



BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Sesuai dengan luaran yang dijanjikan pada proposal penelitian, terdapat beberapa pencapaian hasil dan luaran yang telah dicapai.

4.1 Luaran yang dicapai

1. **Pengayaan bahan ajar.** Pengayaan bahan ajar yang dimaksud adalah penambahan materi pada bahan ajar mata kuliah, dalam hal ini adalah mata kuliah **Pemodelan Matematika**. Sebagai bukti dari luaran ini, dapat dilihat dari RPKPS dan bahan ajar mata kuliah Pemodelan Matematika pada Lampiran.
2. **Prosiding seminar nasional.** Prosiding pada seminar nasional akan dimuat pada **Konferensi Nasional Matematika XIX** yang akan dilaksanakan di Universitas Brawijaya pada tanggal 24-26 Juli 2018. Sebagai bukti luaran ini dapat dilihat pada artikel lengkap dan undangan sebagai pemakalah dalam acara tersebut.
3. **Jurnal nasional ber-ISSN.** Hasil akhir dari penelitian ini adalah kurva fitting pada model epidemi SIR menggunakan data simulasi. Hasil yang diperoleh telah dikirimkan untuk publikasi di Jurnal Statistika dan Matematika (JSMS) yang diterbitkan pada bulan Desember 2018 oleh Universitas Islam Negeri (UIN) Suska Riau.

4.2 Data Penelitian

Data yang diambil adalah data yang telah dianalisis yang memenuhi perilaku pertumbuhan model eksponensial dan logistik. Data yang melibatkan meliputi

1. Hubungan berat dan panjang ikan Trout Pelangi Sungai Spokane [10]
2. Hubungan ketinggian dari permukaan laut dan tekanan udara [11]



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan Universitas Riau.
2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Riau.

3. Hubungan suhu dan kelembaban udara pada atmosfer bumi [12]
4. Hubungan antara kapasitas sel surya dan daya listrik yang dihasilkan [13]
5. Populasi England dan Wales [14]
6. Perubahan ketinggian bunga Matahari sejak hari penanaman [15]
7. Populasi Bison di daerah Yellowstone [16]
8. Kebutuhan gas alam di US [17]

3 Fitting kurva model eksponensial

Model pertumbuhan eksponensial diberikan oleh

$$\frac{dN(t)}{dt} = \alpha N(t) \quad (14)$$

Dengan solusi dari persamaan (14) diperoleh dengan pemisahan variabel sehingga diperoleh

$$N(t) = Ce^{\alpha t}, \quad t \in [0, t_f] \quad (15)$$

Dengan persamaan (15) dapat dituliskan dalam bentuk

$$\ln(N(t)) = \ln(C) + \alpha t, \quad (16)$$

yang merupakan persamaan linear dalam variabel t . Selanjutnya, nilai $\ln(N(t))$, $\ln(C)$, α pada persamaan (16) diperoleh menggunakan data dan persamaan (3,4,5).

4 Fitting kurva model logistik

Model pertumbuhan logistik diberikan oleh

$$\frac{dN(t)}{dt} = N(t) (\alpha - \beta N(t)) \quad (17)$$



dengan solusi dari persamaan (17) diperoleh dengan pemisahan variabel sehingga diperoleh

$$\ln \left(\frac{N(t)}{1 - \frac{N(t)}{N_{\max}}} \right) = \alpha t + C \quad (18)$$

dengan $N_{\max} = \alpha/\beta$. Persamaan (18) merupakan persamaan linear dalam t dan nilai α, C dapat dihitung menggunakan data dan persamaan (3,4,5) sedangkan nilai β diperoleh dari $\beta = \alpha/N_{\max}$.

3.5 Fitting kurva dengan PSO

Particle Swarm Optimization menggunakan prosedur pembaharuan nilai posisi dan kecepatan yang diberikan pada persamaan

$$\begin{aligned} V_{k+1}^i &= V_k^i + c_1 \gamma (Pb_k^i - X_k^i) + c_2 \gamma (Gb_k - X_k^i) \\ X_{k+1}^i &= X_k^i + V_{k+1}^i \end{aligned}$$

dengan X menyatakan posisi swarm yang merupakan calon solusi masalah, V menyatakan kecepatan swarm untuk bergerak mendekati solusi berikutnya dari posisi awal, i menyatakan indeks swarm, k menyatakan indeks urutan iterasi, γ merupakan suatu bilangan random, c_1, c_2 menyatakan nilai kognitif swarm yang nilai standarnya 1.4 [4], Pb, Gb menyatakan PersonalBest dan GlobalBest yaitu posisi terbaik suatu swarm dan seluruh swarm.

Pada model eksponensial yang diberikan pada persamaan 15, terdapat dua parameter yang tidak diketahui, yaitu C dan α . Sedangkan pada model logistik pada persamaan 17, terdapat dua parameter yang perlu untuk diestimasi yaitu α dan β . Oleh karena itu, pada penerapannya, terdapat dua jenis swarm dengan masing-masing jenis diberikan lokasi sesuai pengaturan PSO. Pada persamaan eksponensial dan logistik, keduanya menggunakan fungsi fitness yang sama yang diberikan pada persamaan (1). Namun, untuk perhitungan nilai fitness, model logistik membutuhkan perhitungan numerik untuk menentukan solusi persamaan diferensial orde dua nonlinear menggunakan metode Euler

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan sumber:
 a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan Universitas Riau.
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Riau.



untuk setiap swarmnya. Prosedur penentuan parameter dengan menggunakan PSO pada model logistik diberikan pada Algoritma 1

Algoritma 1: Alur penentuan parameter model logistik menggunakan PSO.

```

1: Input data, nVar, nSwarm, itMax, tolMax,  $c_1, c_2$ 
2: Random nilai dan kecepatan  $x_0, v_0$ 
3: Hitung  $V_1, X_1$ 
4: Hitung Fit
5: Tentukan  $Pb, Gb$ 
6: procedure
7:   for  $i=1:itMax$  do
8:     Hitung  $V_{i+1}, X_{i+1}$ 
9:     Hitung Fitness
10:    Tentukan  $Pb, Gb$ 
11:    if  $abs(mean(X_{i+1}) - mean(X_i)) < tolMax$  then
12:      break;
13:    end if
14:  end for
15: end procedure

```

4.6 Hasil Komputasi

Tabel 1: Perbandingan seluruh metode pada model eksponensial dengan dataset [10]

No	Metode	A_0	B_0	nS	i	TOC	A_i	B_i	Error
1	Analitik	—	—	—	—	—	30.93846	0.007	310285.13
2	GN	25	0.05	—	100	1.82054	40.9373	0.00688	39036.00
3	GN	25	2	—	100	1.83147	NaN	NaN	NaN
4	PSO	—	—	30	42	7.53819	40.93733	0.00688	39036.09
5	PSO	—	—	100	42	7.14031	40.93733	0.00688	39036.09
6	PSO	—	—	150	42	8.27784	40.93733	0.00688	39036.09

Tabel 2: Perbandingan seluruh metode pada model eksponensial dengan dataset [11]

No	Metode	A_0	B_0	nS	i	TOC	A_i	B_i	Error
1	Analitik	—	—	—	—	—	1103.233	-0.147	10595.97
2	GN	100	0	—	100	1.45701	1037.1	-0.13507	2132.542
3	GN	800	0	—	100	1.46685	-813380	0.22619	2.23e21
4	PSO	—	—	30	36	6.18584	1037.102	-0.13507	2132.542
5	PSO	—	—	100	36	5.11084	1037.102	-0.13507	2132.542
6	PSO	—	—	150	36	4.79512	1037.102	-0.13507	2132.542

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan sumber:

- Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- Pengutipan tidak merugikan kepentingan Universitas Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Riau.



Tabel 3: Perbandingan hasil penentuan parameter model eksponensial seluruh metode dengan dataset [12]

No	Metode	A_0	B_0	nS	itM	TOC	A_i	B_i	Error
1	Analitik	-	-	-	-	-	0.0747	3.0156	25.2200
2	GN	0.3	0.2	-	100	2.57	4.1037	0.0612	2.0000
3	GN	0.5	5	-	100	2.56	0.5000	3.7500	2.428e129
4	GN	5	5	-	100	2.58	5.0000	3.7500	2.428e131
5	PSO	-	-	30	157	3.21	4.1037	0.0612	1.7164
6	PSO	-	-	100	142	2.48	4.1037	0.0612	1.7164
7	PSO	-	-	150	172	3.59	4.1037	0.0612	1.7164

Tabel 4: Perbandingan hasil penentuan parameter model eksponensial seluruh metode dengan dataset [13]

No	Metode	A_0	B_0	nS	itM	TOC	A_i	B_i	Error
1	Analitik	-	-	-	-	-	4.7806	0.1323	418.5984
2	GN	3	0.5	-	100	2.59	2.3264	0.1881	145.0000
3	GN	5	0.5	-	100	2.64	157.3350	-82.0539	7.664e03
4	GN	5	5	-	100	2.66	5.0032	2.2219	6.933e35
5	PSO	-	-	30	184	4.34	2.3264	0.1881	144.5620
6	PSO	-	-	100	178	4.17	2.3264	0.1881	144.5620
7	PSO	-	-	150	180	4.36	2.3264	0.1881	144.5620

Tampak pada Tabel 1, 2, 3, 4 metode PSO mendapatkan hasil terbaik dibandingkan dengan metode analitik maupun metode Gauss-Newton. Hal ini dilihat dari nilai pada kolom Error. Hasil dari metode Gauss-Newton memberikan nilai yang berbeda karena metode ini membutuhkan pemilihan nilai awal yang tepat. Kesalahan pemilihan nilai awal dapat berdampak metode ini divergen seperti ditunjukkan pada Tabel 1 dengan nilai awal $A_0 = 5$, $B_0 = 2$.

Hasil perbandingan antara data dan fungsi estimasi diberikan pada Gambar 3

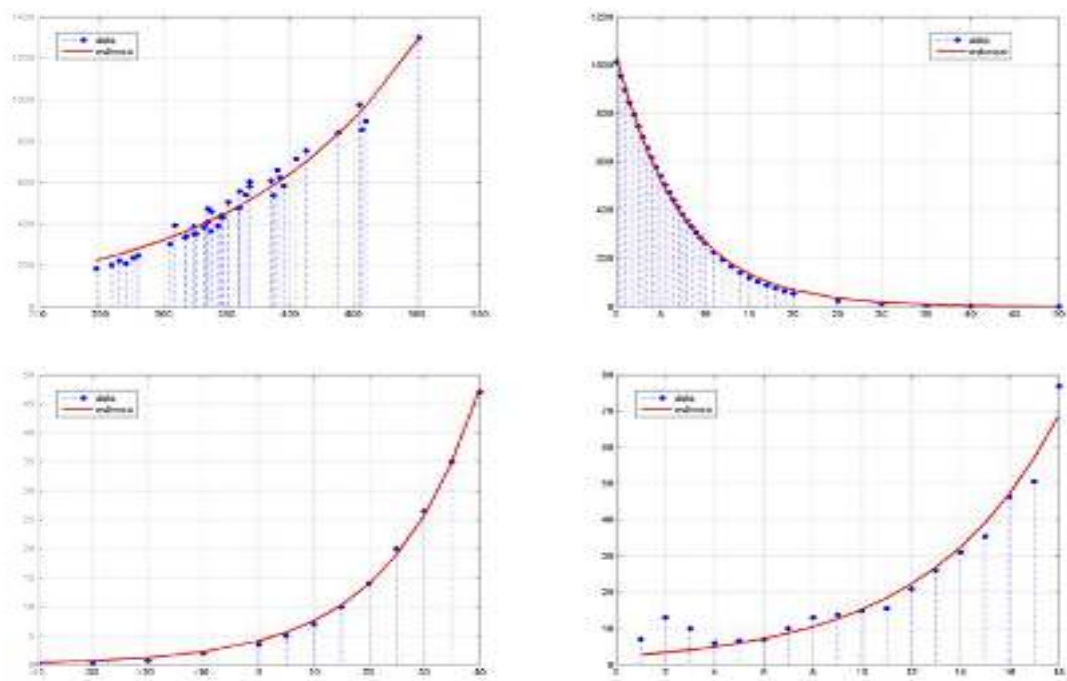
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan sumber:

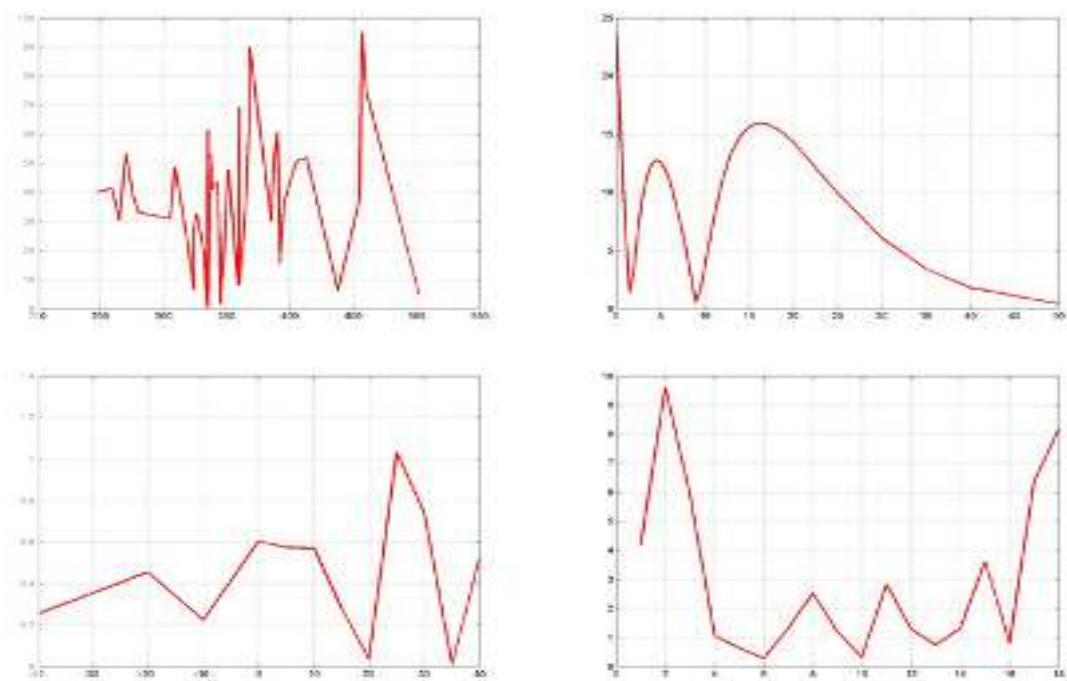
- Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - Pengutipan tidak merugikan kepentingan Universitas Riau.
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Riau.



Gambar 3: Perbandingan data dan fungsi estimasi pada model eksponensial untuk seluruh dataset [10], [11], [12], dan [13]



Error yang dihasilkan dari penggunaan parameter dari model eksponensial ditunjukkan pada Gambar 4



Gambar 4: Error nilai data pada model eksponensial menggunakan parameter dari PSO pada seluruh dataset [10], [11], [12], dan [13]

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

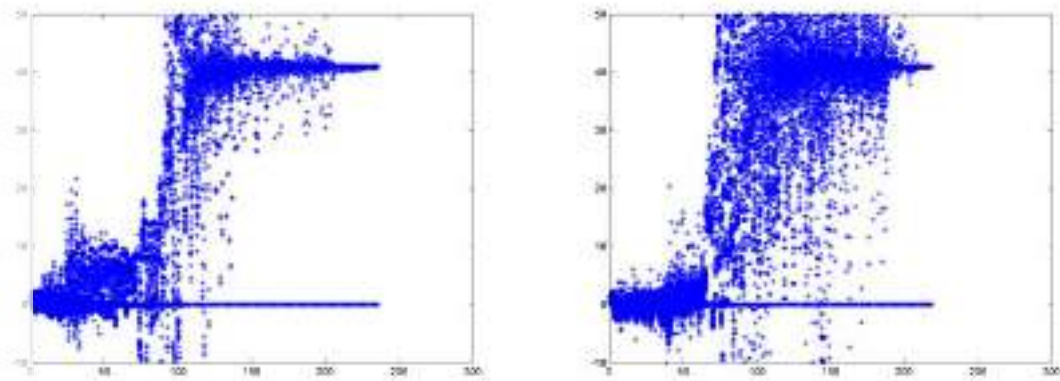
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan sumber:

- Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- Pengutipan tidak merugikan kepentingan Universitas Riau.

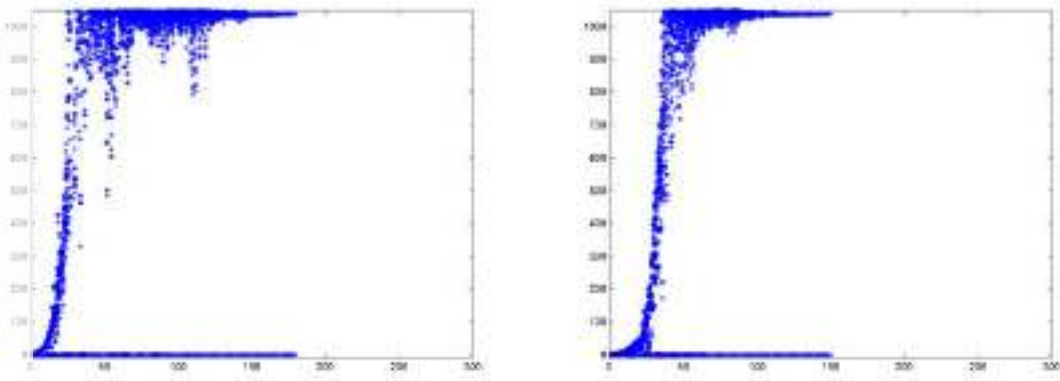
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Riau.



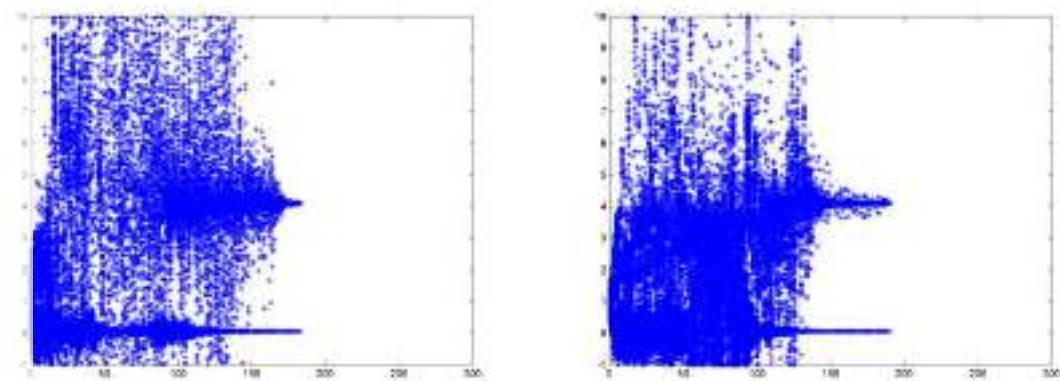
Perilaku swarm dari titik awal menuju titik akhir pencarian solusi ditunjukkan pada Gambar 5, 6, 7 dan 8



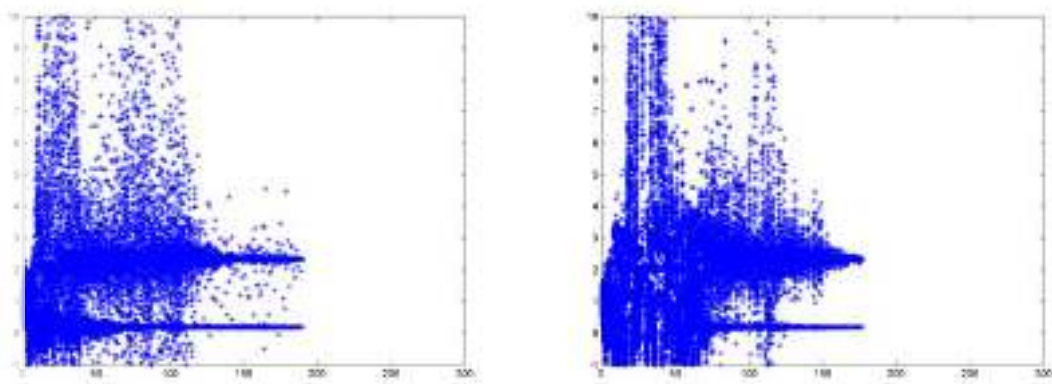
Gambar 5: Perilaku gerakan swarm dalam menentukan parameter model eksponensial dataset [10]



Gambar 6: Perilaku gerakan swarm dalam menentukan parameter model eksponensial dataset [11]



Gambar 7: Perilaku gerakan swarm dalam menentukan parameter model eksponensial dataset [12]



Gambar 8: Perilaku gerakan swarm dalam menentukan parameter model eksponensial dataset [13]

Tabel 5, 6, 7 dan 8 menunjukkan perbandingan metode analitik dan PSO dalam menentukan parameter pada data yang bersifat logistik.

Tabel 5: Perbandingan metode analitik dan PSO model logistik dengan dataset [14]

No	Metode	nS	itM	TOC	A_i	B_i	Error	Relatif Error
1	Analitik	-	-	-	0.023822219	0.000457363	1018.993247	140.94%
2	PSO	30	175	3.24	9.661689657	0.077795981	127.687997	17.66%
3	PSO	100	213	6.90	9.661687391	0.07779592	127.687997	17.66%
4	PSO	150	214	9.70	9.661686423	0.077795851	127.687997	17.66%

Tabel 6: Perbandingan metode analitik dan PSO model logistik dengan dataset [15]

No	Metode	nS	itM	TOC	A_i	B_i	Error	Relatif Error
1	Analitik	-	-	-	0.228325884	0.000897155	13923.89155	709.91%
2	PSO	30	178	2.46	170.150377	0.726819358	5485.405643	279.68%
3	PSO	100	262	6.16	170.1503771	0.726819385	5485.405643	279.68%
4	PSO	150	233	6.67	170.1503788	0.726819368	5485.405643	279.68%

Tabel 7: Perbandingan metode analitik dan PSO model logistik dengan dataset [16]

No	Metode	nS	itM	TOC	A_i	B_i	Error	Relatif Error
1	Analitik	-	-	-	0.228326	0.000897	9756.579	8.17%
2	PSO	30	224	4.86	18.53776	0.005965	1465066	1227.57%
3	PSO	100	238	11.91	18.53776	0.005965	1465066	1227.57%
4	PSO	150	232	16.50	18.53776	0.005965	1465066	1227.57%





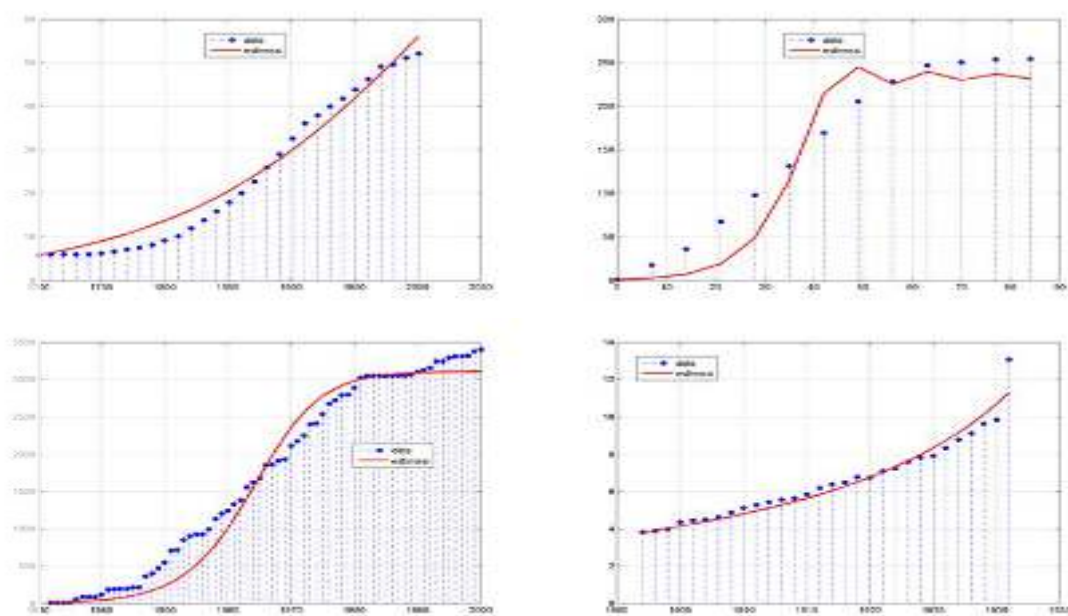
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Universitas Riau.
2. Dilarang memperbanyak atau memperjualbelikan karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Riau.

Tabel 8: Perbandingan metode analitik dan PSO model logistik dengan dataset [17]

No	Metode	nS	itM	TOC	A_i	B_i	Eror	Relatif Eror
1	Analitik	-	-	-	0.310833	0.000261	4014.949	28.59%
2	PSO	30	226	3.56	17.17955	0.011288	4017.628	28.61%
3	PSO	100	245	7.15	17.17955	0.011288	4017.628	28.61%
4	PSO	150	253	10.82	17.17955	0.011288	4017.628	28.61%

Hasil perbandingan antara data dan solusi persamaan diferensial logistik yang parameternya ditentukan menggunakan PSO ditunjukkan pada Gambar 9.

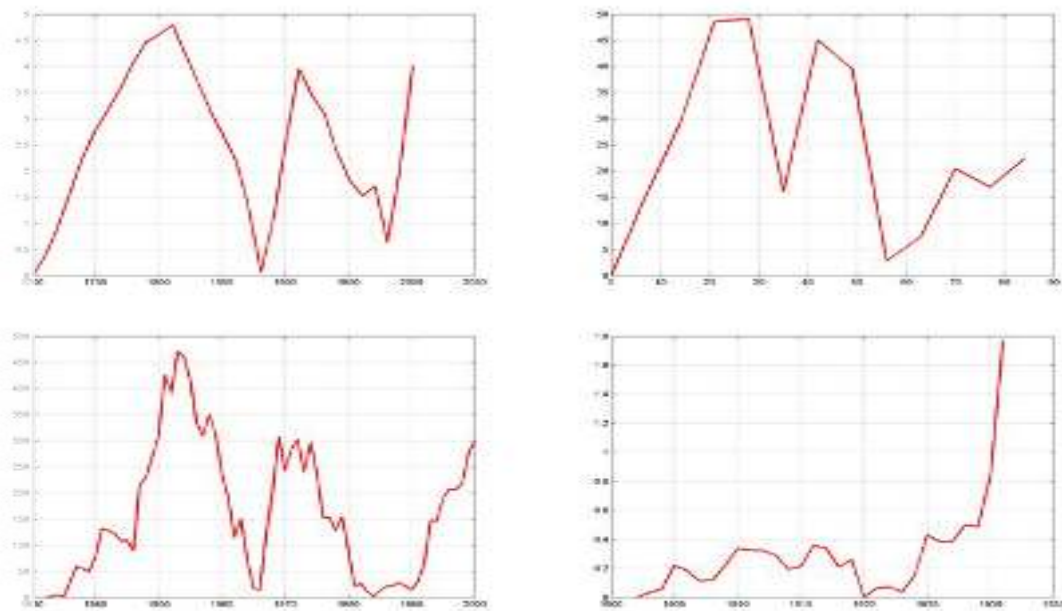


Gambar 9: Perbandingan data dan fungsi estimasi pada model logistik dari seluruh dataset [14], [15], [16] dan [17]

Eror yang dihasilkan dari penggunaan parameter dari model eksponensial ditunjukkan pada Gambar 10.

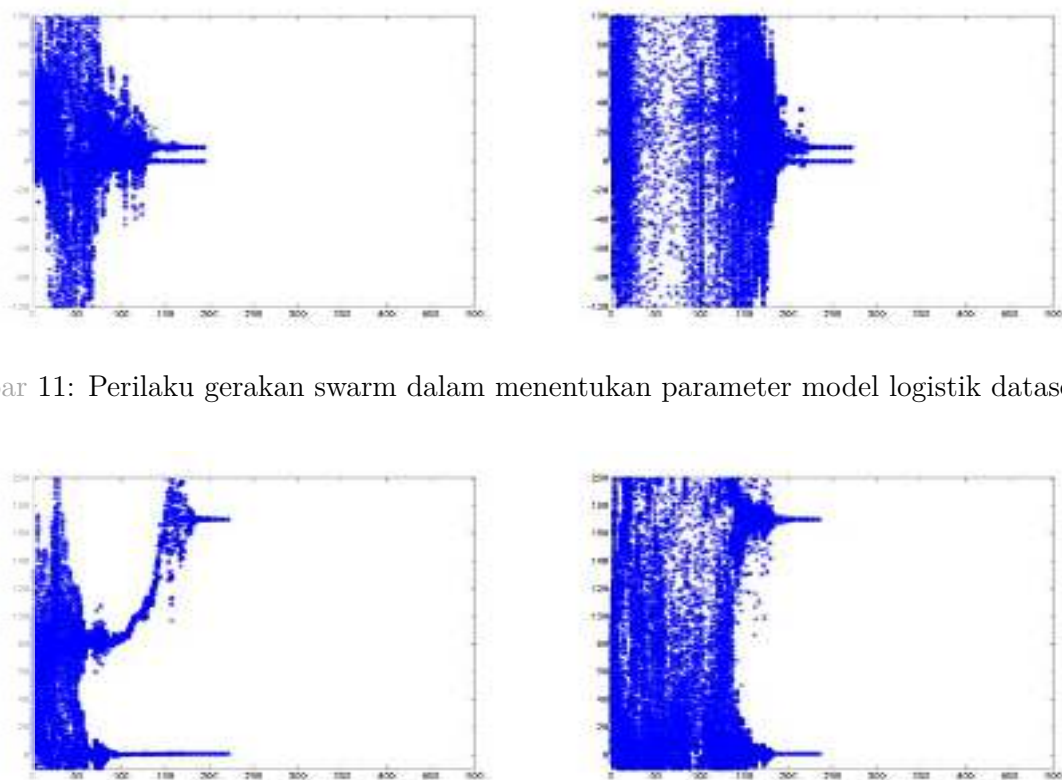
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan Universitas Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Riau.



Gambar 10: Error nilai data pada model logistik menggunakan parameter dari PSO dari seluruh dataset [14], [15], [16] dan [17]

Perilaku swarm dari titik awal menuju titik akhir pencarian solusi ditunjukkan pada gambar 11, 12, 13, dan 14

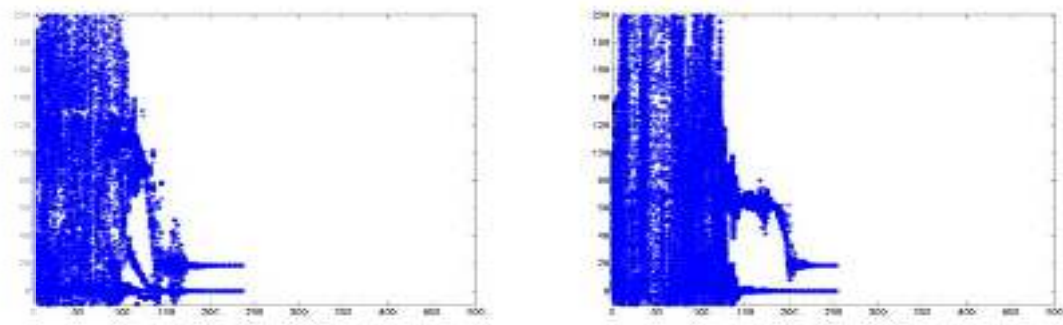


Gambar 11: Perilaku gerakan swarm dalam menentukan parameter model logistik dataset [14]

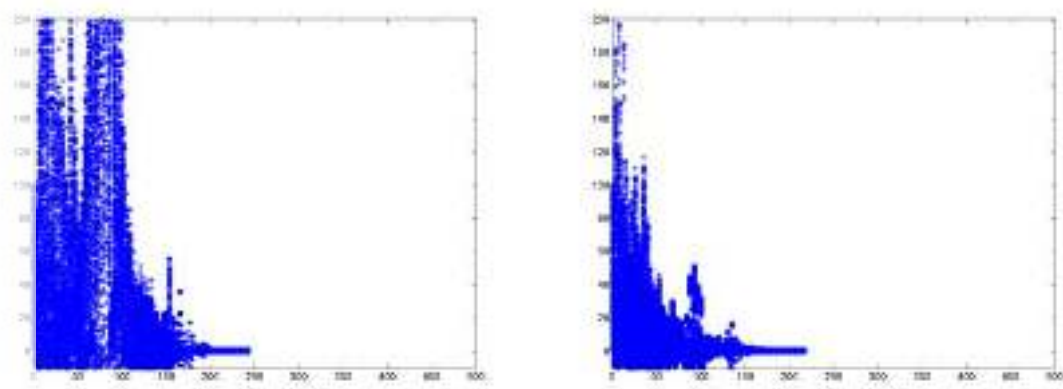
Gambar 12: Perilaku gerakan swarm dalam menentukan parameter model logistik dataset [15]

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan sumber:

- Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - Pengutipan tidak merugikan kepentingan Universitas Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Riau.



Gambar 13: Perilaku gerakan swarm dalam menentukan parameter model logistik dataset [16]



Gambar 14: Perilaku gerakan swarm dalam menentukan parameter model logistik dataset [17]

Selanjutnya, untuk menentukan parameter model epidemi SIR digunakan data simulasi dikarenakan data lapangan tidak tersedia. Untuk keperluan tersebut, dipilih 20 data parameter yang akan dijadikan sebagai parameter model untuk menentukan data model epidemi SIR. Data tersebut disajikan pada Tabel 9

Tabel 9: Data parameter model epidemi SIR

No	α	β	No	α	β
1	0.9756	0.6774	11	0.4152	0.7281
2	0.1614	0.1245	12	0.1491	0.7248
3	0.7945	0.5955	13	0.4943	0.645
4	0.9244	0.7729	14	0.8487	0.08585
5	0.4663	0.5796	15	0.6778	0.5279
6	0.6136	0.6839	16	0.4459	0.8515
7	0.4105	0.4273	17	0.4971	0.21
8	0.9692	0.2768	18	0.1561	0.8267
9	0.6532	0.978	19	0.6979	0.2064
10	0.7714	0.9649	20	0.2047	0.4755



Masing-masing parameter pada Tabel 9 digunakan untuk menghasilkan 100 data yang terdefinisi pada $t \in [0, 30]$. Untuk menentukan parameter model epidemi SIR menggunakan PSO, digunakan parameter PSO yang diberikan pada Tabel 10

Tabel 10: Parameter PSO yang digunakan dalam penentuan parameter model SIR

No	Parameter	Nilai	Makna
1	nS	30	Jumlah swarm yang digunakan dalam penentuan solusi
2	c_1	1.8	Kognitif individu dari masing-masing swarm
3	c_2	1.8	Kognitif sosial dari masing-masing swarm terhadap pemimpin swarm
4	itM	$1e3$	Iterasi pencarian solusi maksimum yang diperkenankan
5	$tolM$	$1e - 5$	Error maksimum yang diperkenankan

Untuk menentukan parameter model epidemi SIR dilakukan dengan tahapan yang diberikan pada Algoritma 2

Algoritma 2: Alur penentuan parameter model logistik menggunakan PSO.

```

1: Input data, nVar, nSwarm, itMax, tolMax,  $c_1, c_2$ 
2: Random nilai dan kecepatan  $x_0, v_0$ 
3: Hitung  $V_1, X_1$ 
4: Hitung solusi numerik SIR dengan EULER
5: Hitung error solusi numerik SIR sebagai fitness
6: Tentukan  $Pb, Gb$ 
7: procedure
8:   for  $i=1:itMax$  do
9:     Hitung  $V_{i+1}, X_{i+1}$ 
10:    Hitung solusi numerik SIR dengan EULER
11:    Hitung error solusi numerik SIR sebagai fitness
12:    Tentukan  $Pb, Gb$ 
13:    if  $abs(mean(X_{i+1}) - mean(X_i)) < tolMax$  then
14:      break;
15:    end if
16:  end for
17: end procedure

```

Hasil simulasi menggunakan Matlab diperoleh hasil yang ditunjukkan pada Tabel 11

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan sumber;

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

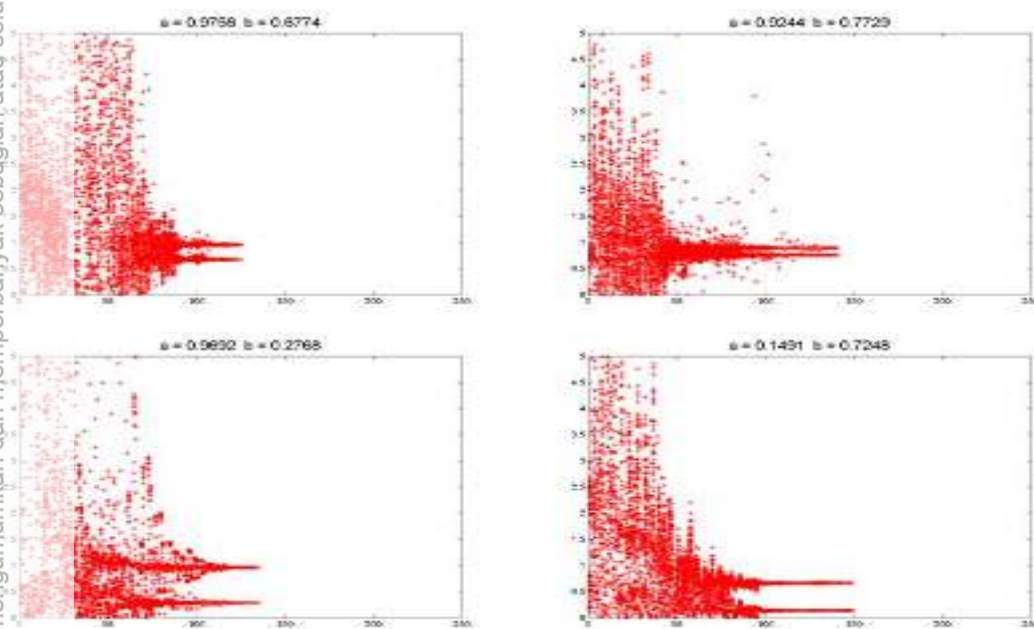
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan Universitas Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Riau.

Tabel 11: Data hasil penentuan parameter SIR menggunakan PSO dan eror yang dihasilkan

No	α	β	α_s	β_s	Error	iterasi	E_α	Rel(α)	E_β	Rel(β)
1	0.9756	0.6774	0.95459	0.67289	1.62E-03	127	2.10E-02	2.15%	4.51E-03	0.67%
2	0.1614	0.1245	0.16097	0.12451	8.49E-05	125	4.33E-04	0.27%	1.42E-05	0.01%
3	0.7945	0.5955	0.77836	0.58998	7.73E-04	129	1.61E-02	2.03%	5.52E-03	0.93%
4	0.9244	0.7729	0.89617	0.75741	5.35E-04	143	2.82E-02	3.05%	1.55E-02	2.00%
5	0.4663	0.5796	0.45013	0.56176	9.97E-06	123	1.62E-02	3.47%	1.78E-02	3.08%
6	0.6136	0.6839	0.59115	0.66251	3.09E-05	132	2.25E-02	3.66%	2.14E-02	3.13%
7	0.4105	0.4273	0.40193	0.42014	1.09E-03	192	8.57E-03	2.09%	7.16E-03	1.68%
8	0.9692	0.2768	0.95882	0.28262	3.10E-02	137	1.04E-02	1.07%	5.82E-03	2.10%
9	0.6532	0.978	0.60877	0.91649	4.21E-06	144	4.44E-02	6.80%	6.15E-02	6.29%
10	0.7714	0.9649	0.72709	0.91538	1.90E-05	141	4.43E-02	5.74%	4.95E-02	5.13%
11	0.4152	0.7281	0.39123	0.68834	3.57E-05	162	2.40E-02	5.77%	3.98E-02	5.46%
12	0.1491	0.7248	0.13650	0.66395	5.14E-07	151	1.26E-02	8.45%	6.08E-02	8.40%
13	0.4943	0.645	0.47435	0.62158	7.99E-06	140	2.00E-02	4.04%	2.34E-02	3.63%
14	0.8487	0.08585	0.86256	0.08594	2.60E-02	179	1.39E-02	1.63%	8.66E-05	0.10%
15	0.6778	0.5279	0.66525	0.52294	4.69E-04	99	1.25E-02	1.85%	4.96E-03	0.94%
16	0.4459	0.8515	0.41431	0.79392	1.73E-06	140	3.16E-02	7.08%	5.76E-02	6.76%
17	0.4971	0.21	0.49476	0.21253	5.99E-03	145	2.34E-03	0.47%	2.53E-03	1.21%
18	0.1561	0.8267	0.14093	0.74714	3.22E-07	118	1.52E-02	9.72%	7.96E-02	9.62%
19	0.6979	0.2064	0.69284	0.20934	1.98E-02	192	5.06E-03	0.72%	2.94E-03	1.43%
20	0.2047	0.4755	0.19547	0.45483	3.10E-06	154	9.23E-03	4.51%	2.07E-02	4.35%

Prosesi pergerakan beberapa swarm dalam menentukan solusi diberikan pada Gambar 15



Gambar 15: Proses pergerakan swarm dari nilai yang disebar secara random menuju titik solusi dari parameter 1, 4, 8, 12.

Hasil simulasi model SIR menggunakan parameter hasil penentuan menggunakan

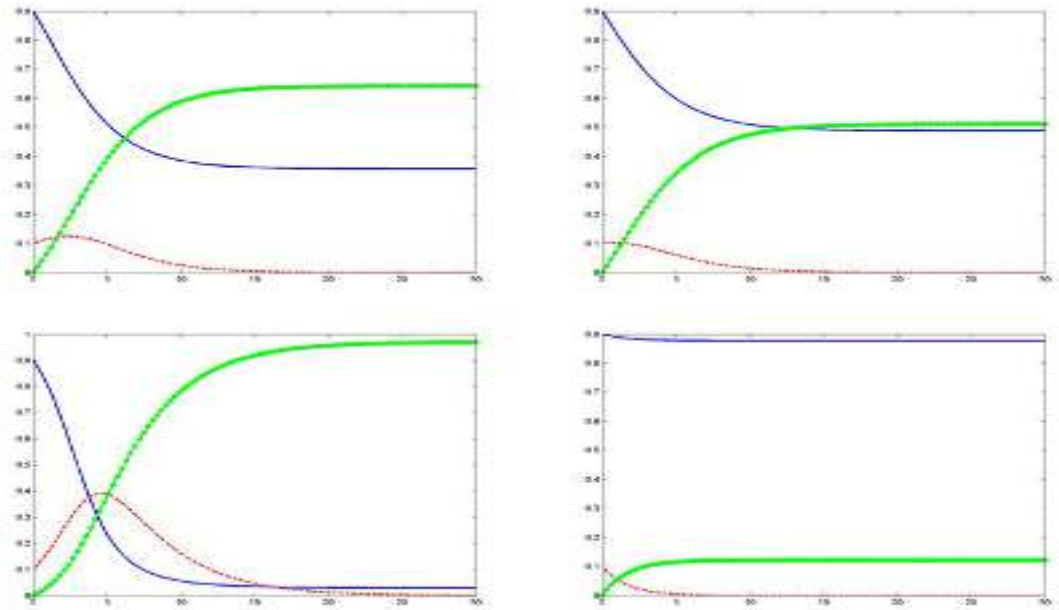


Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan Universitas Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Riau.



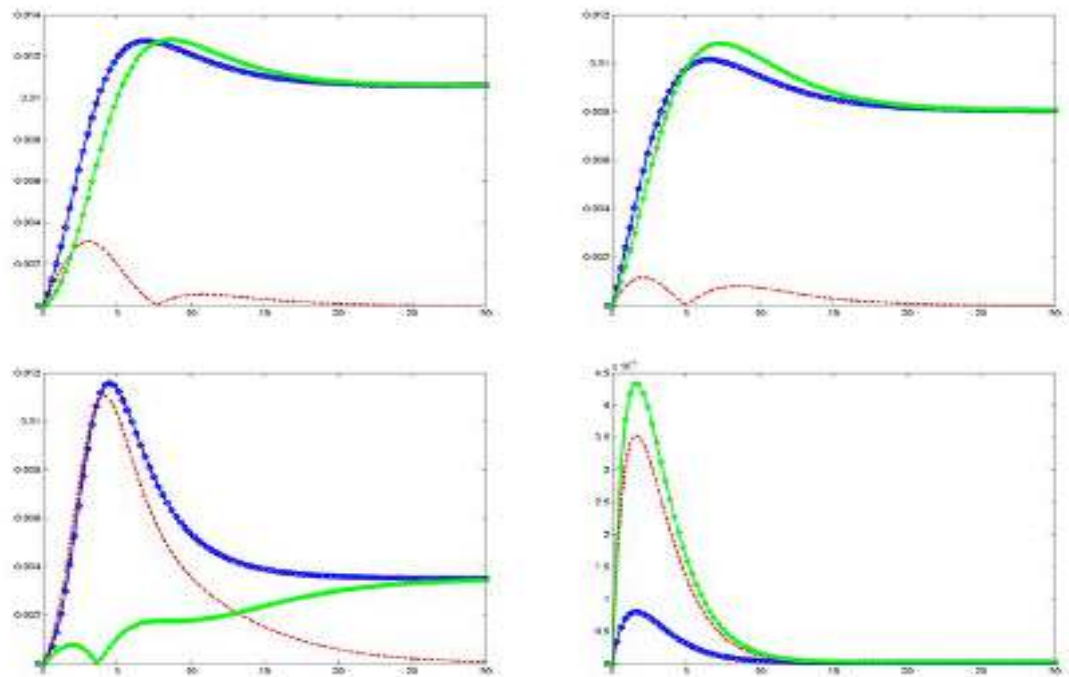
PSO ditunjukkan pada Gambar 16



Gambar 16: Perilaku kompartemen SIR menggunakan parameter yang ditentukan dengan PSO dari parameter 1, 4, 8, 12.

Error yang dihasilkan dari penggunaan parameter dalam model SIR ditunjukkan pada

Gambar 17



Gambar 17: Error yang terjadi pada kompartemen SIR akibat menggunakan parameter yang dihasilkan dari penentuan menggunakan algoritma PSO 1, 4, 8, 12.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan Universitas Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Riau.



Terakhir, akan diuji secara statistika, apakah hasil eror yang diperoleh akibat penggunaan parameter yang dihasilkan algoritma PSO telah memenuhi kriteria tertentu atau tidak. Untuk keperluan tersebut, akan digunakan uji proporsi atau uji-1 dengan objek uji adalah eror relatif parameter α dan β . Uji ini dilakukan secara komputasi menggunakan software R.

Menggunakan t.test pada software R dengan $\alpha = 1\%$ akan diuji apakah benar rerata eror relatif masing-masing parameter yang dihasilkan PSO kurang dari 3%. Hipotesis yang digunakan adalah

H_0 : Rata-rata eror relatif yang terjadi di parameter (A/B) kurang dari 3%

H_1 : Rata-rata eror relatif yang terjadi di parameter (A/B) besar dari 3%

Output dari t.test diberikan pada Gambar 18. Berdasarkan hasil tersebut dapat dinyatakan bahwa benar rerata relatif eror dari parameter α, β yang dihasilkan oleh PSO kurang dari 3%.

<pre>> t.test(mu.alternative = "greater", mu0.01, conf.level = 0.99) One sample t-test data: data t = -1.5029, df = 19, p-value = 0.0204 alternative hypothesis: true mean is greater than 0.03 sample estimates: mean of x 0.020429</pre>	<pre>> t.test(mu0.alternative = "greater", mu0.01, conf.level = 0.99) One sample t-test data: data t = -1.5029, df = 19, p-value = 0.0204 alternative hypothesis: true mean is greater than 0.03 sample estimates: mean of x 0.020429</pre>
--	---

Gambar 18: Hasil t.test pada parameter α, β menggunakan R