

REPUBLIK INDONESIA
KEMENTERIAN HUKUM DAN HAK ASASI MANUSIA

SURAT PENCATATAN CIPTAAN

Dalam rangka perlindungan ciptaan di bidang ilmu pengetahuan, seni dan sastra berdasarkan Undang-Undang Nomor 28 Tahun 2014 tentang Hak Cipta, dengan ini menerangkan:

Nomor dan tanggal permohonan : EC00202230623, 20 Mei 2022

Pencipta

Nama : **Nurlina, Syafruddin Side dkk**
Alamat : Jln. A.P. Pettarani, Makassar, SULAWESI SELATAN, 90222
Kewarganegaraan : Indonesia

Pemegang Hak Cipta

Nama : **UNIVERSITAS NEGERI MAKASSAR**
Alamat : Jln. A.P. Pettarani, Makassar, SULAWESI SELATAN, 90222
Kewarganegaraan : Indonesia
Jenis Ciptaan : **Program Komputer**
Judul Ciptaan : **Software Model SEIR Kasus Penyebaran Covid-19 Dengan Kontrol Vaksinasi**

Tanggal dan tempat diumumkan untuk pertama kali di wilayah Indonesia atau di luar wilayah Indonesia : 1 April 2022, di Makassar

Jangka waktu perlindungan : Berlaku selama 50 (lima puluh) tahun sejak Ciptaan tersebut pertama kali dilakukan Pengumuman.

Nomor pencatatan : 000346199

adalah benar berdasarkan keterangan yang diberikan oleh Pemohon.

Surat Pencatatan Hak Cipta atau produk Hak terkait ini sesuai dengan Pasal 72 Undang-Undang Nomor 28 Tahun 2014 tentang Hak Cipta.



a.n Menteri Hukum dan Hak Asasi Manusia
Direktur Jenderal Kekayaan Intelektual
u.b.
Direktur Hak Cipta dan Desain Industri

Anggoro Dasananto
NIP.196412081991031002

Disclaimer:

Dalam hal pemohon memberikan keterangan tidak sesuai dengan surat pernyataan, Menteri berwenang untuk mencabut surat pencatatan permohonan.

LAMPIRAN PENCIPTA

No	Nama	Alamat
1	Nurlina	Jln. A.P. Pettarani
2	Syafruddin Side	Jln. A.P. Pettarani
3	Rahmat Syam	Jln. A.P. Pettarani



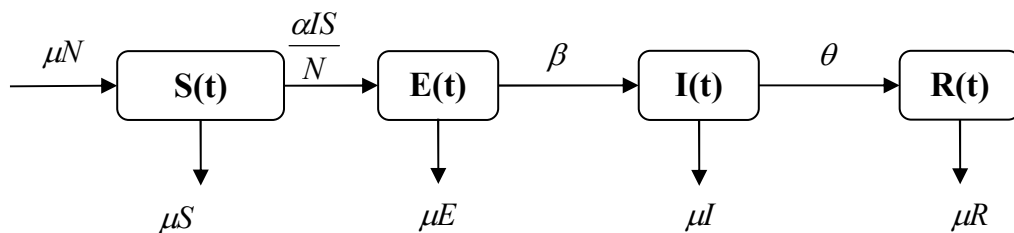
Nama Peneliti : Nurlina, Syafruddin Side, Rahmat Syam

Judul: Analisis Eksistensi dan Karakterisasi Kontrol Optimal Vaksinasi pada Penyebaran Covid-19 dengan model SEIR Dua Waktu Tunda di Provinsi Sulawesi Selatan

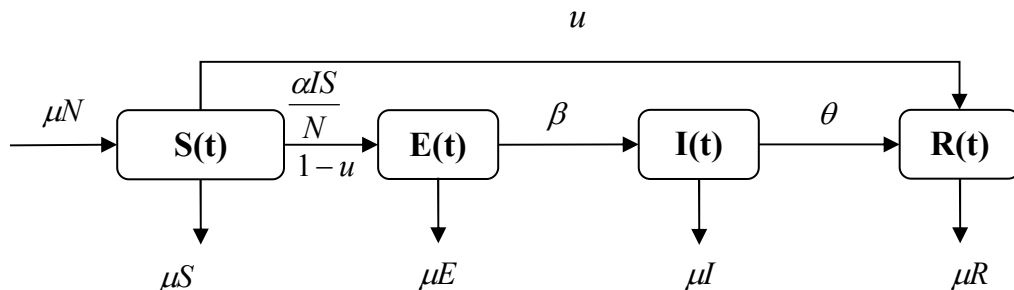
Produk yang dihasilkan: Software Model SEIR Kasus Penyebaran Covid-19 dengan Kontrol Vaksinasi

Deskripsi Singkat: software ini memberikan gambaran kasus Penyebaran Covid-19 dengan dengan control vaksinasi di Provinsi Sulawesi Selatan, syntax software maple ini mendeskripsikan model suspected, exposed, infected, dan recovered (SEIR) pada kasus Penyebaran Covid-19, produk software ini memberikan gambaran analisis model SEIR Penyebaran Covid-19 yaitu kesetimbangan dan kestabilan jumlah kasus Penyebaran Covid-19 di Provinsi Sulawesi Selatan. Software ini juga memberikan gambaran prediksi jumlah kasus Penyebaran Covid-19 di Provinsi Sulawesi Selatan.

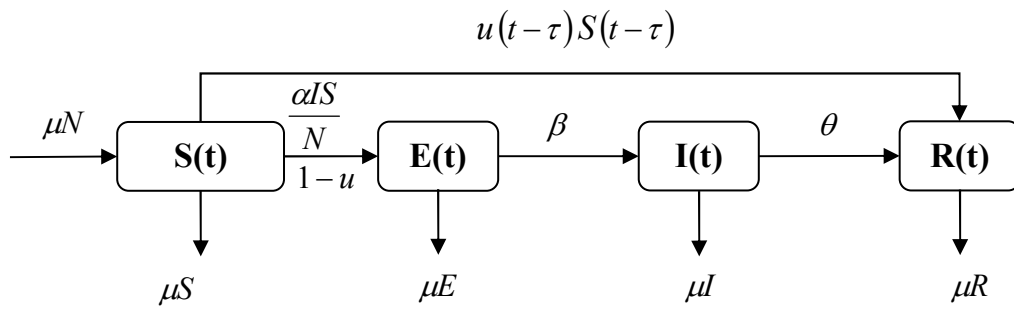
1. Model SEIR Penyebaran Covid-19



Gambar 1. Bagan Model SEIR tanpa Kontrol Vaksinasi terhadap Penyebaran Covid-19



Gambar 2. Bagan Model SEIR dengan Kontrol Vaksinasi terhadap Penyebaran Covid-19



Gambar 3. Bagan Model SEIR dengan Kontrol Vaksinasi Dua Waktu Tunda terhadap Penyebaran Covid-19.

Tabel 1. Defenisi Variabel/Parameter Model Matematika Penyebaran Covid-19

Variabel/Parameter	Keterangan
N	Jumlah populasi
S	Populasi yang rentan (<i>susceptible</i>) terinfeksi Covid-19
E	Populasi yang bergejala (<i>eksposed</i>) namun belum menularkan Covid-19
I	Populasi yang terinfeksi (<i>infected</i>) Covid-19
R	Populasi yang telah sembuh (<i>recovered</i>) dari Covid-19
α	Laju perpindahan dari populasi manusia yang rentan (<i>susceptible</i>) ke populasi bergejala (<i>eksposed</i>) namun belum menularkan dikarenakan adanya interaksi dengan populasi yang terinfeksi Covid-19 baik secara langsung maupun melalui media yang terkontaminasi virus Covid-19
β	Laju perpindahan dari populasi manusia yang bergejala (<i>eksposed</i>) ke populasi yang terinfeksi (<i>infected</i>) Covid-19 yang diasumsikan bahwa populasi manusia <i>eksposed</i> menjalani pemeriksaan laboratorium RT-PCR dan diasumsikan sebanyak 10% terkonfirmasi positif Covid-19.
θ	Laju perubahan dari populasi manusia yang terinfeksi (<i>infected</i>) Covid-19 ke populasi yang sembuh (<i>recovered</i>) dari Covid-19 karena adanya proses karantina/isolasi dari populasi terinfeksi Covid-19 yang diambil sebesar 95%
u	Variabel kontrol tentang efektivitas pemberian vaksin Covid-19 berdasarkan <i>studi refrensi</i> sebesar 65,3%
μ	Laju kelahiran dan kematian alami yang diasumsikan sama
t	Waktu
τ	Waktu tunda (<i>time delay</i>)

a. Model SEIR tanpa Kontrol Vaksinasi (Berdasarkan Gambar 1)

$$\begin{aligned}\frac{dS}{dt} &= \mu N - \alpha I S - \mu S \\ \frac{dE}{dt} &= \alpha I S - (\beta + \mu) E \\ \frac{dI}{dt} &= \beta E - (\theta + \mu) I \\ \frac{dR}{dt} &= \theta I - \mu R \\ N(t) &= S(t) + E(t) + I(t) + R(t)\end{aligned}\tag{1}$$

b. Model SEIR dengan Kontrol Vaksinasi (Berdasarkan Gambar 2)

$$\begin{aligned}\frac{dS}{dt} &= \mu N - (\alpha I(1-u) + \mu) S - u S \\ \frac{dE}{dt} &= \alpha I S(1-u) - (\beta + \mu) E \\ \frac{dI}{dt} &= \beta E - (\theta + \mu) I \\ \frac{dR}{dt} &= \theta I + u S - \mu R \\ N(t) &= S(t) + E(t) + I(t) + R(t)\end{aligned}\tag{2}$$

c. Model SEIR dengan Kontrol Vaksinasi Dua Waktu Tunda (Berdasarkan Gambar 3)

$$\begin{aligned}\frac{dS}{dt} &= \mu N - (\alpha I(1-u) + \mu) S - u(t-\tau) \cdot S(t-\tau) \\ \frac{dE}{dt} &= \alpha I S(1-u) - (\beta + \mu) E \\ \frac{dI}{dt} &= \beta E - (\theta + \mu) I \\ \frac{dR}{dt} &= \theta I + u(t-\tau) \cdot S(t-\tau) - \mu R \\ N(t) &= S(t) + E(t) + I(t) + R(t)\end{aligned}\tag{3}$$

2. Software Simulasi Model SEIR Kasus Penyebaran Covid-19 di Provinsi Sulawesi Selatan

a. Simulasi Model SEIR tanpa Kontrol Vaksinasi

```

function [t, S, E, I, R] = SEIR(t_start, t_end, S0, E0, I0, R0);
% Simulasi Model SEIR tanpa Kontrol Vaksinasi
mu = 0.0002;

alpha = 0.002;
beta = 0.0002;
gamma = 0.0002;
delta = 0.0002;
beta = 0.0002;
theta = 0.0002;
beta = 0.0002;

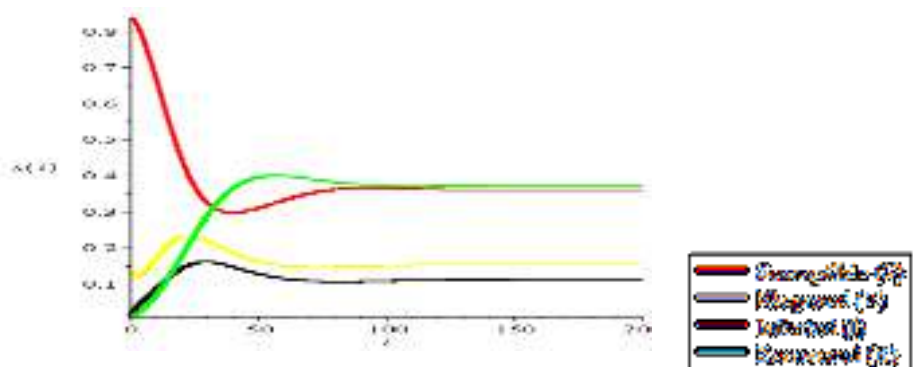
R0 = 1;

R0 = (beta * (gamma + delta + mu)) / ((gamma + mu) * (delta + gamma + mu));
R0 = 2.747555556;

dS = -alpha * S - (beta * S * I) + mu * S;
dE = beta * S * I - (gamma + delta + mu) * E;
dI = (gamma + delta + mu) * E - (delta + mu) * I;
dR = beta * S * I - (delta + mu) * R;

% Solusi numerik menggunakan ode45
[t, S, E, I, R] = ode45(@(t, Y) [dS; dE; dI; dR], [t_start; t_end], [S0; E0; I0; R0]);

```



Gambar 8. Grafik Prediksi Model SEIR Penyebaran Covid-19 tanpa Kontrol Vaksinasi

b. Simulasi Model SEIR dengan Kontrol Vaksinasi Dua Waktu Tunda

1) Untuk $\tau = 5$

- > `restart : with(plots) : with(DEtools) : with(linalg) :`
- > `mu := 0.03900; alpha := 0.62; beta := 0.12330; theta := 0.13108;`
`u := 0.19138; tau := 5; lambda := -0.039000000000 : N := 1;`

$$\mu := 0.03900$$

$$\alpha := 0.62$$

$$\beta := 0.12330$$

$$\theta := 0.13108$$

$$u := 0.19138$$

$$\tau := 5$$

$$N := 1$$
- > `sistem := diff(s(t), t) = mu·N - (alpha·i(t)·(1 - u) + mu)·s(t)`
`- (u(t - tau)·s(t - tau)), diff(e(t), t) = alpha·i(t)·s(t)·(1`
`- u) - (beta + mu)·e(t), diff(i(t), t) = beta·e(t) - (theta`
`+ mu)·i(t), diff(r(t), t) = theta·i(t) + (u(t - tau)·s(t - tau))`
`- mu·r(t);`

$$\text{sistem} := \frac{d}{dt} s(t) = 0.03900 - (0.5013444 i(t) + 0.03900) s(t)$$

$$- 0.19138 s(t - 5), \frac{d}{dt} e(t) = 0.5013444 i(t) s(t)$$

$$- 0.16230 e(t), \frac{d}{dt} i(t) = 0.12330 e(t) - 0.17008 i(t), \frac{d}{dt} r(t)$$

$$= 0.13108 i(t) + 0.19138 s(t - 5) - 0.03900 r(t)$$
- > `dsolve([sistem])`

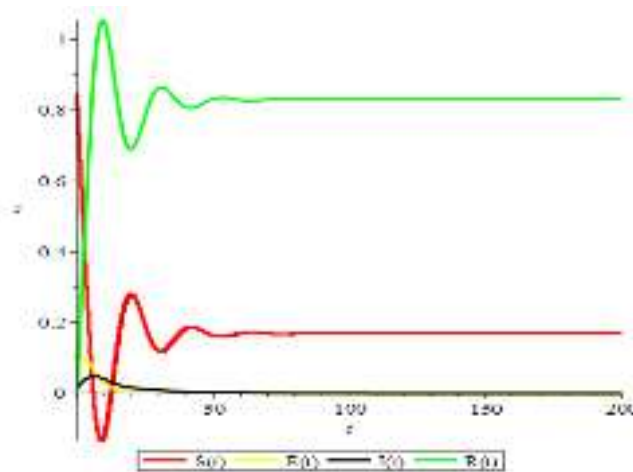
$$\left[\left\{ s(t) = s(t) \right\}, \left\{ i(t) = 0 \right\}, \left\{ e(t) = 0 \right\} \right], \left[\left\{ i(t) = i(t) \right\}, \left\{ e(t) \right. \right.$$

$$\left. = \frac{10000 \frac{d}{dt} i(t)}{1233} + \frac{8504 i(t)}{6165} \right\}, \left\{ s(t) \right.$$

$$= \frac{1}{1545394113 i(t)} \left(690099600 i(t) + 8309500000 \frac{d}{dt} i(t) \right.$$

$$\left. \left. + 25000000000 \frac{d^2}{dt^2} i(t) \right) \right] \right]$$
- > `variabel := {s(t), e(t), i(t), r(t)};`
`variabel := {e(t), i(t), r(t), s(t)}`

- > `Plot1 := dsolve({sistem, s(0) = 0.84618, e(0) = 0.12979, i(0) = 0.01214, r(0) = 0.01189}, variabel, type = numeric, method = rkf45);`
[Length of output exceeds limit of 1000000]
- > `f1 := odeplot(Plot1, [t, s(t), color = red, linestyle = solid, thickness = 3], 0 ..200, legend = ["S(t)"], numpoints = 10000);`
- > `f2 := odeplot(Plot1, [t, e(t), color = yellow, linestyle = solid, thickness = 3], 0 ..200, legend = ["E(t)"], numpoints = 1000);`
- > `f3 := odeplot(Plot1, [t, i(t), color = black, linestyle = solid, thickness = 3], 0 ..200, legend = ["I(t)"], numpoints = 1000);`
- > `f4 := odeplot(Plot1, [t, r(t), color = green, linestyle = solid, thickness = 3], 0 ..200, legend = ["R(t)"], numpoints = 1000);`
- > `display(f1, f2, f3, f4)`

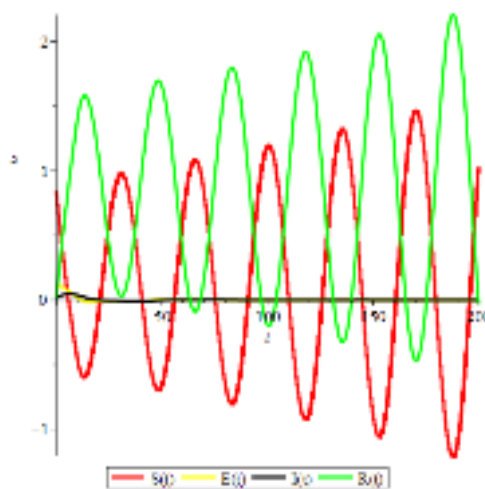


Gambar 15. Grafik Prediksi Model SEIR dengan Kontrol Vaksinasi Dua Waktu Tunda dengan $\tau = 5$

2) Untuk $\tau = 10$

- > `restart : with(plots) : with(DEtools) : with(linalg) :`
- > `mu := 0.03900; alpha := 0.62; beta := 0.12330; theta := 0.13108;`
`u := 0.19138; tau := 10; lambda := -0.03900000000 : N := 1;`
 $\mu := 0.03900$
 $\alpha := 0.62$
 $\beta := 0.12330$
 $\theta := 0.13108$
 $u := 0.19138$
 $\tau := 10$
 $N := 1$

- > $sistem := diff(s(t), t) = \mu \cdot N - (\alpha \cdot i(t) \cdot (1 - u) + \mu) \cdot s(t) - (u(t - \tau) \cdot s(t - \tau))$, $diff(e(t), t) = \alpha \cdot i(t) \cdot s(t) \cdot (1 - u) - (\beta + \mu) \cdot e(t)$, $diff(i(t), t) = \beta \cdot e(t) - (\theta + \mu) \cdot i(t)$, $diff(r(t), t) = \theta \cdot i(t) + (u(t - \tau) \cdot s(t - \tau)) - \mu \cdot r(t)$;
- $sistem := \frac{d}{dt} s(t) = 0.03900 - (0.5013444 i(t) + 0.03900) s(t) - 0.19138 s(t - 10)$, $\frac{d}{dt} e(t) = 0.5013444 i(t) s(t) - 0.16230 e(t)$, $\frac{d}{dt} i(t) = 0.12330 e(t) - 0.17008 i(t)$, $\frac{d}{dt} r(t) = 0.13108 i(t) + 0.19138 s(t - 10) - 0.03900 r(t)$
- > $variabel := \{s(t), e(t), i(t), r(t)\}$;
 $variabel := \{e(t), i(t), r(t), s(t)\}$
- > $Plot1 := dsolve(\{sistem, s(0) = 0.84618, e(0) = 0.12979, i(0) = 0.01214, r(0) = 0.01189\}, variabel, type = numeric, method = rkf45)$;
 $[Length of output exceeds limit of 1000000]$
- > $f1 := odeplot(Plot1, [t, s(t)], color = red, linestyle = solid, thickness = 3, 0 ..200, legend = ["S(t)"], numpoints = 10000)$;
- > $f2 := odeplot(Plot1, [t, e(t)], color = yellow, linestyle = solid, thickness = 3, 0 ..200, legend = ["E(t)"], numpoints = 1000)$;
- > $f3 := odeplot(Plot1, [t, i(t)], color = black, linestyle = solid, thickness = 3, 0 ..200, legend = ["I(t)"], numpoints = 1000)$;
- > $f4 := odeplot(Plot1, [t, r(t)], color = green, linestyle = solid, thickness = 3, 0 ..200, legend = ["R(t)"], numpoints = 1000)$;
- > $display(f1, f2, f3, f4)$



Gambar 16. Grafik Prediksi Model SEIR dengan Kontrol Vaksinasi Dua Waktu Tunda dengan $\tau = 10$

3) Untuk $\tau = 20$

- > `restart : with(plots) : with(DEtools) : with(linalg) :`
- > `mu := 0.03900; alpha := 0.62; beta := 0.12330; theta := 0.13108;`
`u := 0.19138; tau := 20; lambda := -0.03900000000 : N := 1;`

$$\mu := 0.03900$$

$$\alpha := 0.62$$

$$\beta := 0.12330$$

$$\theta := 0.13108$$

$$u := 0.19138$$

$$\tau := 20$$

$$N := 1$$
- > `sistem := diff(s(t), t) = mu·N - (alpha·i(t)·(1 - u) + mu)·s(t)`
`- (u(t - tau)·s(t - tau)), diff(e(t), t) = alpha·i(t)·s(t)·(1`
`- u) - (beta + mu)·e(t), diff(i(t), t) = beta·e(t) - (theta`
`+ mu)·i(t), diff(r(t), t) = theta·i(t) + (u(t - tau)·s(t - tau))`
`- mu·r(t);`

$$\text{sistem} := \frac{d}{dt} s(t) = 0.03900 - (0.5013444 i(t) + 0.03900) s(t)$$

$$- 0.19138 s(t - 20), \frac{d}{dt} e(t) = 0.5013444 i(t) s(t)$$

$$- 0.16230 e(t), \frac{d}{dt} i(t) = 0.12330 e(t) - 0.17008 i(t), \frac{d}{dt} r(t)$$

$$= 0.13108 i(t) + 0.19138 s(t - 20) - 0.03900 r(t)$$
- > `dsolve([sistem])`

$$\left[\{s(t) = s(t)\}, \{i(t) = 0\}, \{e(t) = 0\} \right], \left[\{i(t) = i(t)\}, \left\{ e(t) \right. \right.$$

$$\left. = \frac{10000 \frac{d}{dt} i(t)}{1233} + \frac{8504 i(t)}{6165} \right], \left\{ s(t) \right.$$

$$= \frac{1}{1545394113 i(t)} \left(690099600 i(t) + 8309500000 \frac{d}{dt} i(t) \right.$$

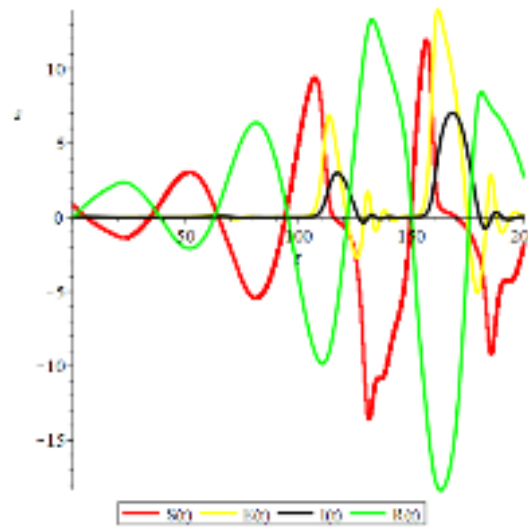
$$\left. \left. + 25000000000 \frac{d^2}{dt^2} i(t) \right) \right]$$
- > `variabel := {s(t), e(t), i(t), r(t)};`

$$\text{variabel} := \{e(t), i(t), r(t), s(t)\}$$
- > `Plot1 := dsolve({sistem, s(0) = 0.84618, e(0) = 0.12979, i(0)`
`= 0.01214, r(0) = 0.01189}, variabel, type = numeric, method`
`= rkf45);`

[Length of output exceeds limit of 1000000]

- > `f1 := odeplot(Plot1, [t, s(t), color = red, linestyle = solid, thickness = 3], 0 ..200, legend = ["S(t)"], numpoints = 10000);`
- > `f2 := odeplot(Plot1, [t, e(t), color = yellow, linestyle = solid, thickness = 3], 0 ..200, legend = ["E(t)"], numpoints = 1000);`
- > `f3 := odeplot(Plot1, [t, i(t), color = black, linestyle = solid, thickness = 3], 0 ..200, legend = ["I(t)"], numpoints = 1000);`
- > `f4 := odeplot(Plot1, [t, r(t), color = green, linestyle = solid, thickness = 3], 0 ..200, legend = ["R(t)"], numpoints = 1000);`

- > `display(f1, f2, f3, f4)`



Gambar 17. Grafik Prediksi Model SEIR dengan Kontrol Vaksinasi Dua Waktu Tunda dengan $\tau = 20$