REPUBLIK INDONESIA
KEMENTERIAN HUKUM DAN HAK ASASI MANUSIA

# SURAT PENCATATAN

# CIPTAAN

Dalam rangka pelindungan 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 | : | EC00202289686, 16 November 2022 |
| **Pencipta** | | |
| Nama | : | **Nur Qadri Bahar, 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 SEIRS Penyebaran COVID-19 Dengan Vaksinasi Dan PPKM** |
| Tanggal dan tempat diumumkan untuk pertama kali di wilayah Indonesia atau di luar wilayah Indonesia | : | 3 Oktober 2022, di Makassar |
| Jangka waktu pelindungan | : | Berlaku selama 50 (lima puluh) tahun sejak Ciptaan tersebut pertama kali dilakukan Pengumuman. |
| Nomor pencatatan | : | 000405430 |

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

**LAMPIRAN PENCIPTA**

| No | Nama | Alamat |
|---|---|---|
| 1 | Nur Qadri Bahar | Jln. A.P. Pettarani |
| 2 | Syafruddin Side | Jln. A.P. Pettarani |
| 3 | Muhammad Abdy | Jln. A.P. Pettarani |
| 4 | Rahmat Syam | Jln. A.P. Pettarani |
| 5 | Alimuddin | Jln. A.P. Pettarani |

# Deskripsi Produk Haki yang Dihasilkan

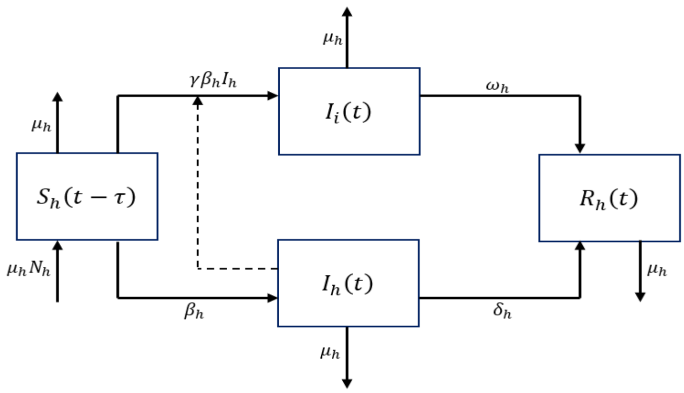
**Nama Peneliti: Syafruddin Side, Wahidah Sanusi dan Andi Muh. Ridho Yusuf S.A.P.**

**Judul: Analisis Model Matematika SIIR dengan Waktu Tunda sebagai Solusi Penularan Tuberkulosis di Sulawesi Selatan**

**Produk yang dihasilkan:**
**Software Model Matematika SIIR dengan Waktu Tunda sebagai Solusi Penularan Tuberkulosis di Sulawesi Selatan**

**Deskripsi Singkat**: Software ini memberikan gambaran penyebaran kasus Tuberkulosis dengan Waktu Tunda di Sulawesi Selatan, sintax software maple ini mendeskripsikan model suscepted, infected (Human & Virus) dan recovered (SIIR) pada kasus penyebaran Tuberkulosis dengan Waktu Tunda di Sulawesi Selatan,produk software ini juga memberikan gambaran analisis model SIIR kasus penyebaran Tuberkulosis dengan Waktu Tunda yaitu kesetimbangan dan kestabilan jumlah kasus penyebaran Tuberkulosis dengan Waktu Tunda di Sulawesi Selatan. Software ini juga memberikan gambaran prediksi jumlah kasus penyebaran Tuberkulosis dengan Waktu Tunda di Sulawesi Selatan.

**Model SEIR penyebaran Covid-19**




**Gambar 1. Skema Model SIIR penyebaran Tuberculosis**

Variabel dan parameter yang digunakan pada model matematika SIIR penyebaran Tuberculosis dengan waktu tunda dapat dilihat pada Tabel 1

Tabel 1. Definisi Variabel dan Parameter model SIIR Tuberculosis

| Parameter | Keterangan |
|---|---|
| $N$ | Jumlah populasi |
| $S_h$ | Populasi yang rentan terinfeksi tuberculosis |
| $I_h$ | Populasi yang terinfeksi tuberculosis karena virus |
| $I_i$ | Populasi yang terinfeksi tuberculosis karena manusia yang terinfeksi |
| $R_h$ | Populasi yang telah sembuh (*recovered)* dari Tuberculosis |
| $\mu_h$ | Laju kelahiran dan kematian alami yang diasumsikan sama |
| $\gamma\beta_h$ | Laju perubahan populasi rentan ke populasi terinfeksi karena manusia terinfeksi |
| $\beta_h$ | Laju perubahan populasi rentan ke populasi terinfeksi karena virus |

| | |
|---|---|
| $\omega_h$ | Laju perubahan populasi terinfeksi karena manusia terinfeksi ke populasi sembuh |
| $\delta_h$ | Laju perubahan populasi rentan ke populasi terinfeksi karena virus ke populasi sembuh |
| $t$ | Waktu |
| $\tau$ | Waktu tunda (*time delay)* |

**1. Model SEIR**

$$\frac{dS_h}{dt} = \mu_h N_h - \beta_h S_h(t-\tau) - \gamma\beta_h I_h(t) S_h(t-\tau) - \mu_h S_h(t-\tau)$$
$$\frac{dI_h}{dt} = \beta_h S_h(t-\tau) - (\mu_h + \delta_h) I_h(t)$$
$$\frac{dI_i}{dt} = \gamma\beta_h I_h(t) S_h(t-\tau) - (\mu_h + \omega_h) I_i(t)$$
$$\frac{dR_h}{dt} = \delta_h I_h(t) + \omega_h I_i(t) - \mu_h R_h(t)$$

**2. Software Simulasi Model SEIRS kecanduan Game Online Pada Mahasiswa Matematika**

```
> restart : with(linalg) : with(DEtools) : with(plots) :
> sistem := diff(s(t), t) = mu·N·s(t)−(ϕ·σ·i(t) + ϕ + μ)·s, diff(h(t), t) = (ϕ·s) − (δ + μ)·h(t), diff(i(t), t)
      = (σ·ϕ·s) − (φ + μ)·i(t), diff(r(t), t) = φ·i(t) + (δ·h(t)) − (μ)·r(t);
```

$$sistem := \frac{d}{dt}\, s(t) = \mu N s(t) - (\phi\,\sigma\, i(t) + \phi + \mu)\, s,\ \frac{d}{dt}\, h(t) = \phi\, s - (\delta + \mu)\, h(t),\ \frac{d}{dt}\, i(t) = \sigma\,\phi\, s - (\varphi + \mu)\, i(t),\ \frac{d}{dt}\, r(t) = \varphi\, i(t) + \delta\, h(t) - \mu\, r(t)$$

```
>
```

**Titik Kesetimbangan Model**

```
> tp := solve([mu·N·s − (ϕ·σ·i + ϕ + μ)·s = 0, α(ϕ·s) − (δ + μ)·h = 0, (σ·ϕ·s) − (φ + μ)·i = 0, φ·i
      + (δ·h) − (μ)·r = 0], [s, h, i, r])
```

$$tp := \left[\left[s = 0, h = \frac{\alpha(0)}{\delta+\mu}, i = 0, r = \frac{\delta\,\alpha(0)}{(\delta+\mu)\,\mu}\right], \left[s = \frac{N\mu^2 + N\mu\varphi - \mu^2 - \mu\phi - \mu\varphi - \phi\varphi}{\phi^2\sigma^2}, h = \frac{\alpha\left(\frac{N\mu^2 + N\mu\varphi - \mu^2 - \mu\phi - \mu\varphi - \phi\varphi}{\phi\sigma^2}\right)}{\delta+\mu}, i = \frac{N\mu - \mu - \phi}{\phi\sigma}, r = \frac{1}{(\delta+\mu)\,\mu\,\phi\,\sigma}\left(N\delta\mu\varphi + N\mu^2\varphi + \alpha\left(\frac{N\mu^2 + N\mu\varphi - \mu^2 - \mu\phi - \mu\varphi - \phi\varphi}{\phi\sigma^2}\right)\delta\phi\sigma - \delta\mu\varphi - \delta\phi\varphi - \mu^2\varphi - \mu\phi\varphi\right)\right]\right]$$

## Kestabilan Model (Stabil Asimtotik)

> eigenvalues(A)

$$-\mu,\ -\frac{\phi\sigma i}{2}-\frac{\mu}{2}-\frac{\phi}{2}-\frac{\varphi}{2}+\frac{\sqrt{\phi^2\sigma^2 i^2-4\sigma^2\phi^2 s-2i\mu\phi\sigma+2\phi^2\sigma i-2i\phi\sigma\varphi+\mu^2-2\mu\phi+2\mu\varphi+\phi^2-2\phi\varphi+\varphi^2}}{2},$$

$$-\frac{\phi\sigma i}{2}-\frac{\mu}{2}-\frac{\phi}{2}-\frac{\varphi}{2}-\frac{\sqrt{\phi^2\sigma^2 i^2-4\sigma^2\phi^2 s-2i\mu\phi\sigma+2\phi^2\sigma i-2i\phi\sigma\varphi+\mu^2-2\mu\phi+2\mu\varphi+\phi^2-2\phi\varphi+\varphi^2}}{2},$$

$$-\delta-\mu$$

## Bilangan Reproduksi Dasar

> $R0 = (\phi)/(\mu+\delta)$

$$R0 = 7.916030534$$

## Simulasi Tanpa Waktu Tunda

> $m := 30 : \mu := \frac{0.000035}{m};\ \sigma := \frac{0.123111}{m};\ \delta := \frac{0.041230}{m};\ \varphi := \frac{0.038655}{m};\ \phi := \frac{0.326655}{m};\ \text{tau} := 0;$
> $N := 1:$

$$\mu := 1.166666667\times 10^{-6}$$
$$\sigma := 0.004103700000$$
$$\delta := 0.001374333333$$
$$\varphi := 0.001288500000$$
$$\phi := 0.01088850000$$
$$\tau := 0$$

> $sistem := diff(s(t),t) = \text{mu}\cdot N\cdot s(t)-(\phi\cdot\sigma\cdot i(t)+\phi+\mu)\cdot s(t-\tau),\ diff(h(t),t) = (\phi\cdot s(t-\tau))-(\delta+\mu)\cdot h(t),\ diff(i(t),t) = (\sigma\cdot\phi\cdot s(t-\tau))-(\varphi+\mu)\cdot i(t),\ diff(r(t),t) = \varphi\cdot i(t)+(\delta\cdot h(t))-(\mu)\cdot r(t);$

$$sistem := \frac{d}{dt}s(t) = \mu N s(t)-(\phi\sigma i(t)+\phi+\mu)\,s(t-\tau),\ \frac{d}{dt}h(t) = \phi s(t-\tau)-(\delta+\mu)\,h(t),\ \frac{d}{dt}i(t) = \sigma\phi s(t-\tau)-(\varphi+\mu)\,i(t),\ \frac{d}{dt}r(t) = \varphi i(t)+\delta h(t)-\mu r(t)$$

>

> dsolve([sistem]);

$$\left\{h(t)=h(t),\ i(t)=\frac{-\delta h(t)+\mu r(t)+\frac{d}{dt}r(t)}{\varphi},\ r(t)=r(t)\right\}$$

> variabel := {s(t), h(t), i(t), r(t)};

$$variabel := \{h(t), i(t), r(t), s(t)\}$$

> $Plot1 := dsolve\left(\left\{sistem, s(0)=\frac{8329824}{8342000}, h(0)=\frac{8523}{8342000}, i(0)=\frac{3653}{8342000}, r(0)=\frac{1218}{8342000}\right\}, variabel, type=numeric, method=rkf45\right);$

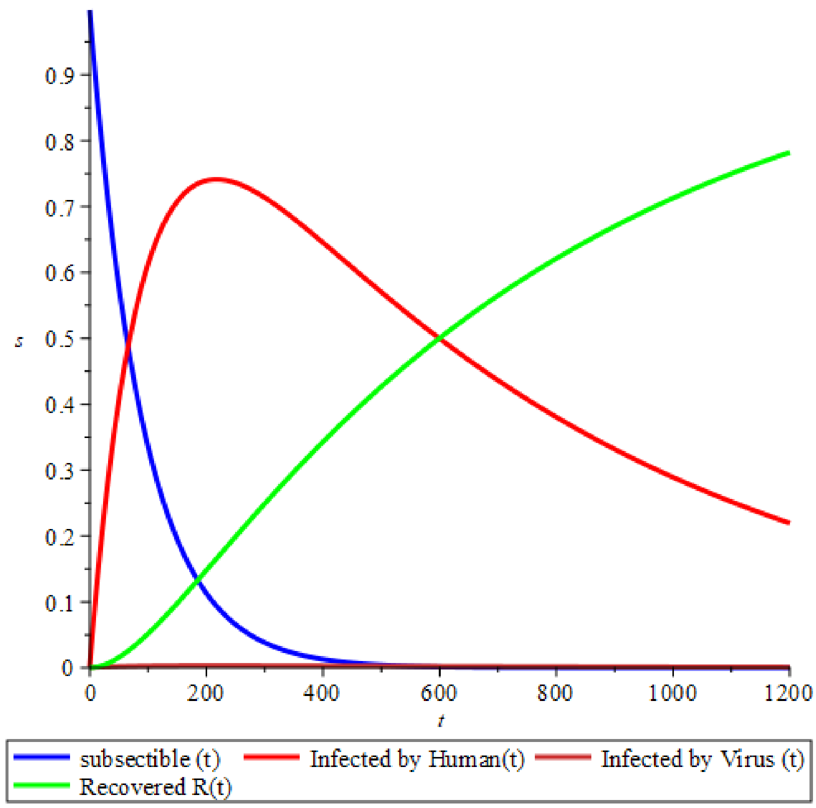
*[Length of output exceeds limit of 1000000]*

```
> f1 := odeplot(Plot1, [t, s(t), color = blue, linestyle = solid, thickness = 3], 0 ..92, legend = ["subsectible (t)"],
      numpoints = 1000); f13 := odeplot(Plot1, [t, s(t), color = blue, linestyle = solid, thickness = 3], 690 ..1200,
      legend = ["subsectible (t)"], numpoints = 1000);
>
> f2 := odeplot(Plot1, [t, h(t), color = red, linestyle = solid, thickness = 3], 0 ..662, legend
      = ["Infected by Human(t)"], numpoints = 1000) :

> f3 := odeplot(Plot1, [t, i(t), color = orange, linestyle = solid, thickness = 3], 0 ..663, legend
      = ["Infected by Virus (t)"], numpoints = 1000) :

> f4 := odeplot(Plot1, [t, r(t), color = green, linestyle = solid, thickness = 3], 0 ..965, legend = ["Recover R(t)"],
      numpoints = 1000) :

> display(f1, f13, f2, f3, f4)
```




Gambar 2 Grafik Hasil Simulasi Model SIIR Tuberkulosis Tanpa Waktu Tunda

## Simulasi dengan Waktu Tunda

> $m := 30 : \mu := \frac{0.000035}{m}; \sigma := \frac{0.123111}{m}; \delta := \frac{0.041230}{m}; \varphi := \frac{0.038655}{m}; \phi := \frac{0.326655}{m};$ tau := 60;
$N := 1 :$

$$\mu := 1.166666667 \times 10^{-6}$$
$$\sigma := 0.004103700000$$
$$\delta := 0.001374333333$$
$$\varphi := 0.001288500000$$
$$\phi := 0.01088850000$$
$$\tau := 60$$

> $sistem := diff(s(t), t) = \text{mu} \cdot N \cdot s(t) - (\phi \cdot \sigma \cdot i(t) + \phi + \mu) \cdot s(t - \tau), diff(h(t), t) = (\phi \cdot s(t - \tau)) - (\delta + \mu) \cdot h(t), diff(i(t), t) = (\sigma \cdot \phi \cdot s(t - \tau)) - (\varphi + \mu) \cdot i(t), diff(r(t), t) = \varphi \cdot i(t) + (\delta \cdot h(t)) - (\mu) \cdot r(t);$

$$sistem := \frac{d}{dt} s(t) = \mu N s(t) - (\phi \sigma i(t) + \phi + \mu) s(t - \tau), \frac{d}{dt} h(t) = \phi s(t - \tau) - (\delta + \mu) h(t), \frac{d}{dt} i(t) = \sigma \phi s(t - \tau) - (\varphi + \mu) i(t), \frac{d}{dt} r(t) = \varphi i(t) + \delta h(t) - \mu r(t)$$

>
> $dsolve([sistem]);$

$$\left\{ h(t) = h(t), i(t) = \frac{-\delta h(t) + \mu r(t) + \frac{d}{dt} r(t)}{\varphi}, r(t) = r(t) \right\}$$

> $variabel := \{s(t), h(t), i(t), r(t)\};$

$$variabel := \{h(t), i(t), r(t), s(t)\}$$

> $Plot1 := dsolve\left(\left\{sistem, s(0) = \frac{8329824}{8342000}, h(0) = \frac{8523}{8342000}, i(0) = \frac{3653}{8342000}, r(0) = \frac{1218}{8342000}\right\}, variabel, type = numeric, method = rkf45\right);$

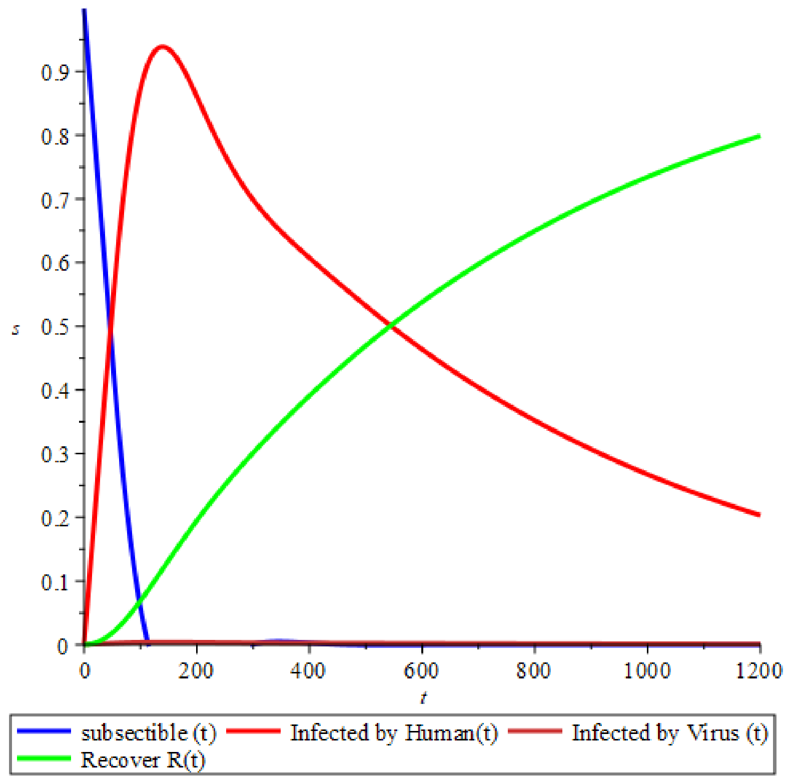
*[Length of output exceeds limit of 1000000]*

> f1 := odeplot(Plot1, [t, s(t), color = blue, linestyle = solid, thickness = 3], 0 ..92, legend = ["subsectible (t)"], numpoints = 1000); f13 := odeplot(Plot1, [t, s(t), color = blue, linestyle = solid, thickness = 3], 690 ..1200, legend = ["subsectible (t)"], numpoints = 1000);
>
> f2 := odeplot(Plot1, [t, h(t), color = red, linestyle = solid, thickness = 3], 0 ..662, legend = ["Infected by Human(t)"], numpoints = 1000) :

> f3 := odeplot(Plot1, [t, i(t), color = orange, linestyle = solid, thickness = 3], 0 ..663, legend = ["Infected by Virus (t)"], numpoints = 1000) :

> f4 := odeplot(Plot1, [t, r(t), color = green, linestyle = solid, thickness = 3], 0 ..965, legend = ["Recover R(t)"], numpoints = 1000) :

> display(f1, f13, f2, f3, f4)




Gambar 3. Grafik Hasil Simulasi Model SIIR Tuberkulosis dengan Waktu Tunda (tau = 60 hari)