dalam suatu perilaku tertentu, termasuk aktivitas bermain *game* (Mohammad et al., 2023). Model SEIRS (*Susceptible–Exposed–*

Infected–Recovered–Susceptible dipandang relevan karena mampu mengakomodasi kemungkinan individu yang telah berhenti bermain untuk kembali terpapar akibat pengaruh lingkungan dan kebiasaan sosial (Panjaitan et al., 2025).

Analisis matematis melalui model SEIRS memberikan kerangka kerja yang objektif untuk menganalisis dinamika penyebaran perilaku bermain *e-football* berdasarkan parameter yang terukur. Untuk meningkatkan ketepatan analisis, penelitian ini memanfaatkan bahasa pemrograman Python melalui Jupyter Notebook. Penggunaan pustaka ilmiah seperti *NumPy*, *SciPy*, dan *Matplotlib* memungkinkan penyelesaian sistem persamaan diferensial, analisis kestabilan, serta visualisasi dinamika temporal model secara akurat (Firmansyah & Prihandono, 2024). Pendekatan ini penting untuk memahami apakah perilaku bermain *e-football* di Pondok Pesantren Al Asror akan mencapai kondisi endemik atau dapat dikendalikan melalui mekanisme pemulihan dan pengawasan tertentu.

Beberapa penelitian terdahulu telah mengaplikasikan model kompartemen epidemiologi untuk

menganalisis fenomena kecanduan *game* online. Siregar et al., (2024) mengembangkan model SEIRS untuk kecanduan *game* online yang dialami oleh berbagai kelompok usia dengan hasil $R_0 = 2$. Rohmah (2024) memperbarui pendekatan serupa menggunakan model SEIR untuk dinamika kecanduan *game* online secara umum, sementara Fatahillah et al., (2021) memberikan kontribusi metodologis melalui penyelesaian numerik model SEIRS menggunakan metode Runge-Kutta orde 14.

Meskipun demikian, penelitian-penelitian tersebut masih memiliki beberapa keterbatasan. Pertama, seluruh penelitian terdahulu dilakukan pada populasi umum atau lingkungan sekolah reguler sehingga belum mempertimbangkan karakteristik khusus komunitas tertutup seperti pondok pesantren yang memiliki dinamika sosial, sistem pengawasan, dan pola interaksi yang berbeda secara signifikan. Kedua, *game* yang dimodelkan masih bersifat umum dan belum secara spesifik membahas *game* kompetitif seperti *e-football* yang memiliki karakteristik adiksi tersendiri melalui sistem kompetitif, peringkat *game*, dan *in-game purchase*. Ketiga, simulasi numerik

pada penelitian terdahulu umumnya menggunakan perangkat lunak Maple dan belum memanfaatkan ekosistem Python serta pustaka *SciPy* yang lebih terbuka, reproduisibel, dan mendukung transparansi ilmiah.

Berdasarkan celah penelitian tersebut, penelitian ini menawarkan kebaruan dalam beberapa aspek. Pertama, penelitian ini mengkaji dinamika intensitas bermain *e-football* pada santri di lingkungan Pondok Pesantren Al Asror yang memiliki karakteristik sosial dan kedisiplinan berbeda dibandingkan sekolah umum maupun populasi mahasiswa pada penelitian sebelumnya. Kedua, penelitian ini menggunakan model SEIRS untuk merepresentasikan penyebaran perilaku bermain *e-football* dengan mempertimbangkan faktor sosial, emosional, akademik, kedisiplinan, ekonomi, lingkungan, *recovery*, dan *relapse* dalam pembentukan parameter model. Ketiga, penelitian ini tidak hanya melakukan simulasi numerik, tetapi juga melakukan analisis matematis yang mencakup titik keseimbangan, *Next Generation Matrix*, bilangan reproduksi dasar (R_0), matriks Jacobian, dan nilai eigen untuk

menganalisis kestabilan sistem secara lebih komprehensif.

Selain itu, penelitian ini memanfaatkan bahasa pemrograman Python dengan pustaka *NumPy*, *SciPy*, dan *Matplotlib* dalam proses pengolahan data, penyelesaian sistem persamaan diferensial, serta visualisasi dinamika model SEIRS.

B. Metode Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian kuantitatif dengan pendekatan pemodelan matematis dan simulasi numerik menggunakan model epidemiologi SEIRS (*Susceptible–Exposed–Infected–Recovered–Susceptible*). Pendekatan ini digunakan untuk menganalisis dinamika intensitas bermain *e-football* pada santri di Pondok Pesantren Al Asror berdasarkan faktor sosial, emosional, kedisiplinan, akademik, ekonomi, dan lingkungan. Populasi dalam penelitian ini adalah santri mahasiswa dan santri kelas 12 di Pondok Pesantren Al Asror.

Penelitian ini dilakukan pada tanggal 1– 6 Mei 2026 dan bertempat di Pondok Pesantren Al Asror. Waktu penelitian tersebut merupakan periode pelaksanaan penyebaran dan pengumpulan data kuesioner kepada

responden penelitian. Pemilihan lokasi penelitian didasarkan pada tingginya penggunaan *game* digital di kalangan santri mahasiswa dan santri kelas 12 serta adanya interaksi sosial yang aktif dalam lingkungan pesantren yang memungkinkan terjadinya penyebaran perilaku bermain *e-football* antar santri.

Instrumen penelitian yang digunakan berupa kuesioner dengan skala Likert lima tingkat untuk mengukur dinamika perilaku bermain *e-football* pada santri. Variabel yang diukur meliputi intensitas bermain, emosional, sosial, kedisiplinan dan manajemen waktu, akademik, ekonomi, lingkungan dan kebiasaan, *recovery*, serta *relapse*.

Sebelum digunakan dalam penelitian, instrumen diuji validitas dan reliabilitasnya. Uji validitas dilakukan menggunakan korelasi *Product Moment Pearson* dan menunjukkan bahwa seluruh item pernyataan dinyatakan valid karena memiliki nilai $r_{hitung} > r_{tabel}$. Selanjutnya, uji reliabilitas dilakukan menggunakan metode Cronbach's Alpha dengan bantuan SPSS dan diperoleh nilai:

$$\text{Cronbach's Alpha} = 0.975$$

Nilai tersebut menunjukkan bahwa instrumen penelitian memiliki tingkat reliabilitas yang sangat tinggi dan layak digunakan dalam penelitian.

Prosedur penelitian diawali dengan studi literatur terkait kecanduan *game*, model epidemiologi SEIRS, dan penelitian terdahulu yang relevan. Tahap berikutnya adalah penyusunan dan penyebaran kuesioner kepada responden. Data yang diperoleh berupa skor jawaban responden terhadap setiap indikator penelitian yang selanjutnya digunakan sebagai dasar pembentukan parameter model SEIRS.

C. Hasil Penelitian dan Pembahasan Hasil

Hasil pengolahan data digunakan untuk membentuk parameter model SEIRS melalui proses normalisasi terhadap skala Likert. Berdasarkan perhitungan diperoleh nilai parameter sebagai berikut:

PARAMETER MODEL	
Beta	: 0.6799
Sigma	: 0.6223
Gamma	: 0.5622
Omega	: 0.5864

Gambar 1. Hasil Perhitungan Parameter Model threshold pada indikator perilaku bermain. Berdasarkan hasil

klasifikasi diperoleh kondisi awal populasi

Gambar 2. Hasil Klasifikasi Model SEIRS

KONDISI AWAL	
Susceptible (S)	= 16
Exposed (E)	= 86
Infection (I)	= 48
Recovered (R)	= 7

Hasil tersebut menunjukkan bahwa sebagian besar responden berada pada kompartemen *exposed*, yang menunjukkan tingginya pengaruh lingkungan dan interaksi sosial terhadap perilaku bermain *e-football* pada santri. Bilangan reproduksi dasar (R_0) digunakan untuk mengetahui kemampuan penyebaran perilaku bermain *e-football* dalam populasi santri. Nilai (R_0) diperoleh menggunakan metode Next Generation Matrix. Berdasarkan hasil substitusi parameter model diperoleh:

Gambar 3. Hasil Perhitungan Nilai R_0

Nilai R_0 = 1.21

Karena: $R_0 > 1$

maka perilaku bermain *e-football* masih dapat menyebar dalam populasi santri dan sistem cenderung menuju titik keseimbangan endemik. Selanjutnya dilakukan substitusi titik keseimbangan ke dalam matriks Jacobian untuk memperoleh

kestabilan sistem di sekitar titik keseimbangan endemik. Berdasarkan hasil perhitungan menggunakan Python diperoleh nilai eigen sebagai berikut:

Gambar 4. Hasil Perhitungan Nilai

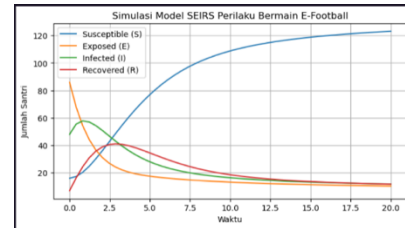
```
Nilai Eigen
Nilai Eigen 1 = (-0.001000000000000223+0j)
Nilai Eigen 2 = (-1.0157459820969197+0j)
Nilai Eigen 3 = (-0.48300156099557195+0.3985971068930824j)
Nilai Eigen 4 = (-0.48300156099557195-0.3985971068930824j)
```

Hasil tersebut menunjukkan bahwa seluruh nilai eigen memiliki bagian real negatif. Dalam analisis kestabilan sistem dinamik, titik keseimbangan dikatakan stabil asimtotik apabila seluruh nilai eigen matriks Jacobian memiliki bagian real kurang dari nol. Karena seluruh nilai eigen memenuhi kondisi:

Hal ini menunjukkan bahwa dinamika perilaku bermain *e-football* pada santri cenderung menuju kondisi stabil dalam jangka panjang. Meskipun perilaku bermain masih dapat menyebar dalam populasi, sistem tidak mengalami pertumbuhan yang tidak terkendali sehingga perubahan populasi pada setiap kompartemen akhirnya menuju keadaan setimbang.

Berdasarkan hasil simulasi diperoleh bahwa kompartemen *exposed* mengalami penurunan

secara bertahap seiring waktu. Hal ini menunjukkan bahwa santri yang awalnya hanya terpapar aktivitas bermain *e-football* mulai berpindah menuju kompartemen *infected* maupun *recovered*.



Gambar 5. Hasil Simulasi Numerik menggunakan Bahasa Pemrograman Python

Kompartemen *infected* mengalami peningkatan pada fase awal simulasi akibat tingginya pengaruh sosial, lingkungan, dan intensitas bermain *e-football* di kalangan santri. Setelah mencapai titik puncak, jumlah *infected* menurun secara bertahap akibat adanya proses pemulihan yang dipengaruhi oleh kedisiplinan, aktivitas akademik, serta kontrol sosial dalam lingkungan pesantren. Selain itu, kompartemen *recovered* mengalami peningkatan setelah meningkatnya jumlah *infected*. Hal ini menunjukkan bahwa sebagian santri mulai mampu mengontrol perilaku bermain *e-football*. Akan tetapi, adanya parameter relaps (ω) menyebabkan sebagian santri masih

memiliki kemungkinan untuk kembali terpapar aktivitas bermain.

Sementara itu, kompartemen *susceptible* mengalami peningkatan dalam jangka panjang yang menunjukkan bahwa sebagian besar santri kembali berada pada kondisi rentan atau tidak aktif bermain secara intensif. Pada akhir simulasi, seluruh kompartemen menuju kondisi stabil sehingga sistem mencapai keadaan setimbang. Hasil simulasi numerik menunjukkan bahwa perilaku bermain *e-football* masih dapat menyebar dalam populasi santri, namun penyebarannya relatif terkendali akibat adanya proses pemulihan dan pengaruh lingkungan pesantren yang mendukung pengendalian perilaku bermain.

Pembahasan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa model SEIRS mampu menggambarkan dinamika perilaku bermain *e-football* pada santri Pondok Pesantren Al Asror. Dominannya kompartemen *exposed* menunjukkan bahwa mayoritas santri telah terpapar aktivitas bermain akibat pengaruh sosial dan lingkungan. Kondisi ini sejalan dengan konsep *social contagion* yang menyatakan bahwa suatu perilaku dapat menyebar

melalui interaksi sosial antarpersona. Dalam lingkungan pesantren yang memiliki intensitas interaksi tinggi, perilaku bermain *e-football* dapat berkembang melalui pengaruh kelompok sebaya dan kebiasaan bermain bersama.

Nilai parameter laju penyebaran (β) yang relatif tinggi menunjukkan bahwa faktor sosial dan lingkungan memiliki pengaruh terhadap meningkatnya perilaku bermain *e-football*. Selain itu, nilai laju transisi (σ) mengindikasikan bahwa individu yang awalnya hanya terpapar dapat dengan cepat berpindah menjadi aktif bermain secara intensif. Fenomena ini menguatkan bahwa tingginya interaksi sosial di lingkungan pesantren mempercepat proses penyebaran perilaku bermain melalui kebiasaan kelompok. Hasil analisis menunjukkan bahwa sistem memiliki titik keseimbangan endemik dengan nilai: 1.21 karena: $R_0 > 1$

Maka perilaku bermain *e-football* masih dapat bertahan dan menyebar dalam populasi santri. Nilai R_0 yang sedikit lebih besar dari satu menunjukkan bahwa sistem berada pada fase endemik dengan tingkat penyebaran yang cenderung stabil dan tidak menunjukkan peningkatan

eksponensial yang tinggi. Kondisi tersebut dipengaruhi oleh adanya proses *recovery* serta kontrol sosial dalam lingkungan pesantren.

Analisis kestabilan menggunakan matriks Jacobian dan nilai eigen menunjukkan bahwa seluruh nilai eigen bernilai negatif sehingga titik keseimbangan endemik bersifat stabil asimtotik. Temuan ini memperlihatkan bahwa dinamika perilaku bermain *e-football* cenderung menuju kondisi stabil dalam jangka panjang dan tidak mengalami pertumbuhan yang tidak terkendali.

Hasil simulasi numerik menunjukkan bahwa kompartemen *infected* mengalami peningkatan pada fase awal simulasi akibat tingginya nilai parameter penyebaran dibandingkan efektivitas *recovery*, sehingga proses transmisi perilaku bermain berlangsung lebih cepat. Setelah mencapai titik tertentu, jumlah *infected* mulai menurun secara bertahap akibat meningkatnya individu pada kompartemen *recovered* serta pengaruh kedisiplinan dan kontrol sosial di lingkungan pesantren.

Keberadaan parameter *relapse* (ω) menunjukkan bahwa sebagian santri masih memiliki kemungkinan untuk kembali bermain akibat

pengaruh lingkungan dan kebiasaan sosial sebelumnya. Kondisi tersebut mengindikasikan bahwa proses pemulihan perilaku bermain tidak bersifat permanen sehingga pengawasan dan pengendalian perilaku bermain tetap diperlukan untuk menekan kemungkinan peningkatan kembali kompartemen *infected*.

Hasil penelitian ini sejalan dengan penelitian Siregar et al. (2024), Rohmah (2024), dan Fatahillah et al. (2021) yang menunjukkan bahwa model epidemiologi dapat digunakan untuk menganalisis dinamika perilaku bermain game online. Namun demikian, penelitian ini memiliki perbedaan karena dilakukan pada lingkungan pondok pesantren yang memiliki karakteristik sosial dan kedisiplinan berbeda dibandingkan lingkungan sekolah umum maupun mahasiswa.

Penelitian ini masih memiliki keterbatasan karena parameter model diperoleh berdasarkan hasil kuesioner sehingga belum sepenuhnya merepresentasikan dinamika perilaku bermain secara longitudinal. Selain itu, model mengasumsikan bahwa interaksi sosial antar santri bersifat

homogen, padahal pada kondisi nyata intensitas interaksi dapat berbeda pada setiap individu.

Secara keseluruhan, hasil penelitian menunjukkan bahwa pendekatan epidemiologi matematis dapat digunakan untuk menggambarkan dinamika perilaku bermain *e-football* pada santri. Hasil penelitian juga menunjukkan bahwa kontrol sosial, kedisiplinan pesantren, dan proses *recovery* memiliki peran penting agar kestabilan sistem tetap terjaga dan laju penyebaran perilaku bermain tidak meningkat secara signifikan dalam populasi santri.

D. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan yang telah dilakukan, diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Penelitian ini berhasil membentuk model matematika SEIRS (*Susceptible–Exposed–Infected–Recovered–Susceptible*) untuk menggambarkan dinamika intensitas bermain *e-football* pada santri di Pondok Pesantren Al Asror. Model dibentuk menggunakan sistem persamaan diferensial berdasarkan faktor sosial, emosional, kedisiplinan, akademik, ekonomi, lingkungan, *recovery*, dan *relapse*.

2. Berdasarkan hasil pengolahan data diperoleh kondisi awal populasi sebesar $S = 16$, $E = 86$, $I = 48$, dan $R = 7$. Hasil tersebut menunjukkan bahwa sebagian besar santri berada pada kompartemen *exposed*, yang menunjukkan tingginya pengaruh sosial dan lingkungan terhadap perilaku bermain *e-football*.
3. Hasil analisis titik keseimbangan menunjukkan bahwa model memiliki titik keseimbangan bebas perilaku dan titik keseimbangan endemik. Berdasarkan perhitungan menggunakan metode *Next Generation Matrix*, diperoleh nilai bilangan reproduksi dasar:

$$R_0 = 1.21$$

Karena:

$$R_0 > 1$$

maka perilaku bermain *e-football* masih dapat menyebar dalam populasi santri, meskipun penyebarannya relatif terkendali.

4. Hasil analisis kestabilan menggunakan matriks Jacobian dan nilai eigen menunjukkan bahwa seluruh nilai eigen memiliki bagian real negatif sehingga titik keseimbangan endemik bersifat stabil asimtotik. Hal ini menunjukkan bahwa sistem cenderung menuju kondisi stabil dalam jangka panjang.

5. Hasil simulasi numerik menggunakan Python menunjukkan bahwa kompartemen *infected* mengalami peningkatan pada fase awal simulasi, kemudian menurun secara bertahap akibat adanya proses pemulihan. Secara keseluruhan, dinamika model menunjukkan bahwa perilaku bermain *e-football* masih dapat bertahan dalam populasi santri, namun tidak mengalami pertumbuhan yang tidak terkendali.

Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, terdapat beberapa saran yang dapat diberikan sebagai berikut:

1. Bagi pengelola Pondok Pesantren Al Asror, diperlukan pengawasan dan pengendalian penggunaan *game* digital pada santri agar intensitas bermain *e-football* tidak mengganggu aktivitas akademik, kedisiplinan, dan kegiatan ibadah.
2. Bagi santri, diperlukan kemampuan manajemen waktu dan kontrol diri yang baik agar aktivitas bermain *game* tidak berkembang menjadi perilaku bermain yang berlebihan.

3. Bagi peneliti selanjutnya, model penelitian ini dapat dikembangkan dengan menambahkan faktor lain seperti pengaruh media sosial, durasi penggunaan internet, maupun penggunaan model epidemiologi lain yang lebih kompleks.

4. Penelitian selanjutnya juga dapat menggunakan data yang lebih luas dan jumlah responden yang lebih besar agar hasil simulasi model menjadi lebih representatif terhadap kondisi sebenarnya

DAFTAR PUSTAKA

Buku :

- Agustin, M., & Syaodih. (2008). *Bimbingan konseling untuk anak usia dini*. Jakarta: Universitas Terbuka.\
- Brabender, V., & Fallon, A. (2009). *Group development in practice: guidance for clinicians and researchers on stages and dynamics of change*. Washington, DC: American Psychological Association.

Artikel in Press :

- Lyznicki, J. M., Young, D. C., Riggs, J. A., Davis, R. M., & Dickinson, B. D. (2001). Obesity: Assessment and management in primary care. *American Family Physician*, 63(11), 2185-2196.

Jurnal :

- Hodgson, J., & Weil, J. (2011). Commentary: how individual and profession-level factors influence discussion of disability in prenatal genetic counseling. *Journal of Genetic Counseling*, 1-3.
- Fariq, A. (2011). Perkembangan dunia konseling memasuki era globalisasi. *Pedagogi*, II Nov 2011(Universitas Negeri Padang), 255-262.