

## Analisis Model SLEIQR Pada Penyebaran Penyakit Covid-19

Agnes Marselina Nuhan<sup>1</sup>, Roberta Uron Hurit<sup>2\*</sup>, Irwanus P. Muaraya<sup>3</sup>  
<sup>1,2,3</sup>Pendidikan Matematika, Institut Keguruan dan Teknologi Larantuka, NTT, Indonesia

Email: [linanuhan@gmail.com](mailto:linanuhan@gmail.com), [uronhurit@gmail.com](mailto:uronhurit@gmail.com),  
Email Penulis Korespondensi: [uronhurit@gmail.com](mailto:uronhurit@gmail.com)

**Abstrak**– Tujuan penelitian ini adalah menyelesaikan model matematika SLEIQR terkait penyebaran COVID-19 dengan memanfaatkan metode numerik Euler dan Heun. Model SLEIQR dirumuskan dalam bentuk sistem persamaan diferensial nonlinier yang membagi populasi ke dalam enam kompartemen: Rentan (S), Penutupan (L), Terpapar (E), Terinfeksi (I), Dikarantina (Q), dan Sembuh (R). Metodologi yang digunakan dalam penelitian ini adalah studi pustaka dengan pendekatan numerik, di mana simulasi dilaksanakan menggunakan MATLAB pada dua skenario yang berbeda. Hasil dari simulasi mengindikasikan bahwa penerapan penutupan dan karantina dapat mengurangi laju peningkatan jumlah orang yang terinfeksi. Kedua metode memberikan hasil yang serupa dalam perilaku solusi, namun metode Heun menunjukkan tingkat keakuratan yang lebih realistis. Dengan demikian, metode Heun lebih dianjurkan untuk digunakan dalam mensimulasikan model penyebaran penyakit menular yang kompleks seperti COVID-19.

**Kata Kunci** : Transmisi covid-19, model SLEIQR, metode Euler dan metode Heun

**Abstract**– The objective of this research is to address the SLEIQR mathematical model associated with the transmission of COVID-19 by employing the Euler and Heun numerical techniques. The SLEIQR model is structured as a set of nonlinear differential equations that categorizes the population into six compartments: Susceptible (S), Closed (L), Exposed (E), Infected (I), Quarantined (Q), and Recovered (R). The approach adopted in this research is a literature review combined with a numerical method, wherein simulations are conducted using MATLAB under two distinct scenarios. The findings from the simulations suggest that the application of closure and quarantine measures can diminish the rate of increase in the number of infected individuals. Both methods yield comparable results in terms of solution behavior; however, the Heun method demonstrates a higher degree of accuracy. Therefore, the Heun method is recommended for use in simulating intricate infectious disease transmission models such as COVID-19.

**Keywords**: The spread of COVID-19, the SLEIQR model, the Euler method, and the Heun method

### 1. PENDAHULUAN

COVID-19 adalah infeksi yang disebabkan oleh virus SARS-CoV-2 yang mengganggu sistem pernapasan. Penyakit ini menyebar dengan sangat cepat dan telah memberikan dampak besar di seluruh dunia sejak pertama kali muncul di Wuhan, China pada akhir tahun 2019. Di Indonesia, jumlah kasus COVID-19 telah mencapai jutaan dengan tingkat kematian yang cukup tinggi, sehingga diperlukan tindakan kebijakan yang efektif untuk mengendalikan penyebarannya [1].

Salah satu cara yang diterapkan untuk menekan penyebaran adalah dengan melakukan lockdown, yaitu membatasi aktivitas masyarakat melalui penutupan akses masuk dan keluar suatu daerah serta menghentikan semua kegiatan publik [2]. Di samping itu, karantina diterapkan kepada orang-orang yang positif terinfeksi untuk mencegah penularan yang lebih luas [3]. Kebijakan yang diambil ini terbukti memberikan pengaruh yang besar dalam mengontrol penyebaran penyakit menular.

Analisis penyebaran virus dapat dilakukan menggunakan model matematis. Model epidemiologis memberikan penjelasan umum tentang cara penyebaran penyakit dengan membagi populasi menjadi beberapa bagian [4]. Berbagai riset sebelumnya telah menerapkan model epidemi untuk mempelajari COVID-19. Contohnya, [5] mengembangkan model SEIR yang mencakup lockdown dan karantina, dan menemukan bahwa kebijakan ini mampu menurunkan jumlah kasus aktif.

Beberapa riset juga dilakukan perbandingan antara teknik numerik dalam menyelesaikan model epidemiologi. [6] menggunakan metode Euler dan Heun pada model penyebaran HIV/AIDS dan menemukan bahwa teknik Heun lebih tepat. Pratiwi dan Mungkasi (2021) menunjukkan hasil yang sama pada penyebaran COVID-19, di mana metode Heun memiliki kesalahan yang lebih rendah dibandingkan dengan Euler. Riset lain oleh [7] juga mendukung penemuan bahwa metode numerik yang lebih canggih dapat menghasilkan hasil yang lebih konsisten.

Namun, penelitian yang menganalisis model SLEIQR dengan memperhitungkan dampak lockdown dan karantina secara bersamaan masih jarang. Oleh sebab itu, studi ini merancang model matematis SLEIQR yang mencakup enam bagian dalam populasi: Rentan (S), Lockdown (L), Terpapar (E), Terinfeksi (I), Karantina (Q), dan Sembuh (R).

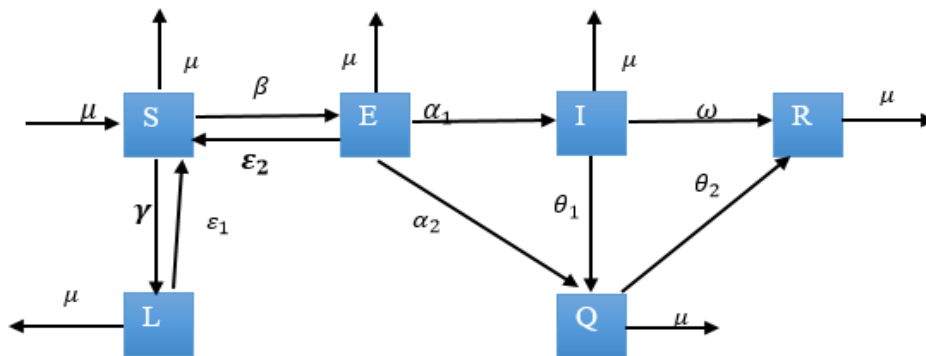
Ada 2 tujuan dalam penelitian ini yaitu: menyelesaikan model SLEIQR dalam penyebaran COVID-19 dengan menggunakan pendekatan numerik Euler dan Heun dan membandingkan grafik solusi dari kedua metode tersebut guna menilai seberapa efektif lockdown dan karantina dalam mengurangi laju penularan penyakit.

## 2. METODOLOGI PENELITIAN

Metode penelitian ini adalah metode kajian yakni kajian analitik dengan melakukan pendekatan numerik. Fokus penelitian adalah penyelesaian numerik SLEIQR serta prosedur pembuatan model melalui langkah-langkah Pemodelan Matematika yakni:

1. Identifikasi masalah terkait penyebaran COVID-19 dan intervensi berupa lockdown serta karantina.
2. Seleksi faktor-faktor signifikan yang memengaruhi penyebaran penyakit berdasarkan literatur.
3. Formulasi model SLEIQR dalam bentuk sistem persamaan diferensial nonlinier, mengacu pada penelitian [5].
4. Penentuan parameter dan kondisi awal berdasarkan data literatur dan asumsi epidemiologi.
5. Penyelesaian model numerik menggunakan metode Euler dan Heun.
6. Simulasi dengan MATLAB untuk memvisualisasikan dinamika populasi pada dua skenario.
7. Analisis hasil simulasi untuk menilai efektivitas lockdown dan karantina.

Skema penyebaran penyakit covid-19 dalam suatu populasi disajikan dalam skema sebagai berikut:



Gambar 1. Skema model matematika SLEIQR penyakit covid-19 dengan pengaruh Lockdown dan Karantina

Pada skema di atas menunjukkan transmisi penyebaran Covid 19 dengan 6 subpopulasi yakni: rentan (S), Lockdown (L), tertular (E), terinfeksi (I), Karantina (Q), dan sembuh (R). Setiap perubahan jumlah populasi dipengaruhi oleh parameter-parameternya. Pada keadaan awal setiap individu yang lahir akan masuk pada populasi rentan, dimana individu yang rentan akan bertransisi pada populasi Lockdown dan populasi tertular sehingga menambah jumlah pada kedua populasi tersebut dan mengurangi jumlah pada populasi rentan. Selanjutnya individu yang tertular akan bertransisi pada populasi terinfeksi dan karantina sehingga menambah jumlah pada kedua populasi tersebut dan mengurangi jumlah pada populasi terpapar. Dan pada individu yang terinfeksi dan karantina yang sudah sembuh akan berpindah pada populasi sembuh sehingga menambah jumlah pada populasi sembuh dan mengurangi jumlah pada populasi terinfeksi dan karantina. Namun begitu individu yang tertular dan yang sedang melakukan Lockdown dapat kembali pada populasi rentan sehingga menambah jumlah pada populasi rentan dan mengurangi jumlah kedua populasi tersebut. Dengan kondisi dimana setiap populasi mengalami kematian alamiah yang menyebabkan berkurangnya jumlah setiap populasi.

Berdasarkan skema model penyakit Covid-19 dengan pengaruh Lockdown dan Karantina

$$\begin{aligned} \frac{ds}{dt} &= \mu + \varepsilon_2 E + \varepsilon_1 L - \beta SI - \gamma S - \mu S \\ \frac{dL}{dt} &= \gamma S - (\varepsilon_1 + \mu)L \\ \frac{dE}{dt} &= \beta SI - (\varepsilon_2 + \alpha_2 + \alpha_1 + \mu) E \\ \frac{dI}{dt} &= \alpha_1 E - (\theta_1 + \omega + \mu) I \\ \frac{dQ}{dt} &= \alpha_2 I + \theta_1 I - (\theta_2 + \mu) Q \\ \frac{dR}{dt} &= \omega I + \theta_2 Q - \mu R \end{aligned}$$



Tabel 1. Daftar variabel model penyebaran penyakit Covid-19

Variabel	Definisi
$S(t)$	populasi rentan
$L(t)$	populasi <i>Lockdown</i>
$E(t)$	populasi <i>exposed</i> /tertular
$I(t)$	populasi terinfeksi
$Q(t)$	populasi karantina
$R(t)$	populasi <i>recovered</i> /sembuh

Tabel 2. Parameter-parameter dalam Transmisi Covid-19

No	Parameter	Definisi
1	$\mu$	Kelahiran/ kematian alami
2	$\epsilon_1$	Perpindahan populasi <i>Lockdown</i> ) menjadi rentan
3	$\alpha_2$	individu yang terpapar dikarantina
4	$\theta_1$	individu yang terinfeksi dikarantina
5	$\beta$	Perpindahan individu rentan menjadi individu <i>exposed</i>
6	$\omega$	Individu yang terinfeksi menjadi sembuh
7	$\theta_2$	Individu yang dikarantina menjadi sembuh
8	$\alpha_1$	Individu terpapar menjadi individu terinfeksi
9	$\epsilon_2$	Individu terpapar menjadi individu rentan
10	$\gamma$	Individu rentan menjadi individu <i>Lockdown</i>

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam penelitian ini dilakukan 2 tahap yakni simulasi numerik menggunakan MATLAB dan analisis Grafik solusi penyelesaian dari Model matematika tersebut. Dalam simulasi akan membutuhkan nilai awal dan parameter. Nilai Awal dan parameter dapat dilihat pada tabel 3 di bawah ini. Nilai pada tabel 3 dipilih berdasarkan asumsi yang dibuat dan dipertimbangkan kerealistisan dari model yang dibuat. Pada bagian pertama digunakan 2 Simulasi model *SLEIQR* menggunakan metode Euler dan pada bagian kedua digunakan 2 simulasi model *SLEIQR* menggunakan metode Heun.

Tabel 3. Nilai awal dan nilai parameter pada penyebaran penyakit Covid-19

Parameter dan nilai awal	Simulasi	
	Simulasi I	Simulasi II
Variabel		
S	0.4	0.4
L	0.1	0.1
E	0.2	0.6
I	0.3	0.3
Q	0.7	0.4
R	0	0.1
$\mu$	0.000215	0.000215
$\epsilon_1$	0.001	0.001
$\alpha_2$	0.0382	0.0382
$\theta_1$	1.00313	1.00313





$\beta$	0.203	0.203
$\omega$	0.80	0.80
$\theta_2$	0.00012	0.00012
$\alpha_1$	0.0071	0.0071
$\varepsilon_2$	0.0202	0.0202
$\gamma$	0.300	0.300

1. Penyelesaian model SLEIQR pada penyakit Covid-19 Menggunakan Metode Euler.

Dikritisasi numerik Model SLEIQR berdasarkan metode Euler

$$S_{n+1} = S_n + \Delta t[\mu + \varepsilon_2 E_n + \varepsilon_1 L_n - \beta S_n I_n - \gamma S_n - \mu S_n]$$

$$L_{n+1} = L_n + \Delta t[\gamma S_n - (\varepsilon_1 + \mu) L_n]$$

$$E_{n+1} = E_n + \Delta t[\beta S_n I_n - (\varepsilon_2 + \alpha_2 + \alpha_1 + \mu) E_n]$$

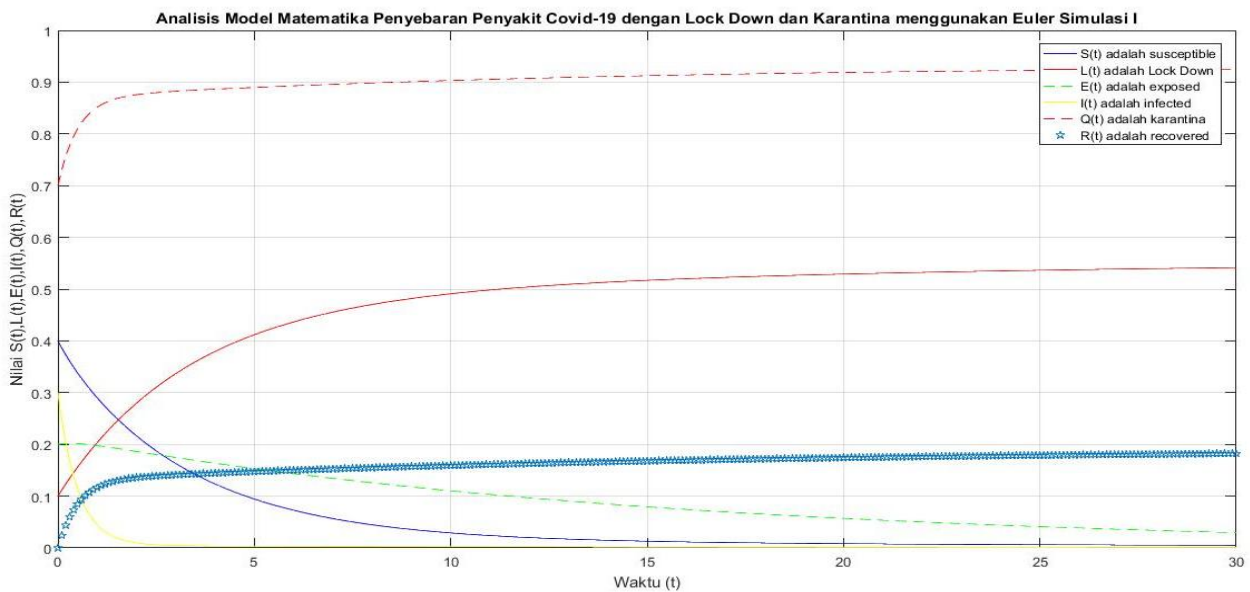
$$I_{n+1} = I_n + \Delta t[\alpha_1 E_n - (\theta_1 + \omega + \mu) I_n]$$

$$Q_{n+1} = Q_n + \Delta t[\alpha_2 I_n + \theta_1 I_n - (\theta_2 + \mu) Q_n]$$

$$R_{n+1} = R_n + \Delta t[\omega I_n + \theta_2 Q_n - \mu R_n]$$

Hasil simulasi dapat dilihat pada grafik di bawah ini. Grafik diperoleh dari hasil Dikritisasi Metode Euler dengan mensubstitusikan nilai awal pada tabel 3 di atas. Berikut disajikan Grafiknya:

Simulasi I



Gambar 2 Grafik penyelesaian solusi penyebaran penyakit covid-19 model SLEIQR menggunakan metode Euler (simulasi 1)

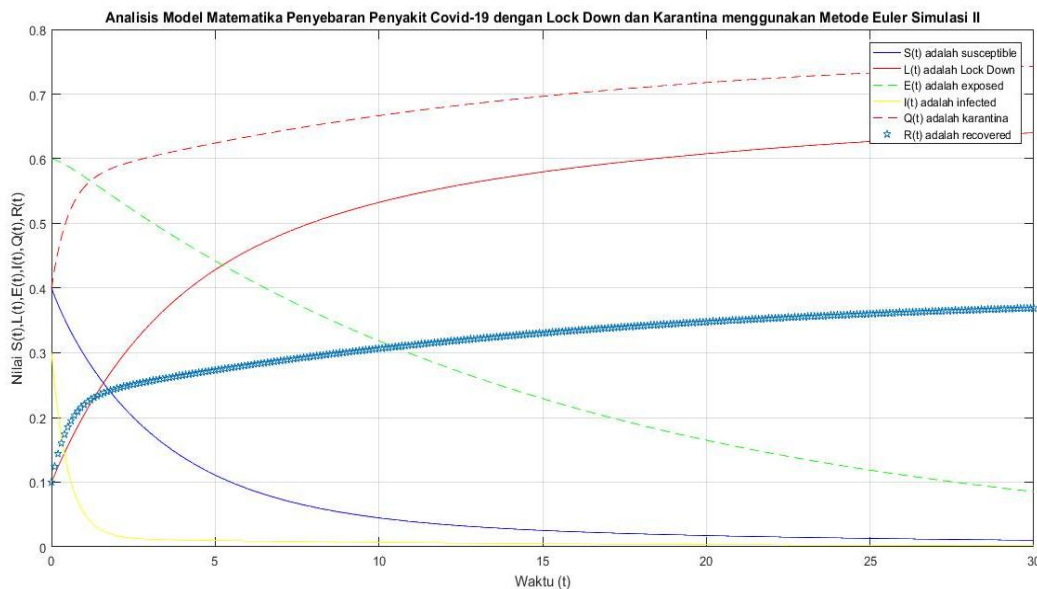
Gambar 2 di atas menampilkan hasil simulasi I model matematika penyebaran penyakit Covid-19 yang mempertimbangkan pengaruh kebijakan *lockdown* dan karantina, dan diselesaikan menggunakan metode Euler. Seperti yang terlihat pada gambar bahwa pada awal simulasi, jumlah individu rentan (S) mengalami penurunan seiring berjalanya waktu, menandakan bahwa sebagian besar populasi telah terpapar atau berpindah ke populasi lain. Populasi dalam status *lockdown* (L) meningkat seiring berjalanya waktu, Hal ini menggambarkan bahwa kebijakan *lockdown* diterapkan secara cepat sebagai respons awal terhadap penyebaran Covid-19, dengan tujuan untuk membatasi mobilitas dan interaksi individu yang rentan agar tidak terpapar virus. Sementara itu, jumlah individu yang *exposed* (E) atau terpapar mengalami penurunan secara perlahan karena kebijakan lockdown dan juga karena

berinteraksi dengan individu yang terinfeksi sehingga menyebabkan individu terpapar berpindah pada individu infeksi. Jumlah orang yang *infected* (I) menurun seiring berjalannya waktu, ini menunjukkan respon yang cepat terhadap individu yang terinfeksi. Di sisi lain, jumlah individu yang dikarantina (Q) menunjukkan peningkatan yang sangat tajam dan mendominasi populasi hingga mencapai 0.9, memperlihatkan bahwa karantina menjadi intervensi paling dominan dalam upaya menekan penyebaran virus. Populasi yang *recovered* (R) atau sembuh mengalami peningkatan perlahan dan stabil.

Secara keseluruhan, model ini menggambarkan bahwa meskipun karantina mampu menahan penyebaran ke sebagian besar populasi, tingkat infeksi tetap tinggi karena lockdown tidak cukup efektif atau tidak berlangsung lama. Jumlah yang sembuh pun tidak sebanding dengan jumlah yang terinfeksi. Model ini cukup informatif dalam menunjukkan dinamika penyebaran penyakit dan dampak intervensi, meskipun belum mempertimbangkan faktor seperti angka kematian atau vaksinasi yang bisa memengaruhi hasil simulasi. Untuk pengembangan selanjutnya, model dapat diperluas dengan menambahkan kompartemen kematian, reinfeksi, atau dampak vaksin guna menghasilkan prediksi yang lebih akurat dan realistis. Semua populasi akan mendekati titik keseimbangan seiring berjalannya waktu.

Selanjutnya dilakukan simulasi II untuk melihat perilaku grafiknya. Pada simulasi ini ada tiga nilai awal yang diubah yaitu pada populasi E di naikan menjadi 0,6, populasi Q diturunkan menjadi 0,4 dan populasi R diturunkan menjadi 0,1. Berikut gambar hasil grafik pada simulasi 2:

**Simulasi II**



**Gambar 3.** Grafik penyelesaian solusi transmisi covid-19 menggunakan metode Euler (simulasi II)

Dari gambar 3 di atas terlihat bahwa ketika ketiga nilai tersebut diubah maka perilaku grafiknya juga mengalami perubahan. Pada populasi S mengalami penurunan seiring berjalannya waktu, bisa dilihat bahwa populasi akan berkurang karena adanya interaksi antara populasi lockdown dan juga populasi sembuh. Pada populasi lockdown mengalami perubahan peningkatan hingga pada waktu  $t = 20$  meningkat hingga 0,6 sedangkan pada simulasi I tidak mencapai 0,6 ini menunjukkan adanya pengaruh dari perubahan ketiga populasi tersebut terhadap lockdown. Pada populasi ekspose mengalami penurunan seiring berjalannya waktu. Ini menunjukkan bahwa ketika individu sudah terpapar penyakit covid-19 langsung diambil tindakan tegas untuk dikarantina sehingga tidak menular pada individu lain. Pada populasi infeksi akan menurun seiring berjalannya waktu ini dikarenakan dilakukan lockdown atau pembatasan wilayah sehingga tidak menularkan penyakit pada orang lain. Populasi karantina selalu meningkat seiring berjalannya waktu karena adanya kesadaran untuk mencegah penularan penyakit covid-19. Pada populasi sembuh akan meningkat seiring berjalannya waktu, ini menunjukkan bahwa kebijakan untuk melakukan karantina sangat ampuh untuk mengurangi penyebaran penyakit covid-19.

**2. Penyelesaian model SLEIQR pada penyakit Covid-19 Menggunakan Metode Heun.**

Metode Heun memiliki 2 jenis persamaan yakni predictor-corrector:

Predictor:

$$\bar{S}_{n+1} = S_n + h(\mu - \varepsilon_2 E_n + \varepsilon_1 L_n - \beta S_n I_n - \gamma S_n - \mu S_n)$$

$$\bar{L}_{n+1} = L_n + h(\gamma S_n - \varepsilon_1 L_n + \mu L_n)$$

$$\bar{E}_{n+1} = E_n + h(\beta S_n I_n - \varepsilon_2 E_n - \alpha_2 E_n - \mu E_n)$$

$$\bar{I}_{n+1} = I_n + h(\alpha_1 E_n - \theta_1 I_n - \omega I_n + \mu I_n)$$

$$\bar{Q}_{n+1} = Q_n + h(\alpha_2 I_n + \theta_1 I_n - \theta_2 Q_n + \mu Q_n)$$

$$\bar{R}_{n+1} = R_n + h(\omega I_n + \theta_2 Q_n - \mu R_n)$$

Corrector:

$$S_{n+1} = S_n + \frac{h}{2}(\mu - \varepsilon_2 E_n + \varepsilon_1 L_n - \beta S_n I_n - \gamma S_n - \mu S_n) + (\mu - \varepsilon_2 E_{n+1} + \varepsilon_1 L_{n+1} - \beta S_{n+1} I_{n+1} - \gamma S_{n+1} - \mu S_{n+1})$$

$$L_{n+1} = L_n + \frac{h}{2}(\gamma S_n - \varepsilon_1 L_n + \mu L_n) + (\gamma S_{n+1} - \varepsilon_1 L_{n+1} + \mu L_{n+1})$$

$$E_{n+1} = E_n + \frac{h}{2}(\beta S_n I_n - \varepsilon_2 E_n - \alpha_2 E_n - \mu E_n) + (\beta S_{n+1} I_{n+1} - \varepsilon_2 E_{n+1} - \alpha_2 E_{n+1} - \mu E_{n+1})$$

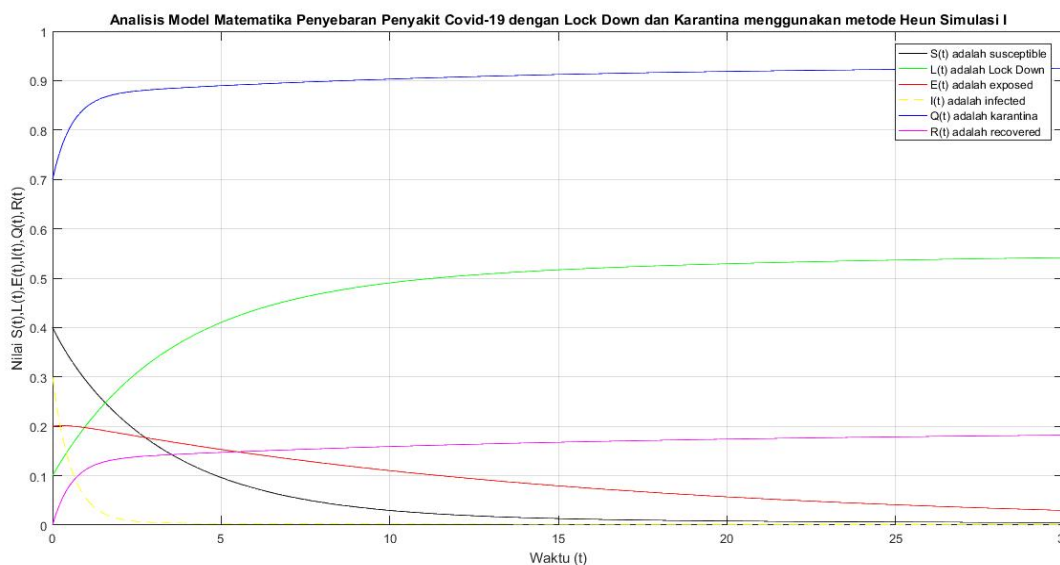
$$I_{n+1} = I_n + \frac{h}{2}(\alpha_1 E_n I_n - \theta_1 I_n - \omega I_n + \mu I_n) + (\alpha_1 E_{n+1} I_{n+1} - \theta_1 I_{n+1} - \omega I_{n+1} + \mu I_{n+1})$$

$$Q_{n+1} = Q_n + \frac{h}{2}(\alpha_2 I_n + \theta_1 I_n - \theta_2 Q_n + \mu Q_n) + (\alpha_2 I_{n+1} + \theta_1 I_{n+1} - \theta_2 Q_{n+1} + \mu Q_{n+1})$$

Berdasarkan model pada persamaan Heun akan disimulasikan model pada penyakit Covid-19 menggunakan data awal pada tabel 3.

### Simulasi I

Dengan menggunakan program MATLAB untuk simulasi I diperoleh grafik penyelesaian solusi seperti gambar 4 dibawah ini:



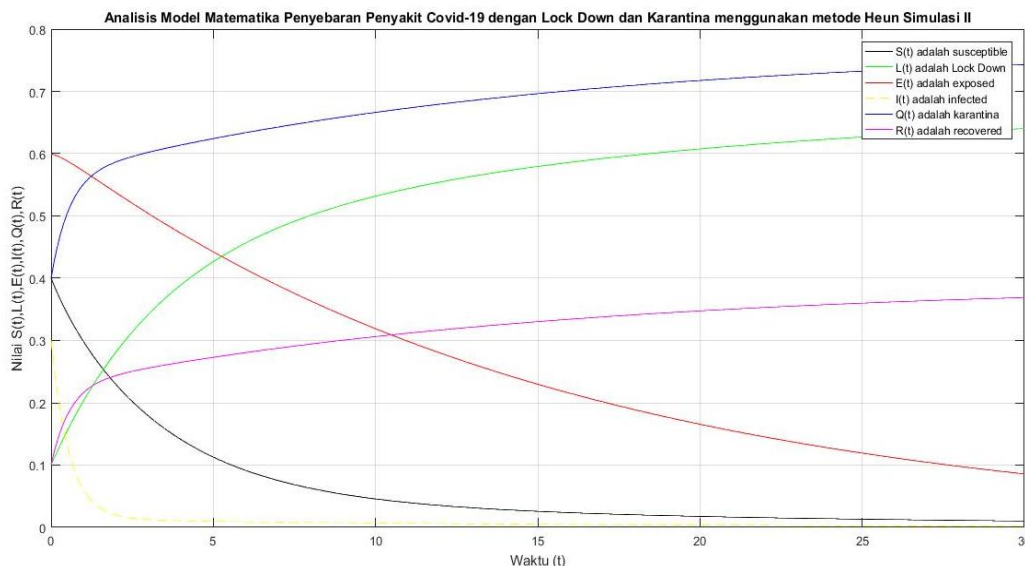
Gambar 4. Grafik solusi penyebaran penyakit covid-19 menggunakan metode Heun (simulasi I)

Dari gambar 4, terlihat bahwa pada awalnya sebagian besar populasi berada dalam kondisi rentan (S) dan lockdown (L). Seiring waktu, individu yang berada dalam kondisi terinfeksi (I) dan terpapar (E) menurun drastis, sementara jumlah yang sembuh (R) dan dikarantina (Q) meningkat. Hal ini menunjukkan bahwa intervensi seperti lockdown dan karantina efektif dalam menurunkan penyebaran infeksi, yang terlihat dari turunnya kurva I(t) dan E(t). Kurva S(t) pun

menurun perlahan karena perpindahan individu ke status lain seperti E(t), I(t), dan akhirnya R(t). Secara keseluruhan, model ini menunjukkan bahwa strategi pengendalian seperti *lockdown* dan karantina dapat secara signifikan meredam penyebaran Covid-19 dalam populasi.

## Simulasi II

Hasil Simulasi II grafik penyelesaian solusi dari penyebaran penyakit Covid-19, model *SLEIQR* menggunakan data awal yang terlihat pada gambar dibawah ini:



**Gambar 5.** Grafik solusi penyebaran penyakit covid-19 menggunakan metode Heun (simulasi II)

Gambar 5, tersebut menunjukkan hasil simulasi penyebaran penyakit Covid-19 menggunakan model matematika yang mempertimbangkan kebijakan *lockdown* dan karantina, dengan metode numerik Heun Simulasi II. Sumbu horizontal menunjukkan waktu (t), sedangkan sumbu vertikal menunjukkan proporsi populasi dalam berbagai kategori, yaitu: susceptible (S), *lockdown* (L), *exposed* (E), *infected* (I), karantina (Q), dan *recovered* (R). Berdasarkan grafik, terlihat bahwa proporsi individu yang terinfeksi (I) meningkat tajam di awal tetapi kemudian menurun drastis mendekati nol, yang menunjukkan efektivitas intervensi seperti karantina dan *lockdown*. Populasi yang dikarantina (Q) juga menurun seiring waktu, menunjukkan bahwa penanganan kasus berjalan efektif. Sementara itu, populasi yang sembuh (R) terus meningkat secara perlahan, menunjukkan pemulihan yang berkelanjutan. Populasi susceptible (S) menurun, karena individu berpindah ke kategori lain akibat terpapar virus atau dikarantina. Populasi dalam kondisi *lockdown* (L) meningkat tajam di awal dan kemudian melandai, mencerminkan implementasi kebijakan pembatasan sosial. Secara keseluruhan, grafik ini memperlihatkan bahwa kebijakan *lockdown* dan karantina memiliki peran penting dalam menekan jumlah kasus aktif dan mempercepat pemulihan selama pandemi.

Secara keseluruhan, baik metode Euler maupun Heun menjelaskan dinamika penyebaran COVID-19 dengan memperhitungkan pembatasan aktivitas dan isolasi. Meski demikian, hasil yang diperoleh dari simulasi menunjukkan bahwa metode Heun lebih baik dalam hal stabilitas dan akurasi. Temuan ini mendukung penelitian sebelumnya [8]; [9], yang menyatakan bahwa metode Heun adalah pengembangan dari metode Euler dengan tingkat kesalahan yang lebih kecil. Dengan demikian, studi ini memperkuat argumen bahwa pembatasan aktivitas dan isolasi merupakan strategi yang efektif untuk mengurangi jumlah kasus aktif. Di samping itu, penggunaan metode numerik yang tepat, seperti Heun, dapat memberikan hasil prediksi yang lebih dapat diandalkan untuk dijadikan dasar dalam pengambilan keputusan di sektor kesehatan masyarakat

## 4. KESIMPULAN

Penelitian ini mengembangkan model matematis SLEIQR untuk pemodelan penyebaran COVID-19 dengan menerapkan teknik numerik Euler dan Heun. Model ini dirancang sebagai sekumpulan persamaan diferensial nonlinier yang terdiri dari enam bagian: Rentan (S), Lockdown (L), Terpapar (E), Terinfeksi (I), Karantina (Q), dan Sembuh (R). Hasil dari simulasi menunjukkan bahwa Kebijakan penutupan dan karantina ternyata efektif dalam mengurangi laju pertumbuhan jumlah individu yang terinfeksi, yang terlihat dari penurunan kurva I(t) serta peningkatan pada Q(t) dan R(t). Baik metode Euler maupun Heun menghasilkan perilaku solusi yang hampir sama, tetapi metode Heun



menunjukkan hasil yang lebih stabil dan tepat, sesuai dengan karakteristiknya sebagai pendekatan *prediktor-corektor*. Perubahan dalam nilai awal populasi pada simulasi kedua berdampak pada pola penyebaran penyakit, yang menekankan pentingnya faktor kondisi awal dalam model epidemiologi. Berdasarkan hasil ini, metode Heun lebih disarankan untuk digunakan dalam simulasi model penyebaran penyakit menular yang kompleks. Penelitian ini juga memperkuat temuan dari penelitian sebelumnya [8]; [9]; [5] bahwa penggunaan kombinasi intervensi karantina dan metode numerik yang tepat dapat memberikan prediksi yang lebih akurat.

## 5. UCAPAN TERIMAKASIH

Dalam Penelitian ini, penulis mengucapkan terima kasih kepada bapak dan ibu dosen atas kerjasama dalam proses penelitian hingga membimbing saya serta kepada semua orang yang membantu saya dalam pengambilan data di Lapangan.

## REFERENCES

- [1] M. Ruslin and dkk, *Perspektif kesehatan Gigi dan Mulut Dimasa Pandemi Covid 19 dan Adaptasi Kegiatan Baru*. Makasar: Unhas Press, 2020.
- [2] A. A. Zahra and dkk, "Efisiensi kebijakan lockdown Covid 19 di Negara Berkembang dan Negara Maju," *Berkala Ilmiah Kedokteran dan Kesehatan Masyarakat*, 2024.
- [3] N. P. Harjana, *Pemodelan Dalam kesehatan Masyarakat Kumpulan Teori dan Penerapan*. Jawa Timur: Detak Pustaka, 2024.
- [4] Ulfa, *Pemodelan Matematika*. Jakarta: PT Aksara, 2013.
- [5] M. Manaqib and dkk, "Analisis Model Matematika Penyebaran Penyakit Covid-19 dengan Lockdown dan Karantina.BAREKENG," *J. Math & App*, vol. 15, no. 3, 2021.
- [6] R. U. Hurit, A. S. Kung, and M. M. Towe, "Model SIR (Susceptible-Infected-Recovered) Pada Kasus Kecanduan Game Online," *Jurnal Sains dan Teknologi*, vol. 6, no. 1, pp. 19–23, 2024.
- [7] R. U. Hurit, "Penyelesaian Model SEIR Untuk Penyebaran Penyakit Meningitis Menggunakan Metode Euler, Metode Heun dan Metode Runge-Kutta Orde Empat: Tinjauan Matematika Dan Aspek Pendidikan (Tesis." 2020.
- [8] C. D. Pratiwi and M. S, "Euler's and Heun's Numerical Solutions to a Mathematical Model of the Spread COVID-19," *AIP Convergence Proceedings*, vol. 2353, no. 1, p. 030110, 2021.
- [9] R. U. Hurit and B. B. Resi, "Penyelesaian Model SIR Untuk Penyebaran Penyakit HIV/AIDS Menggunakan Metode Euler dan Heun," *Seminar Nasional Pendidikan Matematika*, vol. 3, no. 1, pp. 381–390, 2022.